

# linux

## MAGAZINE

# ERACOSÌ?

PROTOCELLULE  
E ORIGINI  
DELLA VITA: PARLA  
JACK SZOSTAK,  
PREMIO NOBEL 2009

### PROGETTI

#### Squadra olimpica

Olimpiadi internazionali delle scienze: ecco come entusiasmare i ragazzi e gratificare i docenti



INTERVISTA  
ALESSANDRO  
AMATO RACCONTA

PROGETTI  
STUDENTI  
AL CAFFÈ

RIFLESSIONI  
PICCOLO ELOGIO  
DELL'IMMAGINA-  
ZIONE

INTERNET POINT  
MOLTO PIÙ  
DI UN GIOCO



### **pagina 14**

Moduli ottici del telescopio sottomarino Antares, prima del posizionamento sul fondo del mar Mediterraneo, al largo di Tolone. Antares è un telescopio realizzato con lo scopo principale di identificare nuove sorgenti astrofisiche di neutrini. Non è escluso tuttavia che possa contribuire a fornire prove concrete dell'esistenza della materia oscura, una delle componenti più elusive dell'Universo.



# Un po' per gioco e un po' per amore (della scienza)

In questo numero abbiamo voluto affrontare il tema della didattica delle scienze attraverso il racconto di esperienze concrete e stimolanti. Il Portale di chimica realizzato dai docenti e dagli studenti dell'ITIS di Grugliasco, i caffè scientifici organizzati da formaScienza con l'Istituzione delle biblioteche di Roma, il progetto MateFitness del CNR, sono esempi suggestivi che sottolineano quanto vasto sia il terreno di gioco quando si utilizza un approccio originale e creativo. E proprio di gioco e didattica si occupano gli interventi di Giorgio Häusermann del Dipartimento della formazione e dell'apprendimento di Locarno e la rubrica Internet Point curata da Tiziana Moriconi.

Le due interviste, corredate da materiali di approfondimento e spunti didattici, sono di grande attualità. L'una, a Jack Szostak, professore di genetica all'Harvard Medical School di Boston e vincitore del premio Nobel 2009 per i suoi lavori sui telomeri, ci introduce al mondo delle protocellule, cellule primitive artificiali, utili all'indagine sulle origini della vita. L'altra, ad Alessandro Amato, dirigente di ricerca dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Ingv), ci riporta alla tragedia del terremoto dell'Aquila per un'analisi della mappa sismica italiana e per capire a che punto siamo nella prevenzione dei terremoti. Un intrigante articolo di Paolo Salucci nella rubrica *Frontiere* presenta il mistero della materia oscura: l'affascinante indagine per capire la natura di quel 90% di materia sconosciuta che occupa il nostro Universo.

Infine, la stimolante riflessione di Luca Umena sull'importanza dell'immaginazione nel processo scientifico nasce dall'analisi di uno straordinario racconto di Jorge Luis Borges.

Intanto Linx Edizioni prosegue la sua avventura. Le novità per l'anno scolastico 2010-11 vi sono arrivate, o vi arriveranno presto, grazie al lavoro dei nostri agenti e promotori. Un anno fa, nel primo numero di questa rivista, abbiamo descritto Linx

come un "sistema integrato per la didattica e l'apprendimento delle scienze". Ora il "sistema Linx" ha una forma e dei contenuti che rispecchiano quell'intento.

Ai libri per lo studente e alle guide per il docente si affianca un corredo multimediale ricchissimo, fatto di immagini, audio, filmati, slide delle lezioni, test, esercizi e mappe interattive, materiali integrativi in formato PDF. A tutti i docenti verrà inoltre fornito il libro digitale integrale (LIMbook) utilizzabile anche con la lavagna interattiva. Sarà possibile sfogliare il manuale, proiettarne le pagine, ingrandire disegni e immagini, realizzando un ambiente didattico stimolante, che aiuterà il docente a mantenere desta l'attenzione degli studenti.

Ai docenti è riservato l'accesso online a tutta la produzione Linx: questo significa che è sufficiente iscriversi al sito **linxedizioni.it** per avere a disposizione tutti i libri in formato elettronico – una vera e propria biblioteca scientifica digitale – e tutti i materiali digitali che compaiono nei CD o DVD allegati a tutte le opere del catalogo. Nelle aree del sito destinate ai singoli libri provvederemo all'aggiornamento dei contenuti per tutta la durata di vita delle opere.

Il sito provvede inoltre, grazie alle news e all'intervento di esperti delle varie discipline, a informare costantemente docenti e studenti su eventi, attività didattiche, novità dal mondo della scuola, dell'università e della ricerca.

I laboratori virtuali di chimica e fisica entrano a buon titolo nell'offerta integrata Linx, con la possibilità di svolgere attività laboratoriali di grande efficacia didattica in classe e a casa. Infine questa rivista, che da un'indagine svolta nelle scorse settimane risulta essere particolarmente gradita ai docenti, continuerà nel suo sforzo di coniugare attualità scientifica e materiali a supporto della didattica.

**MASSIMO ESPOSTI**

Direttore editoriale di Linx



# SOMMARIO N.05–GENNAIO 2010

4  
DA NON PERDERE



6  
**INTERVISTA**  
**ALESSANDRO AMATO**  
**RACCONTA**  
Al lavoro con faglie,  
scuotimenti e onde sismiche  
di Valentina Murelli

14  
**FRONTIERE**  
**ALLA RICERCA DELLA**  
**MATERIA OSCURA**  
di Paolo Salucci



22  
**SPECIALE NOBEL**  
**VERSO LA**  
**PRIMA CELLULA**  
**ARTIFICIALE**  
di Valentina Murelli

26  
**INTERNET POINT**  
**MOLTO PIÙ**  
**DI UN GIOCO**  
di Tiziana Moriconi

30  
**ESPERIENZE**  
**INSEGNARE FISICA**  
**CON I GIOCHI**  
di Giorgio Häusermann

36  
**ESPERIENZE**  
**IL PORTALE DEI RAGAZZI**  
di Antonella Martini  
e Marco Falasca



40  
**PROGETTI**  
**CAMPIONI OLIMPICI.**  
**DI SCIENZE**  
di Roberto Greco



**direzione**  
Massimo Esposti

**redazione**  
Valentina Murelli, Barbara Rosenthal  
redazione@linxmagazine.it  
www.linxedizioni.it

**hanno collaborato a questo numero**  
Silvia Benvenuti, Tommaso Castellani, Valentina Cesaretto, Fabio Cioffi, Marco Falasca, Maristella Galeazzi, Roberto Greco, Giorgio Häusermann, Francesca E. Magni, Antonella Martini, Tiziana Moriconi, Valentina Murelli, Chiara Roglieri, Barbara Rosenthal, Paolo Salucci, Cecilia Tria, Luca Umena

**progetto grafico**  
Paola Lenarduzzi, studiopaola  
**impaginazione, disegni**  
Vito Roma, studiopaola

**progetto grafico di copertina**  
Italik, Milano

**immagine di copertina**  
Janet Iwasa, Szostak Laboratory, Harvard Medical School and Massachusetts General Hospital

**distribuzione**  
Per ricevere Linx Magazine è sufficiente compilare e spedire il modulo in quarta di copertina, oppure registrarsi, come docente, al sito [www.linxedizioni.it](http://www.linxedizioni.it), scegliendo fra i servizi l'abbonamento alla rivista. Tutti i numeri sono disponibili online in formato pdf sul sito [www.linxedizioni.it](http://www.linxedizioni.it)

Rivista aperiodica distribuita gratuitamente nelle scuole, pubblicata da Pearson Italia S.p.A.

Si autorizza la riproduzione dell'opera purché parziale e a uso non commerciale.

L'editore è a disposizione degli aventi diritto per eventuali non volute omissioni in merito a riproduzioni grafiche e fotografiche inserite in questo numero.

**Linx** è un marchio di proprietà di Pearson Italia S.p.A.

Corso Trapani 16  
10139 Torino

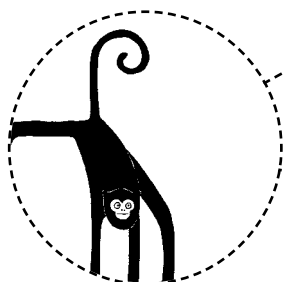
RI636400110V  
Stampato per conto della Casa Editrice presso Arti Grafiche DIAL, Mondovì (Cn), Italia

Tutti i diritti riservati  
© 2010 Pearson Italia S.p.A.  
[www.pearson.it](http://www.pearson.it)

**44**  
**PROGETTI**  
**STUDENTI AL CAFFÈ**  
di Tommaso Castellani

**48**  
**PROGETTI**  
**LA RIVINCITA DELLA**  
**MATEMATICA**  
di Cecilia Tria

**51**  
**NOTIZIE DALL'EDITORE**  
**CANCELLINO DIGITALE**  
di Barbara Rosenthal



**54**  
**RIFLESSIONI**  
**PICCOLO ELOGIO**  
**DELL'IMMAGINAZIONE**  
di Luca Umena

**58**  
**INTERVISTA**  
**DOPPIA**  
**RICERCA**  
**E NON SOLO**



**60**  
**UNO SCIENZIATO**  
**AL CINEMA**  
**A BEAUTIFUL MIND**  
di Silvia Benvenuti

**62**  
**SCIENZA**  
**AL CENTRO**

**64**  
**PRENDIAMOLA**  
**CON FILOSOFIA**  
**DISCUTERE IN MODO**  
**(SCIENTIFICAMENTE)**  
**CORRETTO**  
di Fabio Cioffi



# DA NON PERDERE

- per i ragazzi / per la classe
- per tutti
- per i docenti



## **La Terra cambia, e noi?**

**Scadenza: 31 marzo 2010**

Chi ha detto che dei grandi cambiamenti climatici debbano occuparsi soltanto gli scienziati oppure i governi nazionali nei grandi vertici internazionali, spesso poco fruttuosi, come l'ultimo che si è tenuto a dicembre 2009 a Copenhagen? Al contrario, tutti possono diventare testimoni di come il clima e l'ambiente stanno cambiando. Così, Green Cross Italia invita tutti gli studenti delle scuole italiane di ogni ordine e grado a partecipare alla XVIII edizione del concorso *Immagini per la Terra*, intitolato quest'anno *Noi giovani reporter del cambiamento climatico: La Terra cambia, e noi?* Un concorso che ha lo scopo di sensibilizzare i più giovani ai temi dell'ambiente e del cambiamento climatico e di agevolare l'adozione di nuovi comportamenti sostenibili. Potranno essere inviati elaborati di qualsiasi genere, dal testo scritto ai videomessaggi spediti con i cellulari, purché di natura giornalistica. I vincitori riceveranno un premio di 1000 euro ciascuno, che dovrà essere impiegato a sostegno di iniziative ambientali della scuola di appartenenza.

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

## FESTIVAL E MANIFESTAZIONI

### **ESOF 2010**

Torino

2-7 luglio 2010

Incontro con Harold Kroto

9 marzo 2010

ESOF, Euroscience Open Forum, è un meeting che ha luogo ogni due anni in una città europea e coinvolge scienziati, ricercatori, studenti e comunicatori di tutti i paesi dell'Unione. Scopo dell'incontro è presentare e discutere le nuove frontiere della scienza, senza tralasciare le scienze sociali. La prossima edizione si terrà a Torino dal 2 al 7 luglio 2010. In previsione dell'evento, sono già state avviate diverse iniziative appositamente dedicate alle scuole – l'ESOF School Programme – con l'obiettivo di avvicinare i giovani studenti delle scuole di ogni ordine e grado alla scienza, intesa non soltanto come insieme di discipline, ma anche come atteggiamento di apertura al mondo. Chi parteciperà

all'iniziativa *La scuola verso ESOF 2010* avrà la possibilità di integrare i programmi scolastici con progetti formativi che spaziano dall'astronomia all'ecologia, dalla matematica alla bioedilizia. Nell'ambito dei *Progetti speciali* da non perdere l'incontro, durante la mattina del 9 marzo 2010, con il chimico inglese Harold Kroto, premio Nobel per la chimica nel 1996. Insieme a 1500 studenti delle scuole medie superiori, Kroto affronterà il tema delle carriere scientifiche al teatro Colosseo di Torino. Nel pomeriggio il chimico, in un incontro speciale con i calciatori della Juventus al PalaRuffini, parlerà agli studenti delle scuole elementari di scienza e sport.

[www.esof2010.org](http://www.esof2010.org)

### **Un pozzo di scienza**

Varie città dell'Emilia Romagna

3-27 febbraio 2010

Partirà il 3 febbraio da Modena e si concluderà a Rimini il 27, la IV edizione del progetto didattico *Un pozzo di scienza* promosso da Gruppo Hera e

Fondazione Marino Golinelli e dedicato in particolare a promuovere cultura e conoscenza ambientale. Un'ottima occasione per gli studenti delle scuole superiori dell'Emilia Romagna di confrontarsi con i temi dell'ambiente, del risparmio energetico, dei cambiamenti climatici e della gestione delle risorse naturali attraverso incontri con esperti, laboratori, lezioni animate, mostre e spettacoli.

[www.golinellifondazione.org](http://www.golinellifondazione.org)

## CONCORSI

### **Giovani scienziati in Europa**

**Scadenza: 26 febbraio 2010**

Torna anche quest'anno l'ormai tradizionale appuntamento con il *Concorso dell'Unione europea per i giovani scienziati*, organizzato per l'Italia da Fast, Federazione delle associazioni scientifiche e tecniche. Oggetto del concorso è la presentazione di studi o progetti originali e

innovativi in qualsiasi campo scientifico da parte di giovani di età compresa tra i 14 e i 21 anni, che abbiano spiccato interesse per le materie scientifiche e una buona conoscenza dell'inglese. Per accedere al concorso vero e proprio, però, bisogna superare una selezione italiana, che avrà luogo dal 18 al 20 aprile 2010 presso il Centro congressi Fast di Milano. Gli "ingredienti" indicati da Fast per ideare un progetto vincente non cambiano: immaginazione, curiosità, perseveranza, conoscenza tecnica e qualche consiglio da parte di esperti. In palio la possibilità di partecipare a eventi scientifici nazionali o internazionali. Previsto anche un riconoscimento agli insegnanti: un viaggio-studio a Mosca per due docenti sorteggiati tra quelli segnalati dai finalisti per il supporto fornito durante la realizzazione del progetto e presenti alla cerimonia conclusiva di premiazione.

[www.fast.mi.it/giovaniesienze.htm](http://www.fast.mi.it/giovaniesienze.htm)



### 🧠 Infinita... mente

Verona, varie sedi. 28-31 gennaio 2010

Dopo il successo dell'edizione 2009, ecco pronto il programma per la seconda edizione di *Infinita... mente*, il festival che lega scienza e arti a Verona dal 28 al 31 gennaio 2010. Ideata dalla locale università, in collaborazione con l'assessorato alla cultura del Comune e il consorzio Verona tuttintorno, l'iniziativa quest'anno si occupa di: *Fattore umano, cervello e coscienza*. È possibile una spiegazione scientifica della coscienza? Studiando il cervello, possiamo arrivare a comprendere la coscienza? Ecco un esempio degli interrogativi che questa nuova edizione del festival porrà al pubblico, agli scienziati e ai filosofi che parteciperanno ai tanti incontri previsti negli spazi suggestivi della città. Un tema per cinque percorsi: coscienza e neuroscienze; coscienza e

identità; coscienza e mondo antico; cervello e coscienza; coscienza negli animali. In programma anche eventi cinematografici e concerti di musica antica. L'inaugurazione, e la mostra, non potevano che essere dedicate a una delle più grandi menti della storia: Leonardo da Vinci. <http://fermi.univr.it/comunicazione/infinitamente/2010/avviso.html>

programma al Museo di storia naturale di Firenze. Ancora per qualche tempo, dunque, si potranno trovare esposti preziosi esemplari appartenenti a una collezione privata che comprende oltre 500 pezzi e, contemporaneamente, si avrà l'occasione di conoscere la storia di una passione coltivata negli anni. I cristalli in mostra, infatti, appartengono tutti al fisico delle particelle Alberto Giazotto, e provengono dalle miniere del Pakistan, del Brasile e della Cina o da altre collezioni private. Oltre a proporre il fascino di un mondo straordinario, la mostra offre anche l'opportunità di riflettere sul tema della conservazione del patrimonio naturale, spesso messo a rischio da esploratori senza scrupoli e dal contrabbando.

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

#### CORSI E APPROFONDIMENTI

### 🌱 Alla scoperta del mondo vegetale

Milano, sede IFOM

Anno scolastico 2009/2010

Anche per questo anno scolastico, il programma IFOM per la scuola attivato presso il campus IFOM-IEO di Milano organizza alcune giornate di approfondimento disciplinare dedicate, a partire dal gennaio 2010, al mondo vegetale. L'attività proposta si svolge in un pomeriggio ed è suddivisa in due parti: un'introduzione teorica su fondamenti di biologia vegetale e di microscopia e sulla preparazione di calli vegetali e una parte pratica da svolgere in laboratorio. A ogni partecipante verrà inoltre fornito un kit didattico contenente materiali multimediali e biologici per ripetere con i propri studenti le attività sperimentali apprese durante il corso. I corsi sono gratuiti, ma a numero chiuso e con prenotazione obbligatoria.

[www.ifom-firc.it/ifomperlasuola.php](http://www.ifom-firc.it/ifomperlasuola.php)

### 🌊 Vivere il mare

Scadenza: 30 giugno 2010

Si rivolge in particolare agli studenti di scuola media superiore con la passione per il mare e per i video il progetto *Vivere il mare*, realizzato con il contributo di vari ministeri, università ed enti pubblici. Tra le iniziative principali del progetto spiccano due concorsi video per i ragazzi: *Pesca uno spot* e *Un video per il mare*. Gli interessati potranno così scegliere se partecipare con uno spot televisivo dedicato al tema della pesca e dell'acquacoltura, oppure cimentarsi con un documentario, una fiction o un'inchiesta televisiva sui temi *I giovani, il mare, l'ambiente* oppure *L'uomo, il mare, i cambiamenti climatici*. Scopo principale del progetto è sensibilizzare i giovani ai temi ambientali e al corretto uso delle risorse offerte dal mare. Gli autori dei 10 spot e dei 10 video finalisti parteciperanno a una "settimana azzurra" in una località di rilievo ambientale, dove potranno svolgere attività

didattica e presentare il proprio video nell'ambito di un video festival. I bandi sono disponibili online.

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

#### MOSTRE E SPETTACOLI

### 🌌 Le parole dell'Universo

Roma, Palazzo delle esposizioni

Fino al 14 febbraio 2010

C'è tempo fino al 14 febbraio 2010 per visitare la mostra *Astri e Particelle. Le parole dell'Universo*, al Palazzo delle esposizioni di Roma. Realizzata dall'Istituto nazionale di astrofisica, dall'Istituto nazionale di fisica nucleare e dall'Agenzia spaziale italiana, la mostra è dedicata agli strumenti, agli scienziati e gli esperimenti che "ascoltano" l'Universo, nella generale convinzione che, una volta osservati e vissuti, i fenomeni fisici diventano più semplici da comprendere e da raccontare. Scienziati e strumenti "raccontano" il loro sforzo per guardare un po' più in là nel buio del Cosmo e

"accompagnano" i visitatori lungo il percorso della sua interpretazione, affrontando soprattutto le sfide scientifiche ancora aperte. L'esposizione si apre così con una doccia cosmica, cioè con una visualizzazione dei raggi cosmici, uno dei principali "messaggeri" attraverso cui l'Universo comunica con noi. Altro messaggero fondamentale è la luce, a cui è dedicata una sezione differente. Al centro dell'esposizione è posta una grande semisfera, che prende nel tempo le sembianze della Terra, di una stella, di una galassia: dentro, il pubblico può incontrare gli scienziati italiani e intervistarli in modo virtuale. Completano il programma spettacoli teatrali e caffè cosmici.

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

### 🔮 Cristalli

Firenze, Museo di storia naturale

Fino al 30 giugno 2010

È stata prorogata di qualche mese la mostra *Cristalli* in



Al lavoro con faglie, scuotimenti e onde sismiche

# ALESSANDRO AMATO RACCONTA

Prevedere i terremoti non è ancora possibile. Partendo da un tragico caso recente, un ricercatore dell'Ingv, già direttore del Centro nazionale terremoti, ci racconta però che lo studio approfondito di quello che accade "sotto i nostri piedi" è fondamentale per avere stime di probabilità sempre più accurate.



VALENTINA MURELLI

**N**on ha pace il cuore d'Italia; quel centro che, dopo il terremoto di Umbria e Marche del settembre 1997, ha conosciuto nuova e peggiore devastazione lo scorso 6 aprile quando, durante la notte, la terra ha tremato violentemente in Abruzzo. All'una e 32, una scossa di magnitudo momento (MW) 6,3 ha colpito la città dell'Aquila, insieme a molte delle sue frazioni come Onna (quasi del tutto rasa al suolo) e Paganica, e a numerosi centri vicini. Con il tragico bilancio di 308 vittime, oltre 1500 feriti e decine di migliaia di senzatetto.

Come sempre in questi casi, insieme alle scosse e al dolore sono arrivate le polemiche, per esempio sulla qualità degli edifici crollati, costruiti in una zona notoriamente sismica, oppure sulla prevedibilità dell'evento. E, ovviamente, è arrivato il lavoro degli scienziati, per i quali quello dell'Aquila



## Gli effetti di un terremoto non dipendono solo dalla sua intensità, ma anche dalle caratteristiche della regione colpita

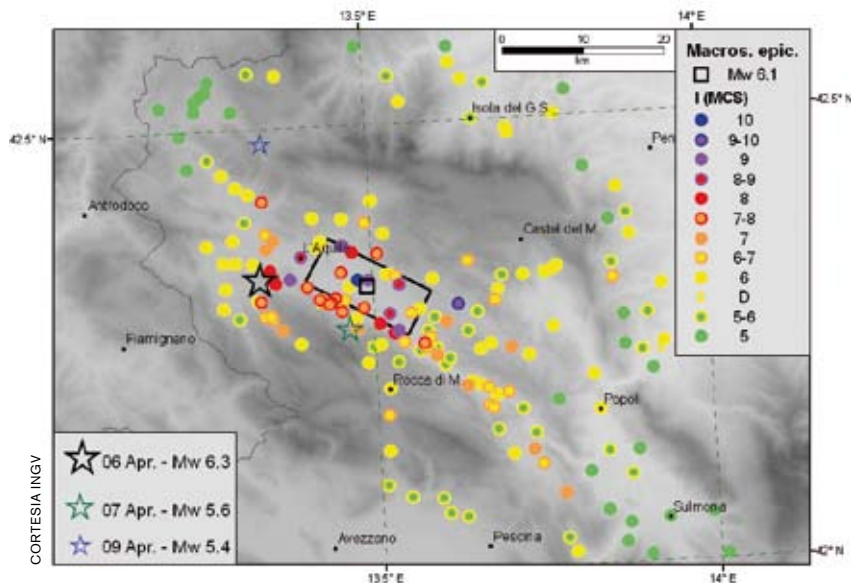
È stato il primo terremoto importante (in Italia) registrato in modo accurato con strumenti scientifici avanzati. Di questo, ma anche della ricerca internazionale sui terremoti, e della sua passione scientifica per questo settore di studi, "Linx Magazine" ha parlato con Alessandro Amato, dirigente di ricerca dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Ingv), già direttore, per due mandati (dal 2001 al 2007), del Centro nazionale terremoti.

### Dottor Amato, prima di tutto una domanda generale: per quale motivo in Italia centrale la terra trema così spesso?

C'è una regione geologica. L'Italia si trova esattamente in mezzo a due placche tettoniche principali – quella eurasiatica e quella africana – che si stanno scontrando. In particolare, in corrispondenza dell'Appennino, questo comporta che una placca più piccola, la placca Adriatica, si scontri con l'Appennino stesso, ripiegandosi sotto di esso e ruotando come un perno rispetto all'Italia settentrionale. È una situazione di grande instabilità, perché le rocce sono sottoposte a deformazioni e a forze intensissime e sono quindi pronte a rompersi.

### Dal punto di vista geologico, che cosa è accaduto in Abruzzo la notte del 6 aprile 2009?

C'è stata una sorta di stiramento della crosta terrestre sotto l'Appennino, a circa 10 chilometri dalla superficie, con una direzione di estensione perpendicolare alla penisola, dal mar Adriatico al Tirreno. Questo ha causato l'attivazione, cioè la rottura, di una faglia localizzata nella valle del fiume Aterno: la cosiddetta faglia di Paganica. Si tratta di una struttura che si allunga per 20 km in



direzione da nord-ovest a sud-est. La rottura sul piano di faglia, che si è propagata verso l'alto e verso sud-est, è stata accompagnata da slittamenti secondari lungo strutture geologiche adiacenti e da altri effetti tipici di molti terremoti, come le frane e la liquefazione di alcuni suoli, cioè il loro passaggio, per effetto della pressione, da uno stato solido a uno fluido. Nei giorni successivi si sono attivate almeno altre due faglie vicine, e ci sono state altre due scosse significative, il 7 e il 9 aprile, seguite da una sequenza sismica di migliaia di eventi minori che non si è ancora esaurita.

### Il terremoto abruzzese è considerato un evento di media entità, eppure ha causato danni gravissimi. Per quale motivo?

Perché ha colpito una regione molto vulnerabile dal punto di vista degli insediamenti umani, spesso costruiti in epoca storica e non adeguati secondo criteri sismici. È una regola generale: gli effetti di un terremoto non dipendono esclusivamente dalla sua intensità, ma anche dalle caratteristiche della regione colpita. È il concetto di rischio sismico, che è appunto definito come il prodotto della pericolosità sismica (cioè la probabilità che avvenga un terremoto in un certo sito) per la vulnerabilità degli edifici di quel sito e il valore degli stessi. In molte regioni desertiche del pianeta, per esempio, c'è una pericolosità sismica elevata, ma non ci sono costruzioni né abitanti, per cui il rischio sismico è basso.

### Anche in una regione ad alta vulnerabilità, però, non tutte le aree sono uguali...

Proprio così. Ci possono essere aree la cui natura geologica tende ad amplificare gli effetti dello scuotimento, aggravando la situazione. È quello che è successo in alcune zone della città

Mapa degli effetti del terremoto del 6 aprile 2009, distinti in base alla scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg). Le stelle indicano gli epicentri delle tre scosse principali della serie sismica. La mappa è stata realizzata sulla base dei rilievi effettuati in loco nei giorni successivi al sisma dal gruppo di pronto intervento macrosismico Quest (Quick Earthquake Survey Team) dell'Ingv.



➔ Chiesa di Santa Maria del Suffragio (o "delle anime sante"), all'Aquila: il crollo della cupola ha rappresentato l'emblema dei danni del terremoto del 6 aprile 2009 al patrimonio culturale del capoluogo abruzzese. Nei suoi 750 anni circa di storia, il centro storico dell'Aquila è stato colpito da altri tre importanti terremoti: nel settembre 1349, nel novembre 1461 e nel gennaio/febbraio 1703. Per tutti questi eventi sono disponibili testimonianze che descrivono lo stato di danneggiamento degli edifici all'interno delle mura della città. Ciò ha permesso di ricostruire le "storie sismiche" individuali di numerosi edifici monumentali, più volte distrutti e ricostruiti negli stessi luoghi.



dell'Aquila, dove quindi sarebbe stato meglio non costruire o, almeno, dove sarebbe stato meglio mettere in sicurezza le costruzioni.

### Che tipo di lavoro ha svolto l'Ingv in occasione del sisma abruzzese?

Anzitutto c'è stato il monitoraggio continuo della situazione, attraverso la raccolta e l'elaborazione di dati sismici provenienti dai sismometri (ma anche da accelerometri e da stazioni GPS) che costituiscono la Rete sismica nazionale, distribuita su tutto il territorio italiano. La rete era molto più efficace di quella presente in Umbria e Marche nel 1997, il che ci ha permesso da subito di avere un quadro più preciso dell'evento e della sua evoluzione. Inoltre, il terremoto dell'Aquila è stato il primo caso di utilizzo di una nuova infrastruttura di pronto intervento sviluppata dall'Ingv negli ultimi due anni: la rete mobile real-time di pronto intervento. Si tratta di un'infrastruttura costituita da stazioni sismiche remote che vengono posizionate subito dopo un terremoto importante nella regione circostante il suo epicentro, per seguire da vicino la "migrazione" della sismicità e le conseguenti

perturbazioni sulle faglie circostanti. La rete mobile si avvale di tre diverse tecnologie di trasmissione dati: le stazioni sismiche remote trasmettono i dati con ponti radio a centri d'acquisizione intermedi ("sottonodi"), che li inviano tramite Wi-Fi a "nodi", dove un sistema di trasmissione satellitare li trasferisce alla sala di monitoraggio dell'Ingv di Roma. Grazie alle informazioni così raccolte siamo riusciti a capire abbastanza velocemente la dinamica del terremoto dell'Aquila.

### Lavorare su questi dati potrà anche aiutarci, in futuro, a fare previsioni più attendibili sui terremoti?

Questo è un tema molto delicato. Quello che noi stiamo facendo è analizzare tutti i dati raccolti per cercare di capire, a posteriori, se alcuni parametri osservati prima del terremoto possano essere collegati alla fase preparatoria dell'evento. Va detto, tuttavia, che i dati sismici sono fondamentali anzitutto per capire meglio la natura delle strutture tettoniche coinvolte nei terremoti. Così impariamo quali sono le faglie attive, quante sono, dove si trovano, come agiscono e come si rompono. Sono



## ARCHEOLOGIA DEI TERREMOTI

Analizzare i terremoti di oggi è fondamentale, ma non basta. Per descrivere accuratamente la pericolosità sismica di un territorio è importante anche conoscere il suo passato sismico, in tempi non solo storici ma anche geologici. Di questo si occupa la **paleosismologia**: lo studio degli eventi del passato attraverso le tracce che essi lasciano sulla superficie della Terra. «In genere, si parte da una rottura recente e si fanno degli scavi (*trincee*) attraverso di essa per vedere se in passato lungo lo stesso piano di faglia si sono verificate altre rotture. Se ci sono, in base all'entità della dislocazione e della deformazione dei depositi antichi possiamo stimare l'intensità del terremoto che le ha prodotte», spiega Francesca Romana Cinti, ricercatrice della sezione di sismologia e tettonofisica dell'Ingv. Queste indagini ci dicono quando, quanto e come la faglia si è mossa in passato, fornendo informazioni utili per definire meglio la sua pericolosità attuale. La foto a fianco raffigura una trincea paleosismologica scavata da ricercatori dell'Ingv attraverso una rottura in superficie prodotta in zona aquilana con il terremoto del 6 aprile 2009 (le frecce e la fascia rossa indicano la porzione sollevata del terreno). La parete dello scavo espone il proseguimento in profondità della rottura: la traccia corrisponde a un netto piano di faglia che mostra ripetuti movimenti avvenuti in passato. Per saperne di più sulla paleosismologia: [www.roma1.ingv.it/ricerca/tettonica-attiva/paleosismologia](http://www.roma1.ingv.it/ricerca/tettonica-attiva/paleosismologia)

informazioni molto importanti: ricordiamo che, in una regione sismica, non c'è un'unica faglia attiva su cui avvengono i terremoti, ma c'è un vero e proprio sistema di faglie. In California, per esempio, i terremoti recenti più importanti non sono avvenuti sulla famosa faglia di San Andrea, ma su faglie circostanti, apparentemente minori. Le informazioni sulle posizioni e i comportamenti delle faglie, unite a quelle sulla loro storia sismica, sono alla base delle carte di pericolosità, che esprimono la probabilità che in un certo territorio si verifichi uno scuotimento dovuto a un sisma. Da questo punto di vista possediamo già informazioni sufficientemente accurate. E in effetti, avevamo già identificato L'Aquila come una delle zone italiane a maggiore pericolosità sismica. È ovvio, tuttavia, che queste informazioni da sole non bastano, ma devono andare di pari passo con un'attenta gestione del territorio e con una strategia responsabile di messa in sicurezza degli edifici.

### Prevedere i terremoti, comunque, non è ancora possibile?

Allo stato attuale delle conoscenze, no. Naturalmente, più informazioni sismologiche otteniamo su una certa zona ad alta pericolosità, più accurati diventiamo nel calcolare variazioni nella probabilità che in quella zona avvenga un terremoto. Ma questo non significa "prevedere" il sisma in senso stretto. Per esempio, stiamo imparando a conoscere meglio il ruolo dei fluidi (come acqua o CO<sub>2</sub>) in profondità: sappiamo che la resistenza delle rocce può variare in presenza di fluidi e che questo può alterare la periodicità con cui in una certa area si verificano i terremoti, magari anticipando una scossa rispetto al tempo atteso. Un'analisi dettagliata delle variazioni

spaziotemporali dei parametri fisici della roccia (per esempio con tecniche di tomografia sismica) potrebbe farci accendere un campanello d'allarme, ma di certo oggi non ci può ancora dire che la settimana prossima nel tal posto ci sarà una scossa di una determinata magnitudo.

### Eppure, c'è chi sostiene che il sisma abruzzese potesse essere previsto, sulla base di alcuni segnali precursori, come la variazione dei livelli del radon (gas radioattivo naturale imprigionato in certi tipi di rocce, da dove può essere rilasciato in particolari circostanze, Ndr). Quanto sono affidabili questi segnali?

Al momento poco. Ci sono molti studi in corso sulla correlazione tra variazioni nei livelli di gas come radon o elio nelle rocce e il verificarsi di un terremoto. Altri studi riguardano anomalie elettromagnetiche oppure cambiamenti nei parametri geochimici di acque sotterranee o, ancora, variazioni nella frequenza o nell'intensità della microsismicità (piccole scosse che si verificano quotidianamente nelle aree sismiche), ma nessuno ha dato risultati conclusivi. Ora: se è vero che spesso variazioni di questi parametri risultano associate a un terremoto, è altrettanto vero che questa associazione non è sempre presente. In altre parole, non è detto che si verifichi un sisma ogni volta che si registra una di queste anomalie. Dare credito eccessivo ai segnali precursori potrebbe essere controproducente perché potrebbe creare nella popolazione un senso di allarme continuo, alimentando allo stesso tempo una certa sfiducia nell'attività scientifica. I segnali precursori, tuttavia, non sono inutili: inseriti in una cornice probabilistica, sono dati aggiuntivi

**Più informazioni sismologiche otteniamo su una certa zona ad alta pericolosità, più accurati possiamo essere nel calcolare variazioni nella probabilità che in quella zona avvenga un terremoto**



➤ **Rottura in superficie** prodotta con il terremoto del 6 aprile 2009 in zona aquilana. La rottura, che si sviluppa in corrispondenza della faglia di Paganica, si estende con continuità per circa 3 km e attraversa sia terreni sia manufatti. Appare come una frattura aperta di circa 10 cm e in alcuni tratti presenta un ribassamento della porzione sud del terreno (a sinistra nella foto) fino a 15 cm. Per approfondimenti sugli effetti in superficie che possono accompagnare i grandi terremoti: [www.roma1.ingv.it/ricerca/tettonica-attiva/effetti-dei-grandi-terremoti](http://www.roma1.ingv.it/ricerca/tettonica-attiva/effetti-dei-grandi-terremoti)



**VALENTINA MURELLI**

è giornalista e redattrice scientifica free lance. Collabora con varie testate tra cui "Le Scienze", "Mente e Cervello", "OggiScienza" e "L'Espresso".

che possono aiutarci a fornire stime sempre più precise della probabilità di un evento. In ogni caso, dobbiamo ricordare che la cosa più importante, all'arrivo di un terremoto, è che le costruzioni resistano e le persone siano preparate ad affrontare il rischio: questo è possibile ed è la priorità da affrontare.

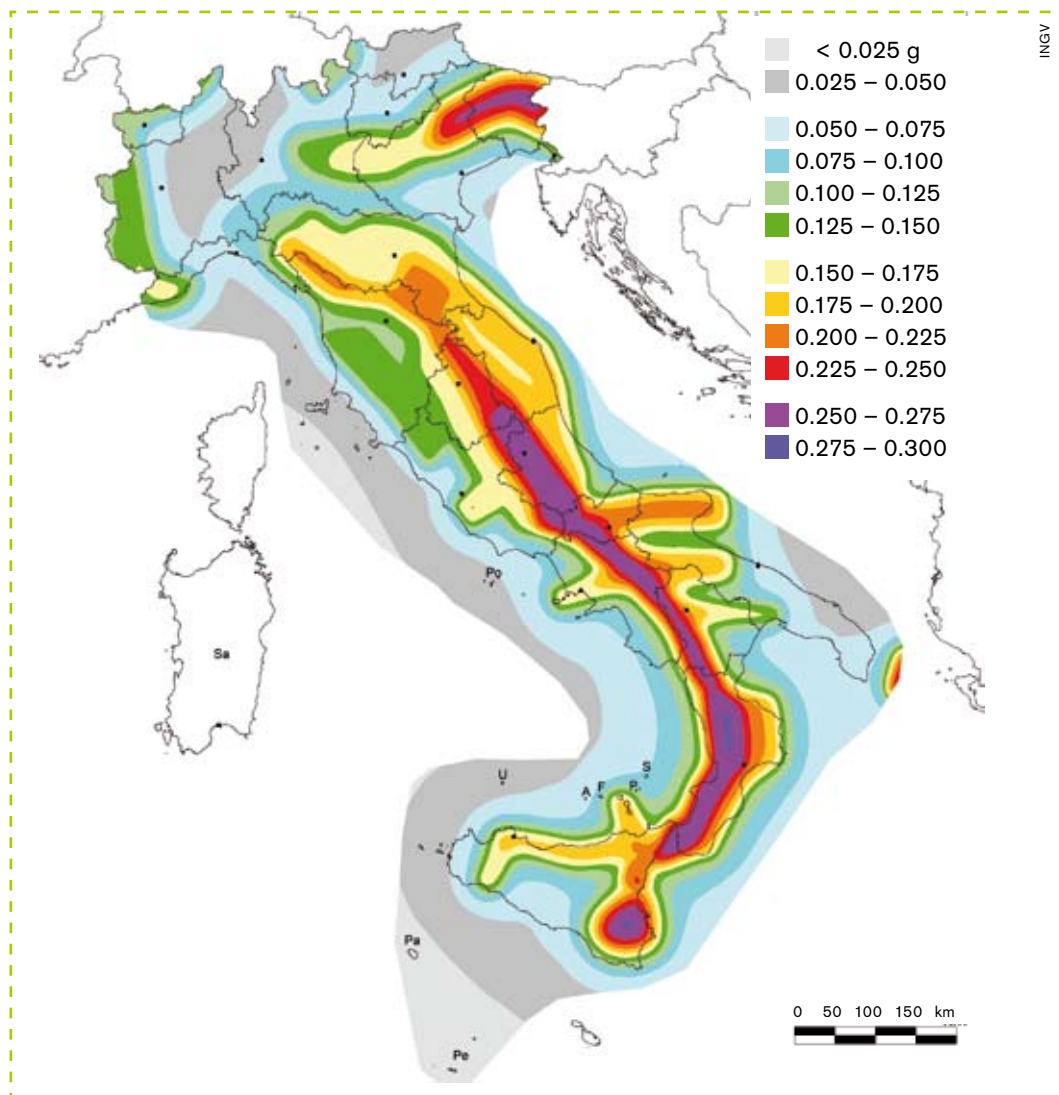
**Quali sono le principali frontiere di ricerca in sismologia?**

Ce ne sono molte, come lo studio dei cosiddetti terremoti lenti, deformazioni della crosta terrestre che avvengono non in pochi secondi, come accade nei normali terremoti, ma in ore o anche giorni. Sono eventi molto difficili da registrare, perché non producono onde sismiche rilevabili attraverso i sismometri. I primi a descriverli sono stati alcuni ricercatori giapponesi, attraverso misurazioni effettuate in pozzo, cioè in profondità, dove il rumore sismico di fondo (ossia le vibrazioni continue che si registrano ovunque per i moti delle onde oceaniche,

dei venti, ma anche delle attività antropiche) è ridotto al minimo. In Italia, gli strumenti deputati alla registrazione di questi terremoti sono gli interferometri geodetici dei laboratori nazionali del Gran Sasso, che hanno chiarito l'esistenza di una sismicità lenta in Italia centrale. Ora si tratta di capire quali sono i rapporti tra questa sismicità e i terremoti dalle caratteristiche più note. È una linea di ricerca che apre scenari inaspettati e che dovrebbe aiutarci a capire davvero che cosa accade sotto i nostri piedi, anche quando la Terra sembra stabile.

**Qualche altro esempio?**

Ci sono le perforazioni sulle faglie, a 6 o 7 km di profondità, per caratterizzarle meglio e ottenere informazioni sul loro comportamento in passato (paleosismologia). Oppure gli esperimenti di laboratorio, che riproducono sperimentalmente le condizioni della crosta terrestre a 10 km di profondità con campioni di roccia sottoposti a deformazioni artificiali. In pratica, si cerca di



**Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, rilasciata nel 2004 dall'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia. La mappa mostra con diversi colori le aree in cui ci si aspetta, nei prossimi 50 anni, un terremoto che produrrà sulla superficie terrestre diversi livelli di accelerazione rispetto all'accelerazione di gravità (g).**

studiare “da vicino” la fisica del terremoto osservando i comportamenti di queste rocce. O, ancora, la geodesia spaziale – con GPS, interferometria differenziale, interferometria radar ad apertura sintetica (InSAR) – che sta permettendo grandi progressi nella conoscenza dei processi geologici attuali. In tutti questi casi, si tratta di attività molto costose, che richiedono la partecipazione di più gruppi di ricerca.

**Per chiudere una domanda personale: come è arrivato a interessarsi di terremoti?**

Negli anni ottanta stavo svolgendo ricerche in ambito geotermico sui colli Albani per la mia tesi di laurea quando ci fu, proprio in quella zona, una crisi sismica, che mi stimolò ad approfondire la conoscenza della sismicità nel Lazio, in Italia e non solo. Nel 1988, con una borsa di studio, sono stato per sei mesi al Geological Survey di Menlo Park, in California (allora la patria della sismologia). Era un periodo di intensa attività perché alcuni ricercatori

avevano osservato che certi settori della faglia di San Andrea, nei dintorni della cittadina di Parkfield, si attivavano periodicamente, provocando terremoti di una certa importanza ogni 20-30 anni. In base a queste osservazioni, arrivarono a “prevedere” che un nuovo sisma avrebbe colpito Parkfield alla fine degli anni ottanta. Così, lo stavamo tutti aspettando.

**Come andò a finire?**

Che il terremoto ci fu, proprio come previsto, ma solo molti anni dopo, nel 2004. Questo “ritardo” ebbe un pessimo impatto sulla credibilità dei ricercatori e dei loro metodi e, in generale, sulla percezione della sismologia. Infine, il verificarsi del sisma permise di rivalutare tutto il lavoro scientifico svolto in quegli anni e in particolare di studiare a fondo, in modo retrospettivo, i fenomeni preparatori dell'evento. Per inciso, anche in quel caso, in una delle aree più monitorate della Terra, non fu osservato un solo fenomeno precursore. ➔

**IN RETE!**



**Tra terremoti e vulcani**

Portale dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, con informazioni sulle linee di ricerca, dati di monitoraggio e progetti divulgativi (Edurisk).

<http://portale.ingv.it>  
[www.edurisk.it](http://www.edurisk.it)

**Kit di sopravvivenza**

Sito del dipartimento di gestione delle emergenze della città di San Francisco, con una serie di indicazioni utili per prepararsi a un'emergenza.

[www.72hours.org](http://www.72hours.org)

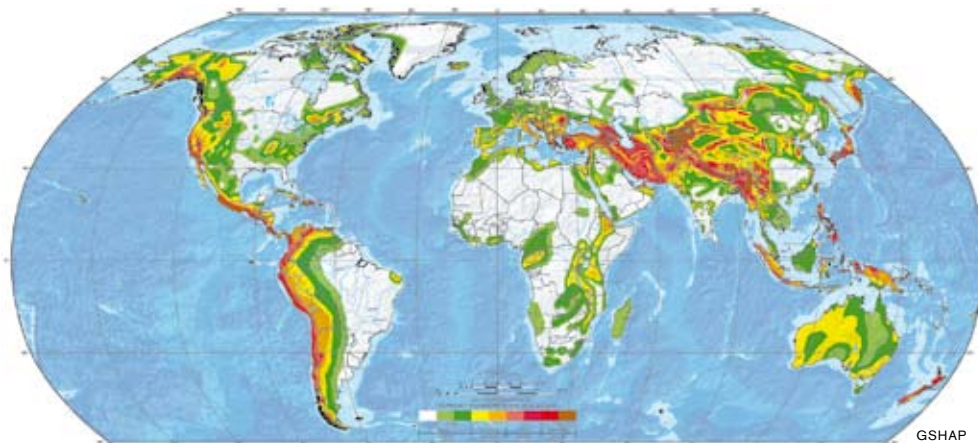
**Tutto sui terremoti**

Giochi, animazioni, informazioni storiche, curiosità, gallerie di immagini, domande agli esperti, dettagli su come diventare geofisici: una sezione davvero ricca su quanto ruota intorno ai terremoti, dall'US Geological Survey.

<http://earthquake.usgs.gov/learn/kids>



# Un passo in avanti



**G** **Mapa di pericolosità sismica globale prodotta dal Global Seismic Hazard Assessment Project (GSHAP). I colori della scala vanno dal bianco per accelerazioni minime al rosso-marrone per quelle più intense.**

## LA PERICOLOSITÀ SISMICA NEL MONDO

Attività militari e conoscenze scientifiche vanno spesso di pari passo. Lo studio dei terremoti, per esempio, ha avuto un impulso notevole durante la guerra Fredda, per via della corsa agli armamenti nucleari. I blocchi contrapposti, infatti, testavano le proprie armi con esplosioni sotterranee che producevano onde P, esattamente come quelle prodotte dai terremoti. Avere un sistema efficiente per rilevare queste onde permetteva di seguire efficacemente i progressi dell'avversario. Così, si è sviluppata una tecnologia di monitoraggio sempre più precisa, di cui ha beneficiato anche lo studio dei fenomeni sismici.

### Obiettivo: una mappa globale

Tra il 1990 e il 2000, durante il Decennio internazionale per la riduzione dei disastri naturali promosso dalle Nazioni unite, questa tecnologia sviluppata per finalità belliche è stata utilizzata per un progetto utile: la realizzazione di una mappa mondiale della pericolosità sismica. Il progetto, parte del Global Seismic Hazard Assessment Project (GSHAP), ha coinvolto oltre 500 scienziati, con l'obiettivo finale di aumentare le conoscenze sui terremoti e di salvare quindi molte vite umane. La mappa mostra l'intensità che potrebbe avere un terremoto atteso in quella regione in un certo lasso di tempo. Più in

dettaglio, illustra il picco dell'accelerazione al suolo che ci si può aspettare con una probabilità del 10% nei prossimi cinquant'anni.

### Scienza, società e politica

Costruire una mappa globale costituiva una sfida molto ardua, anzitutto perché lo stato della ricerca scientifica variava molto da paese a paese. In alcune nazioni sviluppate il monitoraggio sismico era già avanzato e diffuso; in altre, come la Russia, si trovava in una fase di decadenza; in altre ancora – specie in Africa – non era sviluppato opportunamente. Inoltre, scienziati di paesi diversi utilizzavano spesso standard diversi sia nella definizione di pericolosità sia nelle misurazioni. Così, un primo successo del progetto è stato quello di definire standard comuni e di costituire un chiaro database globale. Altro successo importante è stato aver contribuito ad aprire un dialogo tra paesi ostili. Non sempre, infatti, i confini delle regioni geologiche combaciano con quelli politici delle nazioni. Se due nazioni confinanti sono ostili, diventa molto difficile per i geologi studiare l'area nel suo complesso. È quello che è successo nel caso del confine tra Cina e India: la difficoltà delle relazioni ha richiesto tre anni di lavori per sistemare la mappa della zona. Grazie però alle nuove conoscenze acquisite l'India ha ritenuto opportuno alzare anche del 40% il livello di pericolosità in alcune aree del suo territorio.

### Vantaggi per tutti

Una mappa globale di pericolosità sismica si rivela di grande utilità per molte nazioni. In quelle sviluppate, per esempio, permette di identificare le aree con pericolosità maggiore, nelle quali concentrare interventi *ad hoc* di edilizia antisismica. Viceversa, in quelle meno sviluppate – che necessitano di prestiti internazionali per realizzare infrastrutture quali dighe, oleodotti o aeroporti – l'identificazione delle aree più sicure dal punto di vista sismico consente di mantenere inferiori i tassi di interesse. E ancora: grazie alle ricerche svolte per realizzare la mappa si sono ottenute preziose informazioni sulla regione geologicamente attiva della Rift Valley in Africa, che possono essere utilizzate per realizzare piani di protezione civile, mitigare gli effetti dei terremoti ed educare la cittadinanza. Anche gli Stati Uniti, che pure avevano una mappa di pericolosità sismica già di buon livello, hanno beneficiato del progetto. Diverse aree americane caratterizzate da particolari tipi di rocce, infatti, sono state comparate con aree analoghe di altre nazioni, per le quali è stata raccolta una gran mole di serie storiche di dati: gli scienziati statunitensi – che non hanno a disposizione dati relativi ai terremoti avvenuti prima della colonizzazione – hanno potuto raccogliere importanti informazioni da queste banche dati.

R.G.



# Ora tocca a te

## DOMANDE E ATTIVITÀ

1. Un possibile effetto di un terremoto sul paesaggio è lo spostamento di un'area rispetto ad un'altra in corrispondenza di una faglia. Spostamenti di questo tipo possono essere verticali – distensivi o compressivi – oppure laterali, ma si riscontrano anche forme intermedie. Gli spostamenti dipendono in genere dalle direzioni in cui agiscono le forze della tettonica. Prendi una fotografia di un paesaggio con un fiume e con elementi antropici quali case, strade, ferrovie e supponi che ci sia una faglia che suddivide l'immagine in due aree distinte. Ora prova a ipotizzare diversi tipi di spostamenti in corrispondenza della faglia e a immaginare come questo paesaggio potrebbe cambiare di conseguenza. Infine, immagina di ragionare a posteriori, trovandoti sul luogo dopo che è avvenuto il terremoto: quali indizi ti possono permettere di capire di quale tipo di faglia si tratta?

2. Osserva le immagini in questa pagina: si riferiscono al sisma che, il 21 settembre 1999, ha colpito Taiwan. Secondo te, lo spostamento in corrispondenza della faglia è stato di tipo compressivo o distensivo? Motiva la tua risposta e poi cerca su Internet la descrizione geologica di questo terremoto e confrontala con la tua risposta.



➔ **Binari piegati in senso sia verticale sia orizzontale dal sisma che ha colpito Taiwan il 21 settembre 1999 (magnitudo 7,6 della scala Richter).**



ROBERTO GRECO

## SCIENZA E SOCIETÀ

Può sembrare paradossale, ma i terremoti fanno molte più vittime oggi che, per esempio, nell'età del bronzo. Per quale motivo? Di fatto, la pericolosità dei terremoti, ovvero la probabilità che un sisma di una certa intensità si verifichi in una determinata area, non è cambiata molto negli ultimi 4-5000 anni. Quella che è cambiata, però, è la nostra vulnerabilità. Siamo diventati molto più vulnerabili a causa degli edifici in cui viviamo, dei ponti, delle strade e ferrovie, delle linee elettriche e dei gasdotti... Le stesse strutture e infrastrutture che descrivono il grado del nostro sviluppo economico si rivelano trappole mortali nel caso di eventi sismici, soprattutto se non sono realizzate in modo opportuno. Saresti in grado di descrivere qualitativamente il rischio sismico della città in cui vivi tenendo conto sia della pericolosità sia della vulnerabilità? Prova a fare una descrizione simile per l'intera Taiwan (puoi basarti su informazioni raccolte con una ricerca su Internet) e prepara per i tuoi compagni di classe una breve presentazione su questa analisi comparata.

## SCRIVERE DI SCIENZA

L'Italia è un paese caratterizzato da elevata pericolosità sismica, in particolare in Friuli e lungo l'arco appenninico, specie al centro e a sud. Dopo una ricerca in biblioteca o su Internet, scrivi un breve articolo/saggio che spieghi le cause geologiche di questa condizione, soffermandoti sui fenomeni di formazione della penisola italiana e provando anche a riflettere sulla possibile evoluzione di questa condizione.

# ALLA RICERCA DELLA MATERIA OSCURA

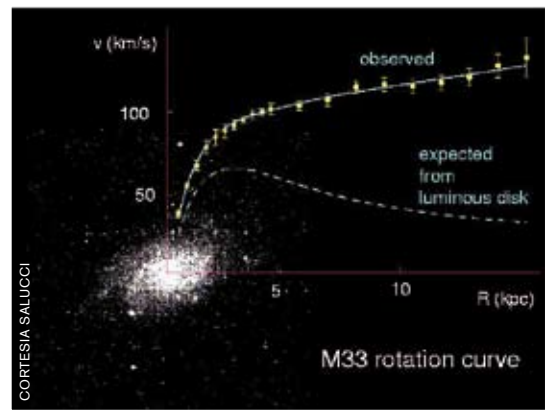
Quando si ha a che fare con l'Universo, i conti non tornano: le particelle elementari note costituiscono solo il 10% della materia totale, alcune stelle sono più veloci dell'atteso e i raggi luminosi di certe galassie ci arrivano distorti. Tutti fenomeni che si possono spiegare con un nuovo tipo di materia: invisibile o oscura. I cui costituenti, però, devono ancora essere trovati.

PAOLO SALUCCI

**D**i che cosa è fatto il nostro Universo? Ecco una domanda aperta, a cui ancora non sappiamo rispondere completamente. Il 90% della materia dell'Universo è infatti di natura sconosciuta: non è composto da atomi di idrogeno o di ossigeno o di qualsiasi altro elemento noto, né è costituito da particelle elementari conosciute. Ha probabilmente una massa, ma non possiamo osservarla direttamente, perché non emette luce visibile né altre radiazioni elettromagnetiche. Per questo la chiamiamo materia oscura: è invisibile all'osservazione e alla misurazione diretta e possiamo rilevarla solo indirettamente, attraverso gli effetti gravitazionali che determina sulla materia luminosa. Anche la materia oscura, infatti, come il resto della materia, è sottoposta alla forza di gravità: attrae altri corpi (per esempio le stelle) ed è attratta da loro. Come conseguenza di questa attrazione, i corpi celesti possono manifestare un moto anomalo che è appunto riconducibile a un potenziale gravitazionale invisibile. La natura della materia oscura resta tuttavia ancora un enigma, una sfida che impegna astrofisici e cosmologi di tutto il mondo da circa trent'anni. Un mistero ancora irrisolto, su cui speriamo di far luce presto.

## C'è ma non si vede

L'Universo è composto di stelle, come il Sole, che si raggruppano in oggetti a forma di disco oppure



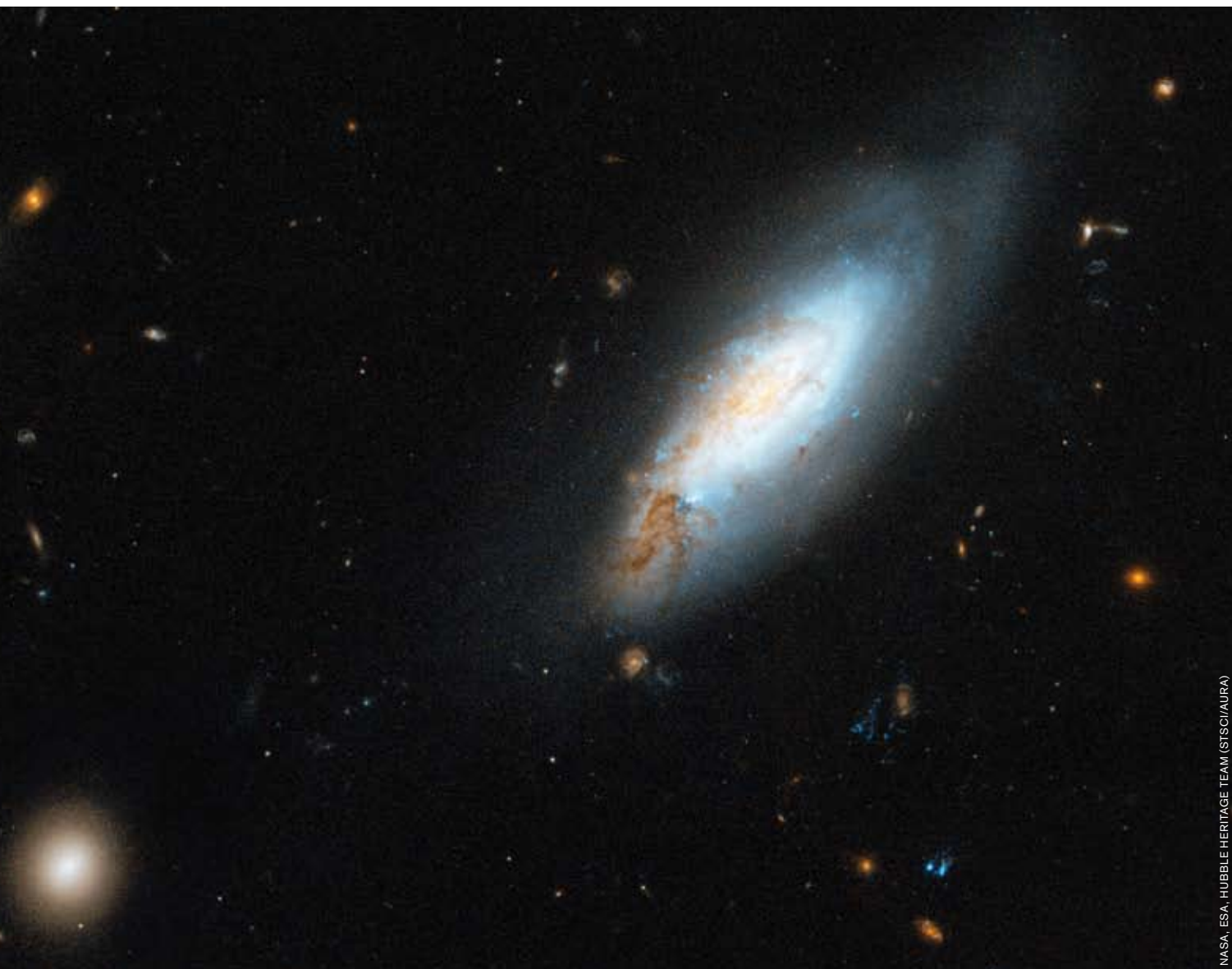
➔ **Variazione della velocità di rotazione delle stelle della galassia M33 (una delle più vicine alla nostra) al variare della loro distanza dal centro galattico; contrariamente all'atteso, la velocità aumenta con la distanza. Questo fenomeno potrebbe essere spiegato con l'esistenza di materia invisibile intorno al disco galattico.**

sferici, le galassie; queste, a loro volta, si raggruppano in sistemi sferici più grandi, gli ammassi di galassie. All'interno delle galassie e degli ammassi è presente a volte del gas – l'idrogeno, l'ossigeno, l'azoto o il ferro – quale residuo del loro processo di formazione. Stelle e gas possono essere considerati gli elementi cosmici fondamentali, i mattoni di base che costituiscono l'Universo; essi emettono tutta radiazione elettromagnetica, che può essere rilevata e misurata, indicandoci di conseguenza l'esistenza stessa dei corpi che l'hanno emessa. La fisica conosciuta, quindi, ci dice che con strumenti adatti è possibile "vedere" tutto ciò che esiste. Questo schema tuttavia non funziona quando studiamo l'Universo nella sua evoluzione, e ne indaghiamo i moti interni o alcune caratteristiche degli oggetti che lo compongono. In molte situazioni, infatti, ci accorgiamo da un lato dell'esistenza di una componente invisibile e dall'altro dell'impossibilità di spiegare molti fenomeni osservati solo considerando la componente visibile dell'Universo.



## Perturbazioni rivelatrici

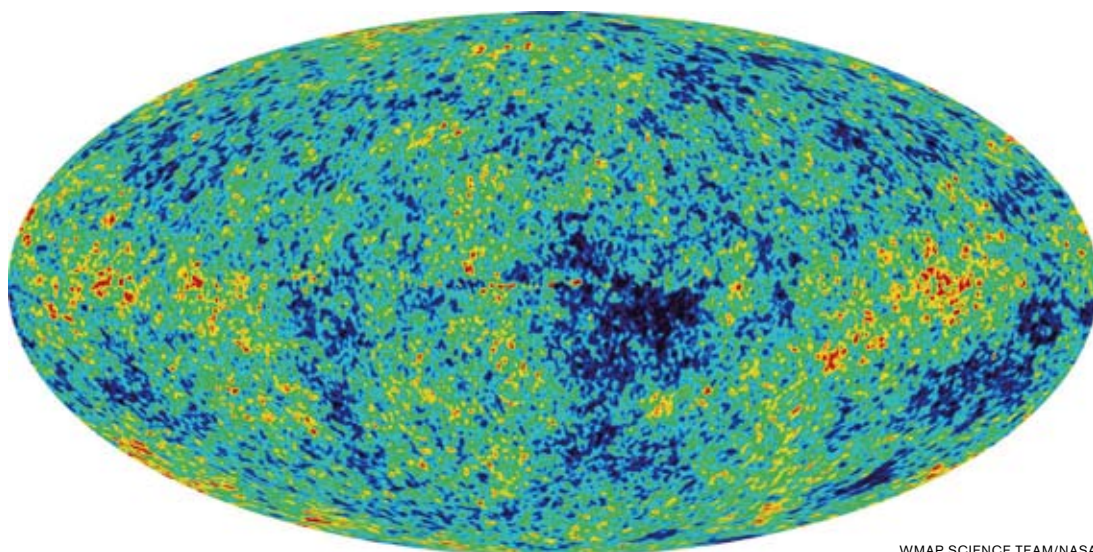
Scoprire ciò che è invisibile agli occhi non è un fatto nuovo nella storia dell'astrofisica. Nel 1844 l'astronomo tedesco Friedrich Wilhelm Bessel trovò che la stella Sirio, che nel corso degli anni mostrava delle oscillazioni nella sua posizione in





NASA, ESA, HUBBLE HERITAGE TEAM (STSC/AURA)

 Una galassia a spirale nell'ammasso della Chioma di Berenice. Studiando questo ammasso, Zwicky e Smith ipotizzarono l'esistenza della materia oscura.
   
 Mappa della radiazione cosmica di fondo calcolata nel 2008 dopo 5 anni di osservazioni del satellite Wmap. In rosso le zone dell'Universo che dopo 100 000 anni dal Big Bang erano appena più calde della media.



WMAP SCIENCE TEAM/NASA



📍 **Elaborazione grafica dello scontro tra due ammassi di galassie, effettuata a partire dalle immagini ottenute con i telescopi spaziali Chandra e Hubble. Al centro dell'immagine, in rosa, c'è la materia ordinaria, ripresa a raggi X da Chandra e composta prevalentemente da gas molto caldi. All'esterno, in blu, si trova la materia oscura, "fotografata" da Hubble, cioè ricostruita in base all'effetto di lente gravitazionale esercitato dalle galassie poste oltre l'ammasso. Poiché la materia oscura non interagisce con quella ordinaria, dopo l'impatto non si è ammassata con il gas, ma è sfuggita verso l'esterno.**

cielo, era influenzata gravitazionalmente da un compagno invisibile, che le orbitava intorno. Si trattava di una forma di "materia oscura" che rimase tale solo per diciotto anni, fino a quando l'astronomo americano Alvan Clark scoprì che l'oggetto orbitante intorno a Sirio era una stellina difficile da vedere in quanto diecimila volte più piccola.

Anche il pianeta Nettuno è stato scoperto nel 1846 non per mezzo di osservazioni al telescopio, ma studiando le perturbazioni che esso esercitava sull'orbita di Urano. Entrambi gli esempi mostrano come si possa scoprire l'esistenza di una massa nell'Universo in modo indiretto: non perché osservata direttamente, ma per i suoi effetti su altri corpi celesti.

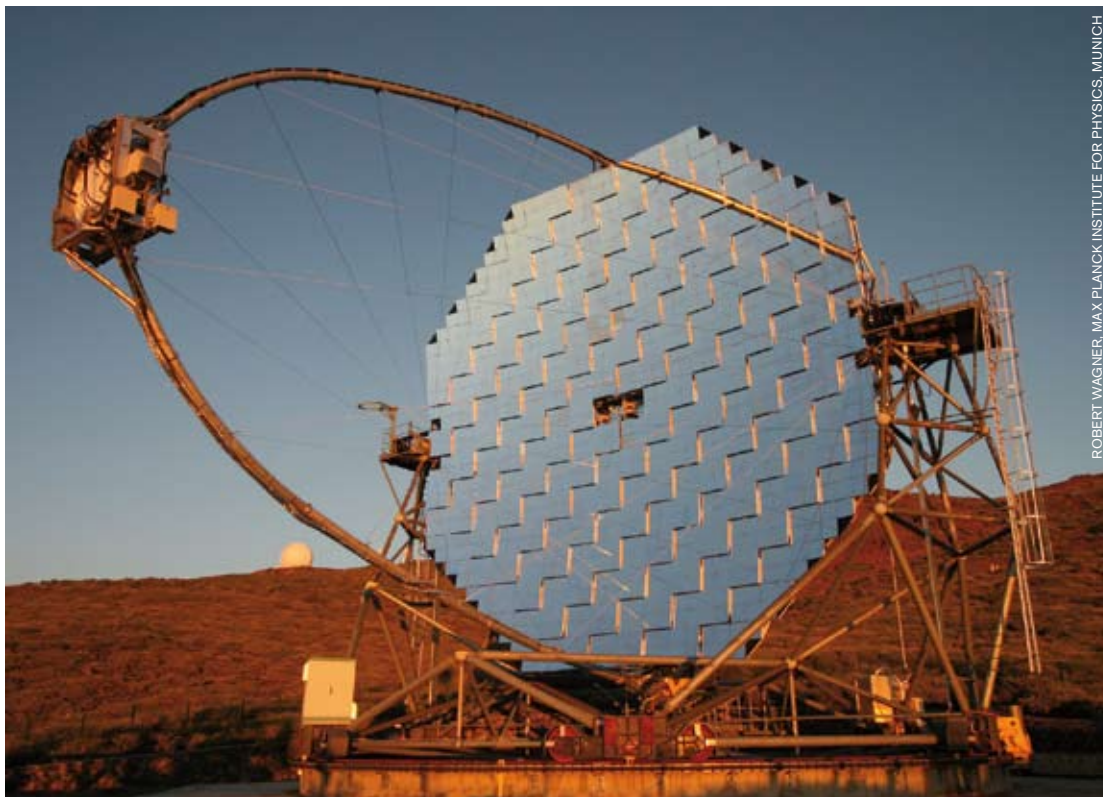
### I semi del cosmo

Di materia oscura come la intendiamo oggi si è cominciato a parlare per la prima volta negli anni

trenta del secolo scorso, quando gli astronomi Fritz Zwicky e Sinclair Smith ipotizzarono la sua esistenza studiando due grandi ammassi di galassie: la Chioma di Berenice e la Vergine. I due studiosi osservarono che la velocità di questi ammassi non poteva essere ricondotta solo agli effetti della massa delle galassie visibili e conclusero che a causarla doveva essere una grande quantità di materia invisibile, che loro chiamarono *materia mancante*.

La prima evidenza concreta dell'esistenza di ciò che definiamo materia oscura viene tuttavia dalla grande scala, dall'Universo nella sua interezza. Sappiamo che una radiazione cosmica di fondo lo pervade a una temperatura di 2,7 K. Questa radiazione è il fossile del Big Bang, l'eco della grande esplosione iniziale, ed è stata misurata da radiotelescopi a Terra, da rilevatori su palloni lanciati nella ionosfera e da satelliti in orbita nel sistema Terra-Luna, come i satelliti Cobe, Wmap e

➔ Il telescopio Magic, localizzato sulla sommità di un monte dell'isola La Palma, una delle Canarie. Il telescopio dovrebbe essere in grado di rivelare la radiazione luminosa emessa dall'annichilazione di neutralini, possibili costituenti della materia oscura. L'evento, infatti, dovrebbe produrre fotoni con caratteristiche differenti da quelli prodotti da altre sorgenti astrofisiche (come le stelle o i buchi neri); interagendo con l'atmosfera terrestre, questi fotoni dovrebbero produrre un tenue lampo di luce rilevabile dal telescopio.



ROBERT WAGNER, MAX PLANCK INSTITUTE FOR PHYSICS, MUNICH

Planck. Però sappiamo anche che ci sono alcune regioni di circa 0,00001 gradi più calde o più fredde della media. Queste regioni rappresentano perturbazioni primordiali del Big Bang, dalle quali sono poi nate, per effetto della gravitazione, le galassie e gli ammassi di galassie. Dallo studio di questi piccoli "semi" della struttura cosmica possiamo capire la quantità di materia presente nell'Universo. Ebbene: le indagini ci dicono che la materia formata da particelle note, come elettroni, neutroni e protoni – la cosiddetta materia barionica o ordinaria – costituisce soltanto il 10% di tutta la materia dell'Universo.

### Indizi dal Big Bang

La quantità di materia barionica può essere stimata anche sulla base della quantità relativa di deuterio e di elio riscontrabile oggi e presente già circa tre minuti dopo il Big Bang. Questi elementi leggeri sono stati generati dalla fusione nucleare che è avvenuta nella materia all'inizio del Big Bang, prima che il raffreddamento dell'Universo, dovuto alla sua espansione, impedisse ulteriori fusioni e la creazione di elementi più pesanti. La quantità di questi elementi leggeri (per esempio l'elio misurato nei meteoriti e nelle stelle vecchie), rispetto alla quantità di idrogeno presente oggi, ci indica la densità di atomi ordinari (barioni) presente attualmente nell'Universo. Questo valore è molto basso e

corrisponde a 1/6 circa di tutta la densità di materia dell'Universo.

Questi e altri simili risultati, ottenuti negli ultimi venti anni, ci indicano senza alcun dubbio che i barioni hanno e hanno avuto un ruolo trascurabile nella storia dell'Universo, nella sua espansione e nella nascita e successiva evoluzione delle strutture che lo compongono. Tutto ciò non è spiegabile se non si chiama in causa la presenza preponderante di una componente massiva 5-7 volte più abbondante della materia ordinaria, che non interagisce con essa né emette radiazione.

### Velocità anomale

Una prova sperimentale a favore dell'esistenza della materia oscura è il moto delle stelle nelle galassie e in particolare nelle galassie a spirale, formate in genere da circa 100 miliardi di stelle che risiedono in un disco molto sottile.

Se le galassie fossero composte soltanto dalle stelle e dal gas, per la terza legge di Keplero ci aspetteremmo che via via che ci spostiamo verso l'estremità della galassia, la velocità di rotazione delle stelle decresca come  $R^{-1/2}$ . Questo è quanto avviene per esempio nel Sistema solare: tutta la massa è praticamente concentrata nel Sole e la velocità di rotazione dei pianeti decresce via via che questi si allontanano dalla stella. In altre parole, i pianeti più vicini al Sole sono più veloci di quelli lontani.



👁️ **Componenti del telescopio a neutrini Antares, posizionato sul fondo del Mar Mediterraneo. Tra i suoi obiettivi c'è la rivelazione di fenomeni di annichilazione di neutralini nel centro della nostra galassia.**



L.FABRE/CEA, 2006



**PAOLO SALUCCI**

È professore associato in fisica delle galassie presso la Sissa di Trieste. Conseguito il PhD sotto la supervisione del noto cosmologo inglese Dennis Sciama, ha studiato il fenomeno della materia oscura e la formazione delle galassie in Italia e presso l'Università di Durham, dove ha risieduto per 4 anni. È impegnato attivamente nella ricerca della fenomenologia della materia oscura. Collabora con molte università in Italia e all'estero, tra cui quelle di Parigi, Bonn, Gent, Leicester e Monaco.

Nelle galassie a spirale, invece, la velocità di rotazione cresce (o al più rimane costante) all'allontanarsi dal centro, fino a una distanza tale per cui non è più possibile avere dati. A differenza delle aspettative, quindi, all'allontanarsi dal centro della galassia si continua a riscontrare un andamento crescente (o costante) della velocità, anziché una sua diminuzione. L'ipotesi più semplice per spiegare questo fenomeno è che il disco stellare sia circondato da un alone di materia invisibile, esteso anche fino a 30 volte la galassia visibile. Questa componente invisibile influenzerebbe gravitazionalmente le stelle della galassia molto più di quanto queste si influenzino a vicenda, spiegando così la maggiore velocità delle stelle più lontane dal centro galattico.

**Lenti gravitazionali**

L'esistenza di una componente oscura nell'Universo emerge anche da un altro fenomeno: le lenti gravitazionali. Con tale espressione si indica la deformazione del percorso di un raggio luminoso determinata dall'attrazione gravitazionale che esso subisce quando passa nelle vicinanze di un corpo massivo.

Quando i raggi luminosi di una galassia in viaggio verso di noi entrano in un ammasso di galassie la

cui materia oscura distorce lo spazio circostante, ne escono "piegati" dalla gravità rispetto alla loro traiettoria lineare. I nostri strumenti rilevano quindi un'immagine distorta di questi raggi, a seconda di come la materia oscura è distribuita all'interno dell'ammasso. Un esempio spettacolare di questo fenomeno è rappresentato dallo scontro tra due ammassi di galassie, un evento così violento che porta alla separazione tra la materia ordinaria e la materia oscura.

**Caccia al neutralino**

Ma qual è la natura di questa componente invisibile? Alcune osservazioni indicano che la più probabile forma di materia oscura sarebbe la cosiddetta materia oscura fredda, costituita da particelle chiamate Weakly Interacting Massive ParticleS (WIMPS: particelle massicce debolmente interagenti) che si ritiene si siano formate all'inizio della vita dell'Universo. Esse sono dotate di tutte le caratteristiche necessarie per essere considerate le particelle che guidano l'espansione dell'Universo e costituiscono il punto focale della formazione delle galassie. Tra le WIMPS, i fisici ritengono particolarmente importante una particella fondamentale chiamata neutralino, che interagisce con la materia ordinaria (elettroni, neutroni, protoni)



## TRA SQUARK E FOTINI

La supersimmetria è una teoria formulata nel tentativo di capire le quattro forze fondamentali dell'Universo (gravità, interazione debole, interazione forte e forza elettromagnetica). Prevede che ogni particella, sia quelle dotate di massa (per esempio l'elettrone o il quark), sia quelle mediatrici di forza (come il fotone o il gluone), possieda una particella "gemella" (*superparticella*), dotata di massa. Per esempio: il seletttrone, lo squark, il fotino o il gluino. Nessuna particella supersimmetrica è mai stata individuata; la loro rivelazione è uno degli obiettivi degli esperimenti in corso presso LHC, l'acceleratore di particelle del CERN di Ginevra, rientrato da poco in funzione dopo il guasto dell'estate 2008.

principalmente attraverso la forza di gravità. Da notare che WIMPS e neutralini sono previsti da teorie ampiamente accettate ma ancora non del tutto dimostrate, come la teoria della supersimmetria, e che la loro esistenza non è stata ancora verificata. Si suppone infatti che possiedano una massa molto elevata, per cui la loro produzione richiede energie enormi, non ancora disponibili nell'ambito degli acceleratori di particelle costruiti prima di LHC (l'acceleratore più potente del mondo, realizzato al CERN di Ginevra). Gli astrofisici sperano che l'avvio delle attività di LHC possa portare risposte anche in questo settore. Tuttavia, negli ultimi anni sono stati intrapresi anche altri progetti per cercare di individuare le particelle WIMPS.

### Quando la materia si trasforma in energia

Uno di questi, il progetto *Magic*, si basa sul fatto che al centro delle galassie, e in particolare al centro della nostra (la Via Lattea) e di quelle vicine (come la Nube di Magellano e la M33), sarebbero presenti, secondo la teoria della materia oscura fredda, enormi densità di materia oscura. A queste estreme condizioni, i neutralini tenderebbero a scontrarsi, annichilendosi ed emettendo di conseguenza radiazione gamma. Magic è il nome di uno dei grandi telescopi "puntati" alla ricerca dei fotoni ad alta energia prodotti da questa annichilazione. In altre parole, è un telescopio puntato alla ricerca di "messaggeri" della materia oscura provenienti da quelle regioni speciali dell'Universo in cui la materia oscura si trasforma (attraverso l'annichilazione delle WIMPS e secondo la ben nota legge  $E=Mc^2$ ) in energia e in particolare in energia luminosa.

### Questioni da risolvere

La materia oscura costituisce un paradigma necessario per affrontare con successo due diverse questioni cosmologiche che non hanno ancora una soluzione. La prima, come abbiamo visto è il fenomeno della massa mancante. I dati e le osservazioni disponibili ci dicono infatti che sia nelle galassie e negli ammassi di galassie sia nell'intero Universo c'è una componente di materia

che agisce solo gravitazionalmente, ma di cui non riusciamo a individuare la massa. La seconda questione riguarda l'evoluzione dell'Universo e l'esistenza stessa delle galassie. Riteniamo infatti che non possano esistere teorie che partendo soltanto dalla materia luminosa spieghino l'evoluzione dell'Universo. In altre parole, teorie che spieghino come un Universo nato dal Big Bang praticamente omogeneo e uguale in ogni direzione (come mostrato dalla radiazione di fondo), si sia evoluto in un Universo fortemente disomogeneo, con regioni anche 10 milioni di volte più dense della media. Per quanto riguarda le galassie, invece, la teoria della materia oscura propone che queste si formino a partire da un fenomeno di instabilità gravitazionale che dà origine ad aloni di materia oscura, sui quali in seguito collasceranno gli atomi di idrogeno che formeranno le stelle.

### I lati oscuri della teoria

Tuttavia, anche la teoria della materia oscura fredda lascia scoperte alcune questioni. Per esempio, essa prevede che gli aloni di materia oscura intorno alle parti luminose delle galassie oppure all'interno delle galassie stesse abbiano distribuzione e densità particolari, che però non risultano verificate dalle osservazioni. Di recente, attraverso l'osservazione astronomica di diversi tipi di galassie, il mio gruppo di ricerca, in collaborazione con altri studiosi, ha scoperto che la materia oscura e quella ordinaria sono distribuite nell'Universo in modo molto più complesso di quanto finora supposto, e sono in particolare più intimamente correlate del previsto. Si tratta di un'osservazione importante, che ripropone con forza ancora maggiore interrogativi "classici" della cosmologia e dell'astrofisica: come si formano effettivamente le galassie? La legge della gravitazione universale riesce a spiegare l'interazione tra materia ordinaria e materia oscura o è opportuna una sua riformulazione? Gli esperimenti condotti in tutto il mondo per la rivelazione della materia oscura riusciranno effettivamente a risolvere uno dei più profondi misteri dell'astronomia? ➔



## PAROLE CHIAVE

### A lone oscuro

Sfera di materia invisibile che circonda ogni galassia.

### Big Bang

Teoria secondo la quale l'espansione dell'Universo avrebbe avuto origine da una grande esplosione primordiale.

### Materia barionica

Materia ordinaria, costituita dagli atomi e dalle molecole degli elementi chimici conosciuti.

### Galassia

Agglomerato di stelle (da  $10^5$  a  $10^{12}$ ), di forma discoidale o sferica.

### Materia oscura

Componente dell'Universo che non emette radiazioni e interagisce con la materia barionica solo gravitazionalmente.

### Nucleosintesi cosmologica

Formazione degli elementi leggeri nei primi 3 minuti del Big Bang.

### Perturbazioni cosmologiche

Piccolissimi eccessi di densità e temperatura rispetto ai valori medi dell'Universo. Da queste perturbazioni sono originate le galassie.

### Teoria della materia oscura fredda

Teoria sulla natura della materia oscura e sulla formazione delle galassie oggi più accettata dagli scienziati.



# Un passo in avanti

## IL LATO OSCURO DEL COSMO

Gli strumenti che puntano agli oggetti e alle profondità celesti si fanno sempre più raffinati e potenti, consentendoci di estendere progressivamente nello spazio e nel tempo l'orizzonte delle nostre osservazioni, fino a indagare la formazione delle strutture che caratterizzano l'Universo (galassie, ammassi e superammassi) e le prime fasi della sua evoluzione.

Esso, tuttavia, continua a mostrarci un "lato oscuro" decisamente dominante.

La materia cosiddetta ordinaria, cioè l'insieme delle particelle barioniche che compongono ogni cosa "visibile", dal nostro corpo alle galassie più lontane, costituirebbe soltanto il 10% di tutta la materia dell'Universo. E se è vero che la materia oscura permette di rendere conto del rimanente 90% e di comprendere alcuni fenomeni come il moto apparentemente inspiegabile delle stelle nelle galassie, alcune osservazioni compiute una decina di anni fa hanno portato a postulare l'esistenza di un'entità ancora più sfuggente e misteriosa, la cosiddetta **energia oscura**, che costituirebbe, addirittura, oltre il 70% della massa-energia dell'Universo.

### Opporsi alla gravità

Nel 1998, due team internazionali, studiando con i telescopi degli osservatori Keck e MMT le **supernovae di tipo 1a** presenti in galassie lontane, fecero un'importante scoperta, confermata in seguito da altri gruppi di ricerca: contrariamente a ogni previsione basata sui modelli cosmologici dominanti, l'espansione dell'Universo, anziché rallentare, sarebbe oggi in *accelerazione*. Ora: la materia, barionica e non, esercita un'attrazione gravitazionale che dovrebbe rallentare, con il tempo, l'espansione dell'Universo iniziata con il Big Bang. Per quale motivo, dunque, accade il contrario? La via più semplice per spiegare queste osservazioni è ipotizzare l'esistenza di un'energia con *pressione negativa* (che in pratica agisce in modo opposto alla gravità). Dal punto di vista matematico, questo comporta dover introdurre una costante positiva nelle equazioni di Einstein, che costituiscono la base della relatività generale. In effetti, una forza repulsiva cosmica, rappresentata da una **costante cosmologica** positiva, fu introdotta dallo stesso Einstein nelle sue equazioni nel 1917 per controbilanciare la forza gravitazionale e permettere un Universo statico, come allora si pensava che fosse. La successiva scoperta dell'**espansione dell'Universo** da parte di Hubble, che formulò la sua celebre legge nel 1929, decretò l'abbandono del modello statico e portò lo stesso Einstein a biasimare la sua ipotesi.

### IN RETE!

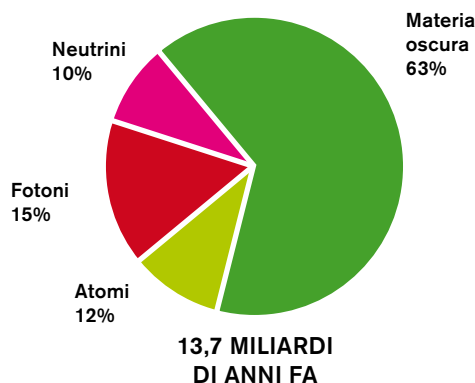
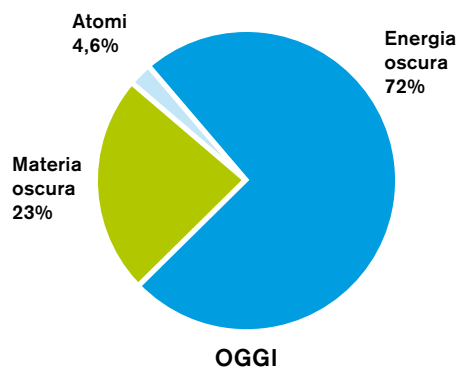
**Dark energy, dark matter** Approfondimento proposto dal sito della Nasa, con immagini, disegni, animazioni e interviste ad alcuni protagonisti della ricerca sull'energia oscura. <http://nasascience.nasa.gov/astrophysics/what-is-dark-energy>



## L'allontanamento del Big Bang

L'energia oscura, trascurabile agli inizi dell'espansione dell'Universo, sarebbe divenuta dominante qualche miliardo di anni fa, impedendo la formazione di altre galassie e di altri ammassi di galassie. In futuro, la sua predominanza potrebbe far sì che, anche disponendo dei telescopi più potenti, un osservatore non riesca più a raggiungere l'oggetto delle sue osservazioni, allontanate oltre l'orizzonte osservabile. La re-introduzione della costante cosmologica è uno dei modi possibili per descrivere l'energia oscura, la cui esatta natura è attualmente oggetto di studio. Secondo alcuni gruppi di ricerca, in effetti, il concetto stesso di energia oscura sarebbe fuorviante e i misteri che ancora avvolgono l'evoluzione del Cosmo andrebbero ricondotti all'inadeguatezza delle equazioni impiegate per descriverla. Di sicuro nei prossimi anni la cosmologia può riservarci nuove, straordinarie sorprese. C.R.

## LA COMPOSIZIONE DELL'UNIVERSO SECONDO LE STIME PIÙ RECENTI





# Ora tocca a te

## DOMANDE E ATTIVITÀ

1. Cerca su Internet immagini di scontri tra galassie e di lenti gravitazionali. Ne troverai moltissime: scegli le più interessanti e realizza un poster con brevi didascalie esplicative. Puoi partire per esempio dal filmato *Hubble captures colliding galaxies* caricato su YouTube dalla rivista "New Scientist" ([www.youtube.com/watch?v=IXy3B2K47Qg&feature=player\\_embedded#](http://www.youtube.com/watch?v=IXy3B2K47Qg&feature=player_embedded#)), oppure cercando la famosa *croce di Einstein*.

2. Prepara una presentazione della durata massima di 20', da esporre a tutta la classe, sulle teorie che spiegano la formazione delle galassie oppure sugli attuali modelli di evoluzione dell'Universo. Come modello di riferimento, prova a guardare la presentazione *Misteri nell'Universo* del professor Giovanni Fiorentini dell'Università di Ferrara. Come vedrai, ogni slide è fornita di immagini e grafici esplicativi e contiene in sintesi i concetti principali del discorso. La presentazione si raggiunge dalla pagina [www.fe.infn.it/~fiorenti](http://www.fe.infn.it/~fiorenti) cliccando su "popular presentations".

3. Nelle galassie a spirale la terza legge di Keplero non è rispettata. Nel caso dei satelliti geostazionari, invece, essa è utilissima e serve per determinare il raggio dell'orbita. Dopo aver ripassato le leggi di Keplero, calcola il valore di tale raggio per i satelliti artificiali che ruotano intorno al nostro pianeta con

il suo stesso periodo; calcola anche la loro quota, a partire dalla superficie della Terra (troverai un valore di circa 36 000 km).


4. Fai una ricerca in biblioteca o su Internet per rispondere alle seguenti domande: che cosa sono le *supernovae 1a*? Che cosa significa che si possono utilizzare come "candele standard", e perché? Per quale motivo la loro osservazione è fondamentale nella ricerca cosmologica?

## SCRIVERE DI SCIENZA

1. Prepara un articolo di giornale che esponga in circa 1800 caratteri (spazi inclusi) più notizie possibili sul telescopio a neutrini Nemo (NEutrino Mediterranean Observatory) oppure sul telescopio Magic II (*Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov*), inaugurato lo scorso aprile nell'isola di La Palma alle Canarie.

2. Scrivi un saggio breve che abbia come argomento i sistemi sperimentali di osservazione e "ascolto" dell'Universo. Raccogli materiale su: i vari tipi di telescopi e radiotelescopi a terra – specificando le tipologie generali (rifrattori, riflettori ecc.), le caratteristiche specifiche (dal visibile ai raggi X ecc.) e i nomi di quelli più celebri –, i rilevatori su palloni nella ionosfera, i telescopi e i satelliti in orbita (come Hubble, Chandra, Cobe, Wmap, Planck). Puoi accennare anche alla storia degli strumenti di osservazione del cielo, a partire dal cannocchiale. Non dimenticare di spiegare che cosa sono gli spettri elettromagnetici e perché sono fondamentali in questo campo di ricerca.

3. Le scoperte di Edwin Hubble, risalenti ormai a un'ottantina di anni fa, rivoluzionarono la visione del Cosmo: basti pensare che fu lo stesso Hubble a determinare l'esistenza di altre galassie oltre la nostra. Con l'aiuto di un libro di testo e/o di Internet prova a ricostruire le tappe più importanti del suo lavoro di ricerca, che condussero alla formulazione, nel 1929, della legge che porta il suo nome. Esponi i risultati della tua ricerca in forma di saggio breve oppure di slide da proiettare in classe.

 **Galassie nell'immagine del campo ultra profondo di Hubble. Si tratta dell'immagine più profonda (e quindi più lontana nel tempo) dell'Universo mai raccolta nello spettro della luce visibile ed è stata elaborata a partire dai dati raccolti dal telescopio Hubble.**



NASA/ESA/S. BECKWITH (STSCI)/HUBBLE TEAM



JUSSI PUUKKONEN

## Verso la prima cellula **artificiale**

Nell'ottobre 2009 Jack Szostak, professore di genetica all'Harvard Medical School di Boston, ha vinto il premio Nobel per i suoi lavori sui telomeri. Poche settimane prima "Linx Magazine" lo aveva intervistato, per saperne di più sul suo ultimo interesse scientifico: la possibilità di ricreare la vita in laboratorio.



VALENTINA MURELLI

**L**a prima impressione che, con una certa sorpresa, si riceve incontrando Jack Szostak è quella di trovarsi di fronte a un uomo straordinariamente tranquillo. Szostak è una specie di re Mida della biologia molecolare. Per ciascuno dei tanti argomenti di cui si è occupato – non solo i telomeri che l'hanno portato al premio Nobel, ma anche la ricombinazione genetica, i ribozimi, l'origine della vita – il suo lavoro è sempre diventato un punto di riferimento per la comunità scientifica. Szostak, per esempio, è stato uno dei primi biologi a clonare un gene e a lui si deve la descrizione, all'inizio degli anni ottanta, di un meccanismo fondamentale per la ricombinazione omologa, la ricombinazione che avviene durante la meiosi tra sequenze di DNA identiche (o simili) appartenenti a una coppia di cromosomi omologhi. In modo forse un po' automatico, ci si aspetta che un tale curriculum di successi, spesso pionieristici,



## «Una volta messa a punto una cellula artificiale in grado di evolvere, potremo cercare di capire come sono andate le cose – dal punto di vista evolutivo – proprio all’origine della vita»

appartenga a un personaggio indaffarato, frettoloso, magari anche caotico.

Bene: è esattamente il contrario.

Quando arrivo al suo studio al dipartimento di genetica dell'Harvard Medical School di Boston sono in leggero ritardo e temo che, pressato da altri impegni o da qualche nuova idea da sperimentare, non abbia più tempo per ricevermi. Invece, mi accoglie con un sorriso rilassato: era preoccupato che mi fossi persa. Parla lentamente, con un tono di voce molto basso, a tratti quasi impercettibile. Poi, si accomoda a un'ordinatissima scrivania, pronto a raccontare delle sue ultime passioni di laboratorio.

### Uno sguardo alle origini

Dopo il 5 ottobre 2009, un colloquio con Jack Szostak si sarebbe forse concentrato sul passato, e cioè sui telomeri, le strutture che costituiscono le estremità dei cromosomi. Il fatto che sia avvenuto poco prima, invece, ci ha permesso di parlare diffusamente del presente, e cioè del suo lavoro con le protocellule, cellule primitive artificiali.

Da una decina di anni a questa parte, in effetti, Szostak è conosciuto soprattutto come colui che sta cercando di ricreare la vita in laboratorio. E che è a un passo dal riuscirci. «Non definirei ancora cellule artificiali vere e proprie le nostre protocellule, perché non hanno un sistema di replicazione del tutto autonomo. Però stiamo lavorando per arrivarci», precisa.

La sfida è di quelle davvero affascinanti: non solo perché, in caso di successo, un essere umano potrà dire di essere riuscito nell'impresa grandiosa di creare la vita da zero, ma anche perché questa operazione permetterà di "sbirciare" verso le nostre origini più lontane. «Non è detto che riusciremo a capire come sono andate esattamente le cose circa 3,7 miliardi di anni fa sul nostro pianeta, ma almeno avremo identificato una possibilità concreta di origine della vita», afferma Szostak. «Anzi, in un certo senso sarebbe ancora più affascinante se le cose fossero andate realmente in modo diverso da quello che stiamo ricreando in laboratorio, perché questo significherebbe che la vita potrebbe avere avuto origine in modi differenti».

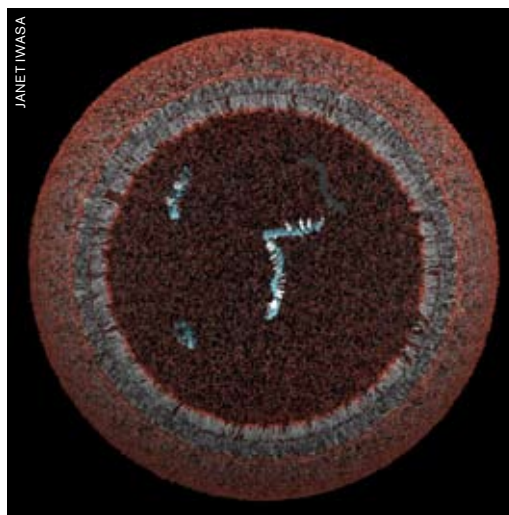
### L'involucro prima di tutto

Ma come sono fatte esattamente queste protocellule? Per prima cosa, Szostak e la sua

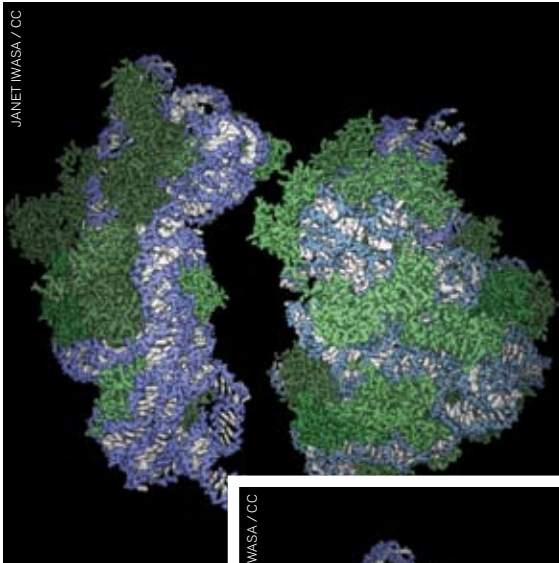
squadra di giovani ricercatori hanno cercato di ottenere un "contenitore" adatto, qualcosa che assomigliasse alle membrane cellulari come le conosciamo oggi per esempio nei batteri, ma che fosse molto più semplice. «Le membrane attuali – un doppio strato fosfolipidico in cui sono immerse proteine – sono molto complesse e lasciano entrare e uscire molecole di grandi dimensioni solo in modo controllato. È davvero difficile immaginare che una cellula primitiva avesse una membrana di questo tipo, se non altro perché oggi pensiamo che, nelle fasi iniziali della sua costituzione, non possedeva ancora un sistema di sintesi delle proteine», afferma Szostak. L'idea è stata dunque quella di tornare a lavorare con membrane costituite da molecole semplici come gli acidi grassi. «Si sapeva da tempo che, in una soluzione acquosa, gli acidi grassi si assemblano spontaneamente fino a costituire delle vescicole. Allo stesso tempo, però, si pensava che queste strutture fossero del tutto impermeabili. Invece, un paio di anni fa abbiamo dimostrato che anche molecole grandi come i nucleotidi possono attraversare queste membrane semplificate». Sembra già tanto, ma in realtà quello che i ricercatori sono riusciti a dimostrare è molto di più.

### Replicazione senza enzimi

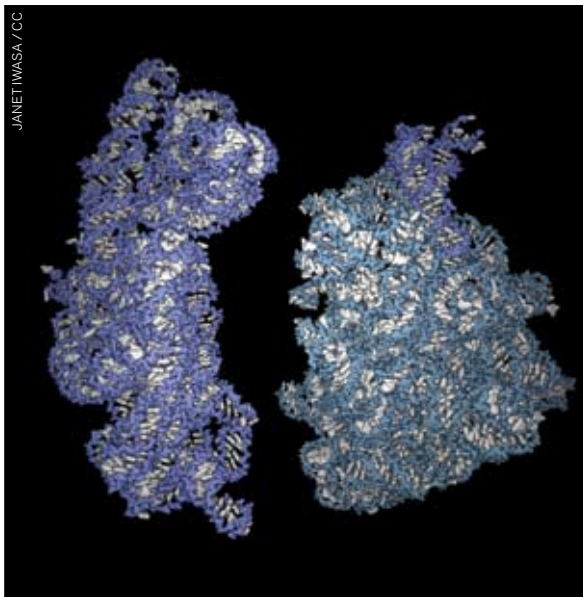
Immaginate di prendere una provetta, di riempirla con una soluzione acquosa, di immergervi una vescicola costituita da una membrana di acidi grassi contenente una breve molecola di DNA a



📍 Ricostruzione grafica di una protocellula, costituita da una membrana di acidi grassi che racchiude al suo interno molecole di RNA con attività catalitica (ribozimi).



👉 **La struttura delle due subunità che compongono un ribosoma: in verde le componenti proteiche, in bianco e azzurro l'RNA. Nonostante le due diverse componenti, un ribosoma è in realtà un ribozima, perché il meccanismo di traduzione è catalizzato dall'RNA e non dalle proteine.**



singolo filamento e infine di aggiungere dei nucleotidi. È esattamente ciò che hanno fatto Szostak e collaboratori, verificando non solo che i nucleotidi erano in grado di penetrare nella vescicola ma anche che, una volta all'interno, si appaiavano al filamento di DNA, dando origine a un secondo filamento complementare. Un risultato straordinario, perché significa che – proprio come accaduto nella provetta – anche le prime cellule primitive avrebbero potuto replicare il proprio materiale genetico (DNA, ma anche RNA) senza bisogno di enzimi. «In realtà, per questo tipo di esperimenti non abbiamo usato nucleotidi standard, ma molecole leggermente modificate dal punto di vista chimico», precisa Szostak. «Questo permette di rendere il processo di assemblaggio della nuova molecola di DNA molto più veloce». In ogni caso, questa è la protocellula che ha messo in fibrillazione ricercatori (e giornalisti) di tutto il mondo: il primo passo concreto verso la creazione di una cellula artificiale.

### Caldo, freddo, caldo...

«Un altro aspetto interessante della nostra protocellula è il fatto che è in grado di crescere e di dividersi», prosegue lo scienziato. «Per la crescita, basta l'incorporazione nella vescicola di nuovi acidi grassi presenti nell'ambiente. Per la divisione, può bastare l'applicazione di una forza esterna, come lo scuotimento della provetta». Certo, perché una cellula possa chiamarsi tale, è necessario che ci sia replicazione anche del suo materiale genetico. Secondo Szostak, questo potrebbe essere accaduto esattamente come avviene oggi in tutti i laboratori di biologia molecolare del mondo negli apparecchi per PCR: la reazione a catena della polimerasi, che permette di amplificare grandi quantità di una particolare molecola di DNA.

Funziona così: si mette la molecola che si intende amplificare, insieme a una certa quantità di nucleotidi e all'enzima necessario per la replicazione (la polimerasi), in un apparecchio che passa ciclicamente da temperature più alte a temperature più basse. Quando è più caldo la doppia elica della molecola si apre e quando è più freddo avviene la replicazione vera e propria. «Può darsi che, poco meno di 4 miliardi di anni fa, qualche particolare circostanza ambientale – per esempio la vicinanza di una pozza di acqua gelata e di un vulcano attivo – abbia favorito una simile alternanza di temperature, mano a mano che le cellule si spostavano da zone più fredde a zone più calde della pozza», racconta Szostak. «Per questo motivo penso che, per capire meglio l'origine della vita, occorra concentrarsi non su singoli ambienti del pianeta, come le profondità oceaniche, ma su speciali combinazioni di ambienti o di condizioni fisiche».

### L'evoluzione dalle origini

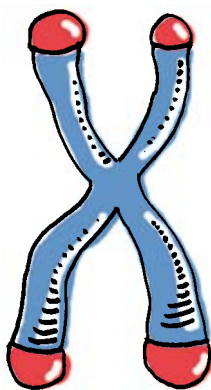
A questo punto, l'obiettivo di Szostak è ottenere una protocellula capace di replicarsi in modo autonomo ed efficiente. «Quando l'avremo, potremo inserire al suo interno una gran varietà di molecole di DNA e di RNA e vedere che cosa succede. Probabilmente, ce ne sarà qualcuna che risulterà utile alla protocellula, perché magari ne controllerà meglio la forma oppure catalizzerà qualche reazione e allora ci troveremo di fronte a una cellula vera e propria, di cui potremo studiare l'evoluzione». Szostak sorride di entusiasmo al solo pensiero di fare una cosa simile: «Sappiamo che tutta la biologia funziona attraverso la selezione

## UN CAPPUCIO SALVACROMOSOMI

“Per la scoperta di come le estremità dei cromosomi sono protette dai telomeri e per la scoperta dell’enzima telomerasi”. Con questa motivazione, l’istituto Karolinska di Stoccolma ha assegnato nel 2009 il premio Nobel per la medicina e la fisiologia agli scienziati Elizabeth Blackburn, Carol Greider e Jack Szostak. Ma di che cosa stiamo parlando esattamente?

Il percorso che ha portato all’assegnazione del premio comincia negli anni cinquanta, con la descrizione dei meccanismi di replicazione del DNA. Ben presto, si scoprì che l’enzima coinvolto, la DNA polimerasi, non riusciva a copiare in modo efficace l’estremità di uno dei filamenti della doppia elica. In teoria, questo dovrebbe far sì che, a ogni giro di replicazione, i cromosomi si accorcino. Cosa che ovviamente non avviene, per cui si dedusse che doveva esserci “qualcosa” a proteggerne le estremità. Nel 1980, studiando l’organismo unicellulare *Tetrahymena*, Elizabeth Blackburn si accorse che le estremità dei suoi cromosomi presentavano una particolare sequenza (CCCCAA) ripetuta più volte. Intanto, Szostak stava cercando di inserire minicromosomi artificiali in cellule di lievito. L’esperimento, però, continuava a fallire perché i minicromosomi venivano subito degradati. Quando Blackburn gli raccontò delle sue sequenze ripetute – chiamate telomeri – Szostak decise di provare a legarle ai propri minicromosomi. Bingo! Una volta introdotti in lievito, i minicromosomi con i telomeri non venivano più degradati. In seguito, sequenze analoghe vennero identificate nella maggior parte di piante

e animali e infine Blackburn e Greider scoprirono l’enzima responsabile della loro formazione, che chiamarono telomerasi. La scoperta non è importante solo per la biologia cellulare di base: telomeri e telomerasi sono infatti coinvolti nel processo di invecchiamento cellulare (quando i telomeri si accorciano le cellule cominciano a invecchiare) e in numerose patologie, tra cui il cancro. Molte cellule tumorali, infatti, presentano un aumento rispetto al normale dell’attività della telomerasi, che potrebbe rendere conto del fatto che possono replicarsi apparentemente all’infinito.



### IN RETE!

**Scienziati da premio** Pagina web del portale sui premi Nobel dedicata a Elizabeth Blackburn, Carol Greider e Jack Szostak.

[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2009/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2009/index.html)

**Origini** Sito didattico sulle origini della vita, con illustrazioni e animazioni prodotte nell’ambito di un progetto multimediale del Museum of Science di Boston.

<http://exploringorigins.org>

darwiniana. Una volta messa a punto una cellula artificiale in grado di evolvere, potremo cercare di capire come sono andate le cose – dal punto di vista evolutivo – proprio all’origine della vita». Tanto entusiasmo è giustificato non solo dalle prospettive, ma anche da un precedente, che ci permette di volgere gli occhi alla ricca carriera di questo protagonista assoluto della biologia molecolare.

### Un filo rosso per una mente irrequieta

Il precedente riguarda i ribozimi, molecole di RNA capaci di catalizzare reazioni chimiche, proprio come fanno gli enzimi. Nei primi anni ottanta, la scoperta di questa proprietà suscitò grandissimo interesse perché rappresentava un ottimo argomento a favore dell’ipotesi del *mondo a RNA*, secondo la quale il primo acido nucleico della storia della vita sarebbe stato l’RNA e non il DNA. «Per un po’ mi sono occupato di ribozimi naturali, cercando di farli replicare», ricorda Szostak. «Non ci sono mai riuscito. Così, con il mio gruppo di ricerca di allora, abbiamo messo a punto una particolare tecnologia di selezione in vitro, che ci permetteva di far evolvere artificialmente i ribozimi. E finalmente abbiamo ottenuto molecole in grado di autoreplicarsi».

Il lavoro sui ribozimi veniva subito dopo quello sui telomeri, che rimaneva comunque un settore di indagine straordinariamente promettente.

«Avrei potuto continuare a interessarmi di estremità dei cromosomi, ma appena ho sentito parlare di ribozimi non ho resistito alla tentazione di trasferire l’attività del laboratorio. È una mia caratteristica: preferisco concentrarmi su più temi». In realtà, non si tratta mai di temi scelti “a caso”: c’è un costante filo rosso che lega tutta l’attività scientifica di Szostak, dalla biologia cellulare alla chimica all’ingegneria genetica. Oggi la disciplina che unisce tutti questi settori, con l’obiettivo di creare vita artificiale, ha un nome: biologia sintetica. «L’aspetto interessante è che questa creazione non è solo un fine, ma anche un mezzo, per capire meglio come funzionano i viventi», conclude Szostak. In breve: «To build new things to test ideas». ➔

*Ringrazio la Fondazione Giovanni Armenise-Harvard e l’Unione giornalisti scientifici italiani (UGIS) per avermi dato l’opportunità di incontrare Jack Szostak a Boston.*

# MOLTO PIÙ DI UN GIOCO

Non solo divertire, ma anche trasmettere informazioni, stimolare riflessioni, sensibilizzare, sviluppare capacità cognitive, facilitare l'apprendimento. Ecco le tante funzioni dei videogiochi che potrebbero trasformarli in strumenti di punta di un nuovo approccio didattico.

■ ■ ■ ■ ■  
TIZIANA MORICONI



🕒 Un'immagine del videogioco *The Great Flu*. Obiettivo del gioco: arrestare la diffusione di un virus influenzale

(dalla fusione delle parole *educational* e *information* con *entertainment*); sono cioè intrattenimenti con uno scopo educativo, nel senso lato del termine. La veste può essere quella di una simulazione interattiva o di un classico videogioco, solo che gli argomenti di cui trattano, gli obiettivi finali e gli ostacoli da superare sono studiati *ad hoc*. Per esempio per sviluppare le capacità organizzative e di risoluzione di problemi, o per imparare a lavorare in gruppo (tanto che da qualche anno a questa parte se ne sente parlare parecchio soprattutto nell'ambito dei corsi di formazione delle aziende), oppure per diffondere messaggi, soprattutto di sensibilizzazione. Un caso tipico in questo senso è quello di *Pamoja Mtaani* (<http://hivfreegeneration.warnerbros.com>) della Warner Bros, un videogioco multiplayer sui comportamenti a rischio per la trasmissione dell'HIV, che lo scorso giugno ha vinto il primo premio della Global Business Coalition contro HIV/AIDS, tubercolosi e malaria. *Pamoja Mtaani* non si limita a simulare situazioni, ma è un vero e proprio videogame, il cui obiettivo è diffondere in Africa alcune sane abitudini, come l'uso del preservativo, il ricorso al counseling e ai test per la sieropositività; presto sarà distribuito in Kenya (in seno al progetto pilota *HIV free*), in particolare nelle scuole, nei centri di aggregazione giovanile e negli Internet café. Un'altra produzione per alcuni versi simile è *Darfur is Dying* ([www.darfurisdying.com](http://www.darfurisdying.com)), sul conflitto

«**S**ei il comandante di una nave pirata somala assoldato con 50 000 dollari dai leader delle popolazioni locali. Il tuo compito è scegliere quali navi attaccare nel Golfo di Aden (cargo che trasportano sostanze chimiche, pescherecci ecc.), catturarle e negoziare il riscatto». È la presentazione di *Cutthroat Capitalism*, un videogame gratuito, da giocare direttamente online. Lo ha pubblicato lo scorso luglio la rivista statunitense "Wired". Scopo: divertire e intrattenere il pubblico – ovvio – ma anche aiutarlo a comprendere il particolare modello di business dei pirati analizzato dall'ICC International Maritime Bureau, una divisione anticrimine della Camera di commercio internazionale, e raccontato in un articolo linkato subito sotto il gioco. *Cutthroat Capitalism* è quello che viene definito un *serious game*, un videogioco sviluppato con il chiaro intento di veicolare

informazioni o di stimolare riflessioni. Dai conflitti nella Striscia di Gaza agli interessi che girano intorno al petrolio, alla politica statunitense, al capitalismo, all'immigrazione, cercando nel Web se ne trovano di centrati su diversi temi, la stragrande maggioranza in lingua inglese. Portano la firma di piccole aziende o di case indipendenti o, ancora, vengono realizzati da istituti di ricerca e università. Molti si giocano online e sono gratuiti, o perché sono creati con lo scopo di raggiungere il maggior numero possibile di persone, oppure (e anche) perché il loro mercato è ancora praticamente inesistente, non soltanto in Italia.

### Tra educazione e divertimento

Con l'espressione *serious game* si possono intendere videogiochi anche molto diversi tra loro, sia per finalità, sia per tipologia; possono essere definiti una forma di *edu-tainment* e di *info-tainment*



## GIOCARE PER ORIENTARSI

Non solo diffusione della cultura scientifica, ma anche orientamento. Il Politecnico di Milano sta sperimentando un progetto di introduzione al mondo dell'università. Il gioco si chiama University Explorer ([www.universityexplorer.polimi.it](http://www.universityexplorer.polimi.it)) e la prima versione, uscita a marzo del 2008, è stata visitata da centinaia di studenti. Si tratta di una sorta di *Cluedo* (un noto gioco da tavolo che ricrea l'atmosfera dei classici gialli) ambientato nella sede del Politecnico in cui, per risolvere il caso, bisogna utilizzare le informazioni del sito, per esempio su come funziona l'ordinamento 3+2, o sui servizi per gli studenti. La seconda versione, che dovrebbe uscire a marzo del 2010, si focalizzerà invece sull'offerta formativa, veicolata attraverso un'ambientazione fantascientifica.

attualmente in corso nella regione sudanese. Anche questo gioco è un "primo premio", assegnato nell'ambito di una competizione tra studenti promossa da MtvU, il più grande media-network dedicato agli studenti delle università. E ovviamente sono proprio gli studenti – di qualsiasi età – i naturali destinatari di questo tipo di *edu-tainment*. Non poteva quindi non esistere un filone di serious game espressamente diretto al mondo della scuola e dell'educazione (questa volta in senso stretto), per quanto i titoli rappresentino ancora una frazione infinitesimale del mondo dei videogiochi, soprattutto nel nostro paese. Ne è un esempio *Star4Physics*, il videogioco sulla fisica prodotto dall'Agenzia spaziale italiana (Asi), di cui "Linx Magazine" ha parlato nel suo primo numero.

### Non solo serious

Prima di addentrarci nel mondo della didattica, però, vale la pena soffermarsi su un altro aspetto dei videogiochi. Non è ancora unanimemente riconosciuto, ma è da più di venti anni che si parla del potenziale valore per lo sviluppo di capacità cognitive dei videogame in generale. Nel 2006 lo scrittore e giornalista Stephen Johnson (<http://stevenberlinjohnson.com>) ha dedicato all'argomento un'ampia parte del suo libro cult *Tutto quello che fa male ti fa bene*, e c'è chi sostiene che, in un certo senso, i classici videogiochi di intelligenza (non gli "sparatutto", per intenderci), come *Monkey Island* della LucasArts o *Sid Meier's Civilization* della MicroProse, siano più adatti a favorire l'apprendimento dei giochi creati appositamente a questo scopo. Tra questi vi è Pier Cesare Rivoltella,

riferimento in Italia per chi si occupa del tema, docente di didattica all'Università Cattolica di Milano e direttore del Cremit (Centro di ricerca sull'educazione ai media, all'informazione e alla tecnologia): «Ci sono un'infinità di studi nell'ambito delle neuroscienze sulla relazione tra videogiochi e sviluppo di particolari capacità cognitive. In particolare, quelle legate al *decision making*, perché i videogame costringono a prendere decisioni in un breve arco di tempo, e al *multitasking*, cioè al saper gestire più processi contemporaneamente. In più, il meccanismo con cui si procede nei videogame abitua i ragazzi a operare "per algoritmi", ovvero a ordinare sequenze di operazioni per raggiungere un obiettivo». Secondo Rivoltella, questo favorirebbe la comprensione delle relazioni causali e temporali, e svilupperebbe una capacità di tipo inferenziale, perché il videogioco dà una serie di informazioni, ma lascia sempre aperta la conclusione. «Negli Stati Uniti alcuni giochi, per esempio *Active Worlds* (un sorta di precursore di *Second Life*, in cui si ha uno spazio virtuale per costruirsi il proprio mondo, NdR) vengono già usati da molto tempo dalle scuole», continua il ricercatore. «In Europa si comincia a parlare oggi di videogame per la didattica. Sparsi per l'Italia ci sono molti docenti sperimentatori e, nel caso delle scuole superiori, esistono diversi giochi di simulazioni a supporto delle attività scientifiche. Credo, però, che siano più interessanti i videogame nati per il puro intrattenimento, perché qualsiasi cosa assegnata per compito automaticamente non è più un gioco. È come quando si tenta di fare il blog di classe: nella maggior parte dei casi

l'esperimento fallisce perché viene meno la componente spontanea e ludica del tenere un blog. Allo stesso modo, ritengo che il valore del videogioco sia più nella sua funzione di stimolo delle capacità cognitive che in quella di veicolo di informazioni».

### Compito per casa: supera il primo livello

Sul fronte dei videogiochi più propriamente didattici, alcune iniziative interessanti sono da segnalare anche nel nostro paese. Questione di pochi mesi e potremmo vedere le console entrare ufficialmente nelle scuole, a supporto della didattica tradizionale. Nelle prossime settimane, infatti, il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca firmerà un protocollo di intesa con l'Associazione editori software videoludico italiana (AESVI) per introdurre i videogiochi nell'insegnamento. Si tratta di un progetto sperimentale che prevede di utilizzare alcuni videogiochi già esistenti; anche serious, ma principalmente classici videogame. Tutto parte da uno studio dello *European Schoolnet* (un network che rappresenta 31 ministeri dell'educazione europei), presentato lo scorso maggio a Strasburgo. Si chiama *Games in school* (<http://games.eun.org>) ed è il risultato di un anno di indagini svolte in Austria, Danimarca, Francia, Italia, Lituania, Paesi Bassi, Spagna e Regno Unito, con interviste a più di 500 insegnanti, revisioni delle più importanti ricerche su videogame e formazione, e analisi di casi studio. Il dato generale raccolto è che ben il 70% dei docenti già utilizza i videogiochi, indipendentemente



## LA PAROLA AL DOCENTE

«Lavoro da alcuni anni con *MathOnLine* e la mia esperienza è stata veramente entusiasmante. Ha diversi grandi meriti: presentare la matematica in modo allegro e divertente; renderla meno astratta, applicandola alla vita quotidiana; andare oltre i programmi scolastici previsti dal Ministero; appassionare i ragazzi. Tra gli studenti delle varie classi virtuali si instaura un rapporto molto stretto di collaborazione che spesso si trasforma in amicizia; tanto che, prima ancora dell'esistenza di Facebook, i ragazzi già utilizzavano la piattaforma di *MathOnLine* come un importante punto di "ritrovo virtuale". Lo stesso legame spesso si stabilisce tra l'insegnante e gli studenti. Inoltre, trattandosi di una sfida, coinvolge e stimola gli studenti a fare il possibile per battere le classi "nemiche". Risultato: imparano di più che non studiando soltanto sul libro».

*Maristella Galeazzi, liceo scientifico Enrico Fermi di Cantù.*

dall'età, dal genere, dall'esperienza progressiva, dalla materia insegnata e dalla classe. Il numero più alto di esperienze riguarda l'insegnamento delle lingue, ma i videogame vengono molto utilizzati anche per la matematica, le scienze, la letteratura, la storia e la geografia. Per la maggior parte dei maestri e dei professori intervistati si tratta di strumenti che possono non solo motivare gli studenti nell'apprendimento, ma anche contribuire al raggiungimento di obiettivi educativi, promuovere valori positivi e migliorare le competenze sociali e intellettuali.

Ovviamente introdurre i videogiochi nell'insegnamento non è banale: tra gli ostacoli principali ci sono la disponibilità di strumentazione informatica e l'integrazione di questi mezzi nei curricula scolastici. «Lo studio suggerisce che i videogiochi possono essere strumenti efficaci da affiancare ai mezzi di insegnamento tradizionali come i libri, in accordo con le preferenze individuali degli insegnanti», ha precisato Thalita Malagò, segretario generale dell'AESVI. «I nativi digitali si stanno sempre più allontanando dalla scuola e nuovi studi mettono in discussione i metodi dell'insegnamento tradizionale. Per questo, sulla base dello studio, è stato redatto anche una sorta di manuale di istruzione su come utilizzare i videogiochi con gli studenti. Si può scaricare dal sito [games.eun.org](http://games.eun.org) in inglese e in francese (dove è possibile scaricare anche la ricerca, NdR) e da novembre è disponibile la versione italiana sul sito dell'AESVI».

Il protocollo d'intesa è in linea con il piano del nostro ministero per la scuola digitale e ricorda molto quello che è già stato fatto nelle aule dell'Università Cattolica

Sacro Cuore, a Roma. Qui, per verificare che le nozioni di macro e microeconomia e di gestione dei servizi risorse siano state davvero comprese dagli studenti si usa già da tre anni una versione speciale di *SimCity*, il grande classico della Electronic Arts che ha aperto la strada al filone dei giochi così detti "gestionali". In *SimCity* il giocatore è il sindaco di una città che deve essere creata da zero; lo scopo è veder crescere la propria "creatura" e cercare di soddisfare le esigenze dei cittadini, facendo funzionare la città nel miglior modo possibile.

### L'effetto "collaterale" del divertimento

Il gioco rilassa, e rilassandosi si impara di più: ben vengano quindi i giochi che implementano le capacità cognitive, quelli accidentalmente educativi, come *Spore* (il gioco sull'evoluzione eletto dalla rivista "Time" come una delle migliori 50 invenzioni del 2008), ma anche quelli creati proprio per la didattica e basati sulla "teoria" del Game Based Learning (GBL). In pratica, per dirla con Mark Prensky, uno degli esponenti del movimento GBL, «non c'è ragione per cui una generazione che può memorizzare oltre cento Pokemon, ciascuno con le sue caratteristiche, storia ed evoluzione, non possa ricordare nomi, popolazioni, capitali e relazioni di 101 nazioni del mondo» [1]. La pensa così Alberto Colorni, responsabile dei progetti di e-learning del Centro Metid del Politecnico di Milano, che da diversi anni è impegnato nella realizzazione di videogiochi per tutte le classi. Tra questi vi è il noto *MathOnLine* (la cui prima versione "A" è del 2002). Missione del gioco: mostrare agli studenti che la matematica non è solo la



### IN RETE!

**Il Personaggio** Sito web di Ian Bogost, docente di *digital media* al Georgia Institute of Technology, dove si occupa di ricerca sui videogiochi, e videogame designer. [www.bogost.com](http://www.bogost.com)

**La conferenza** Ricco sito web che raccoglie i materiali della Game Based Learning Conference 2009, uno dei principali eventi dedicati al ruolo dei giochi nell'apprendimento, tenutasi nel marzo 2009 a Londra. [www.gamebasedlearning2009.com](http://www.gamebasedlearning2009.com)



### RISORSE

1. M. Prensky, *Digital Natives, Digital Immigrants*, in *On the Horizon*, MCB University Press, Vol. 9, n.5, 2001.

risoluzione di equazioni di secondo grado, ma è molto più complessa. E anche più divertente. La filosofia ricorda quella della serie televisiva *Numb3rs*: i giocatori devono usare la matematica per risolvere i problemi della vita quotidiana, dal calcolare gli interessi per l'acquisto di un motorino alla datazione di un fossile. La versione "C" del gioco è per i "primi della classe": viene svolta direttamente online, con tutor che gestiscono classi virtuali formate da alunni di scuole diverse. Sulla stessa linea anche il gioco MxMxM (Matematica per la Mobilità a Milano), in cui i ragazzi sono chiamati a risolvere cinque diversi problemi reali: l'orario di carico e scarico merci, una linea da potenziare, il trasporto degli studenti e la tassa Ecopass. Sono previsti anche interventi *live* per spiegare la matematica che si nasconde dietro le scelte delle



Due "scene" di *Dimension M*, gioco in cui bisogna mettere in campo le proprie competenze matematiche, pensato per studenti di scuola primaria e secondaria.

amministrazioni e la complessità di queste tematiche.

Tra i videogiochi matematici è sicuramente da citare anche *Dimension M* della Tabula Digita, azienda statunitense produttrice di *educational game*, anche perché è stato lanciato da pochi mesi l'ultimo della serie, sviluppato in collaborazione con l'editore *education Pearson*. Tre i punti forti del nuovo prodotto: la grafica, dello stesso livello dei migliori videogiochi sul mercato, le sceneggiature coinvolgenti (vere e proprie storie che prevedono un passato del proprio avatar, con complesse missioni da compiere) e, ovviamente, i contenuti matematici, divisi per tipo di matematica e obiettivi dell'insegnante. Il gioco è disponibile solo in inglese e a pagamento, ma sul sito ([www.dimensionm.com](http://www.dimensionm.com)) si possono scaricare tre versioni demo.

### Conti a parte

Se la matematica si presta al gioco, non è da meno la biologia. Tanto per stare sull'attualità, è da poco uscito *The Great Flu*, frutto della collaborazione tra l'Erasmus MC University Medical Center di Rotterdam (Paesi Bassi) e una delle maggiori aziende olandesi che producono giochi educativi, la Ranj Serious Games. Il videogioco è pensato per gli studenti degli ultimi anni di scuola superiore, che dovranno cercare di arrestare un virus influenzale potenzialmente pandemico tenendo conto dei tempi per lo sviluppo di un vaccino, dei costi, dell'informazione al pubblico e di altre variabili, mentre il tempo è scandito dall'allargarsi dell'area di diffusione del virus su scala regionale e mondiale. A Santiago del Cile, l'Universidad Santo Tomas ha

ricevuto oltre 400 000 dollari dalla National Commission for Scientific and Technological Research per sviluppare entro il prossimo anno un videogioco sulla biologia molecolare. Si chiamerà *Kokori* ("gioco collettivo" nella lingua indigena Rapanui) e sarà rivolto agli studenti di scuole superiori che avranno a che fare con batteri e antibiotici, virus e vaccini. Passando alle scienze dure, basta andare sul sito dedicato ai premi Nobel ([www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org)) per trovare diversi giochi divertenti. Le materie sono, ovviamente, quelle dei Nobel, dalla fisica di *Laser Challenge* ("la sfida del laser") alla chimica di *Steal Alloys* ("leghe d'acciaio"). Si tratta, in realtà, più di interazioni multimediali evolute che di veri e propri videogame: sono cioè un po' più semplici dal punto di vista del software, ma si tratta sempre di *edu-tainment*, simili a quelli che si possono trovare sui vari siti dei grandi science museum statunitensi o sul sito della Nasa. Dove, per esempio, ci si può mettere nei panni di un astronauta alle prese con un guasto alla Stazione spaziale internazionale (*Station Spacewalk Game*, [www.nasa.gov/multimedia/3d\\_resources/station\\_spacewalk\\_game.html](http://www.nasa.gov/multimedia/3d_resources/station_spacewalk_game.html)). Più complessi sono i giochi che si scaricano dal sito della Pixel (<http://learninggame.pixel-online.org>), azienda italiana con sede a Firenze che sta coordinando il progetto *Learning Game* del Comenius (un programma dell'agenzia Socrates Erasmus che promuove la mobilità e gli scambi di allievi e dei docenti nei vari Stati membri), il cui obiettivo è dotare gli insegnanti della scuola superiore delle competenze per utilizzare i video giochi per scopi didattici. Un esempio di questi giochi è *The Galileo*

*Trial*, in cui il giocatore, nelle vesti di uno scienziato, deve cercare le prove della legge di Newton a sostegno della teoria di Galileo. Il tutto in inglese.

### Da un semplice gioco a una realtà complessa

Se poi si ha voglia di qualcosa che faccia riflettere anche su temi etici ci sono i giochi di Molle Industria ([www.molleindustria.org](http://www.molleindustria.org)), unica voce nel panorama italiano che cerca di utilizzare i videogame non solo per lanciare un messaggio, ma anche per creare un dibattito. Il tono è provocatorio, ma chiarisce bene l'idea di fondo che sta muovendo questo mondo: quella secondo la quale i videogiochi hanno un immenso potenziale espressivo e comunicativo ancora da scoprire e sono un nuovo terreno di scontro culturale, politico e sociale. In *Oligarchy*, per esempio, il giocatore è l'amministratore delegato di una multinazionale del petrolio che deve fare profitto con ogni mezzo a disposizione: dopo aver trovato il giacimento, dovrà fare i conti con la diminuzione del petrolio di facile estrazione man mano che il pozzo viene sfruttato, controllare che la produzione non sia mai inferiore alla domanda – rischio il licenziamento da parte degli azionisti – gestire il budget considerando i soldi da investire nelle campagne elettorali, le donazioni per non perdere di popolarità, i barili venduti in relazione alle oscillazioni del prezzo del greggio, le nuove leggi e il PIL della popolazione. Dovrà poi vincere la resistenza delle comunità locali e cavarsela in scenari politici complicati come quelli in Iraq e in Alaska. Lo scopo, ovviamente, non è solo quello di divertirsi finché dura il petrolio. ➔

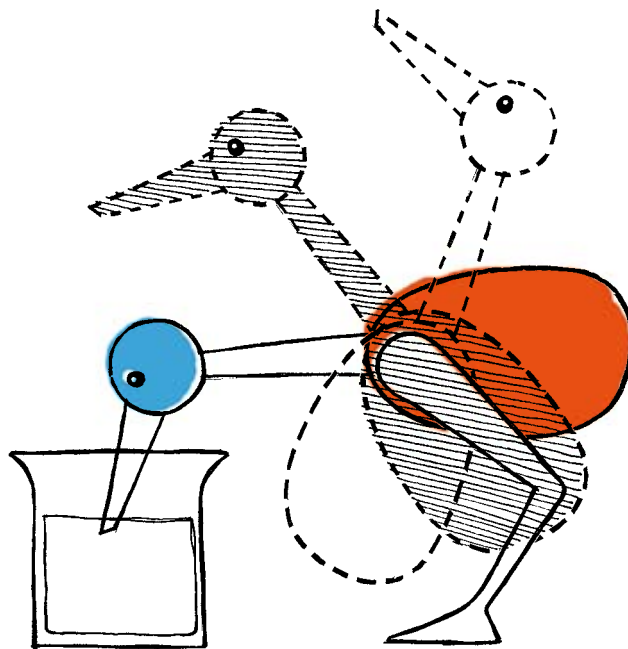


### TIZIANA MORICONI

giornalista, scrive di tecnologia per "L'Espresso", "Nova" e "Wired Italia". Cura inoltre la sezione news del magazine online "Galileo", giornale di scienza e problemi globali.

# INSEGNARE FISICA CON I GIOCHI

Bazooka ad aria, papero bevitore, diavoletto di Cartesio: un formatore del Dipartimento della formazione e dell'apprendimento di Locarno spiega come utilizzare in classe questi semplici "strumenti" per una stimolante strategia didattica.



■ ■ ■ ■ ■  
GIORGIO  
HÄUSERMANN

**N**el testo che accompagnava una serie di conferenze tenute negli anni novanta sul tema dell'apprendimento della fisica con i giocattoli scrivevo: «L'introduzione di attività comprendenti i giocattoli nella didattica permette agli studenti di costruire attivamente, con esempi concreti, il proprio sapere nell'ambito della fisica. I giocattoli sono oggetti del mondo reale che stimolano l'interesse e l'emotività.

Le esperienze semplici e i giocattoli permettono a tutti gli studenti di compiere il primo semplice passo verso lo sviluppo della curiosità per il sapere scientifico. Compito degli insegnanti è coltivare nel modo migliore la piccola fiamma che nasce dall'incontro tra gioco e scienza».

A più di dieci anni di distanza osservo che quell'aspetto didattico innovativo è stato sviluppato in larga scala in tutto il mondo. In un recente convegno a Barcellona ho potuto constatare che attività con i giocattoli e semplici esperienze sono proposte un po' ovunque, da Puerto Rico a Città del Messico, senza dimenticare la loro origine anglosassone. Siti web in cui sono presentate esperienze da svolgere a casa e in classe con giochi e materiali poveri sono ormai molto diffusi e sono in genere collegati – anche in Italia – a science centre, trasmissioni televisive, centri di ricerca didattica, istituti scolastici e cataloghi di materiali didattici.

Il panorama è però molto meno sviluppato se si considerano i singoli insegnanti, a causa

dell'inerzia dovuta al tipo di formazione iniziale (e continua), ai (limitati) mezzi a disposizione, ai programmi, alle abitudini e ad altri fattori specifici dei vari ordini e gradi scolastici.

Eppure, qualcosa si sta muovendo, soprattutto ai livelli scolastici più bassi, dove si registra una forte richiesta di sperimentare e di poter accedere a schede, percorsi e materiali adatti, facilmente reperibili. Ai livelli superiori, invece, vi è spesso diffidenza e la preoccupazione di non poter raggiungere con questi percorsi alternativi gli obiettivi richiesti dai programmi. Oppure quella di trovarsi ad affrontare, utilizzando oggetti del mondo reale, fenomeni più complessi di quelli analizzabili singolarmente in laboratorio. In questo articolo presenterò alcuni gruppi di giocattoli che permettono di affrontare da diverse angolazioni specifici temi di fisica, offrendo un nuovo modo di osservare i fenomeni, riflettere su teorie e modelli e proporre verifiche e nuove esperienze in un continuo vai e vieni tra pensiero e azione.

## Gravità e traiettorie

Alla domanda: "Quale tra due oggetti di massa diversa e forma analoga arriva al suolo prima, se lasciati cadere dalla stessa altezza?", la maggior parte dei presenti, a qualsiasi età, risponde che arriva prima quello più pesante. La gravità sembra avere qualcosa di "magico": due palline uguali, una lasciata cadere e una lanciata orizzontalmente nello stesso istante e dalla stessa altezza, arrivano





◀ A sinistra: dimostrazione con lo String Launcher alla notte bianca di Locarno (maggio 2009). In alto: razzo ad aria, Airzooka e X-Launcher, giochi utili per l'apprendimento della fisica.

SONIA RUBIO PEREZ

al suolo contemporaneamente. Tutti gli oggetti che vengono lanciati iniziano a cadere non appena è terminata l'azione che ha prodotto il lancio. Per osservare questi fenomeni, e anche per identificare diverse forme di spinta, possiamo utilizzare vari giocattoli.

### Proiettili e lanci obliqui

Ecco alcuni esempi riguardanti il lancio obliquo: con un razzo ad aria si mostra che un proiettile dotato di alette non si muove in linea retta perché cade e percorre quindi una parabola; tuttavia, le sue alette gli permettono di rimanere sul piano determinato dalla velocità di partenza. Un proiettile senza alette rischia invece di non mantenere la sua traiettoria sul piano di partenza, perché basta una piccola variazione iniziale e la direzione può cambiare in modo importante. Come fare per mantenerlo nella direzione voluta? Basta dargli una rotazione: in questo modo occorre una perturbazione di un certo effetto per cambiare la direzione dell'asse di rotazione. È così che si muovono i proiettili delle carabine, dei cannoni e quelli dello *X-Zylo Launcher*. Quest'ultimo funziona secondo il principio della fionda ed è costituito da un'asta nella quale è infilata una base di lancio collegata a elastici. Sulla base si mettono i proiettili, che sono sottili anelli di carta con un rinforzo di plastica per mantenere la forma. Tirando verso di sé la base e torcendo allo stesso tempo gli elastici, si imprime al proiettile sia una

traslazione sia una rotazione attorno al proprio asse il cui risultato è una traiettoria che rimane sul piano di partenza.

### Corde volanti

Proiettili, palline, ma che cos'altro si può lanciare? Per esempio una corda o dell'aria! Lo *String Launcher* è un giocattolo che lancia una corda per mezzo di due pulegge, imponendole una traiettoria parabolica che raggiunge un'altezza dipendente dalla posizione delle pulegge rispetto all'estremo inferiore della corda stessa. Se la corda non ha appoggio ricade subito in basso, se l'appoggio è all'altezza delle pulegge può risalire fino al massimo consentito dalla sua lunghezza.

### Un pacco d'aria in linea retta

L'*Airzooka*, contrazione di air bazooka, lancia invece una massa d'aria verso l'obiettivo su cui è puntato, facendo volare per esempio bicchieri di carta oppure i capelli di chi si trova sulla traiettoria. Quando con i miei colleghi abbiamo iniziato a utilizzarlo ci siamo chiesti se lanciasse effettivamente un pacco d'aria o se trasmettesse piuttosto un'onda di pressione, ovvero una vibrazione dell'aria che si sposta come una vibrazione sonora. Osservando che il tempo tra lo scatto e l'effetto a distanza era troppo grande perché fosse dovuto a una vibrazione sonora – che si muove a 330-340 m/s – abbiamo convenuto che si trattava di un pacco d'aria. Ma di che forma?

# NOVITÀ 2010



## BIOLOGIA E SCIENZE DELLA TERRA



Campbell, Reece,  
Taylor, Simon, Dickey  
**IL NUOVO IMMAGINI  
DELLA BIOLOGIA**



Anelli, Gatti  
**VITA**  
Lezioni di biologia



Campbell, Reece,  
Taylor, Simon, Dickey  
**IL NUOVO IMMAGINI  
DELLA BIOLOGIA**  
Primo biennio



Calvino  
**TERRA**  
Lezioni di scienze  
della Terra



Miller, Levine  
**BIOLOGIA**  
Lezioni di vita



Anelli, Calvino, Gatti  
**TERRA E VITA**  
Lezioni di biologia  
e scienze  
della Terra



Tarbuck, Lutgens  
**SCIENZE DELLA TERRA**  
Voi siete qui



Miller, Levine  
**BIOLOGIA. Edizione  
modulare**  
- L'evoluzione  
e la biodiversità.  
L'ecologia  
- Le basi della vita.  
La genetica  
- Il corpo umano



Tarbuck, Lutgens  
**SCIENZE DELLA  
TERRA. Edizione  
modulare**  
- La Terra nell'Universo  
- L'atmosfera  
e l'idrosfera  
- Un pianeta dinamico

## FISICA



Walker  
**CORSO DI FISICA**



Frank, Wysession,  
Yancopoulos  
**FISICA**  
Concetti in azione



Palladino Bosia  
**LEZIONI DI FISICA**



Parodi, Ostili  
**FISICA. Edizione  
modulare**  
- Misure e statica  
- Cinematica  
e dinamica  
- Energia termica  
ed elettricità  
- Onde ed elettro-  
magnetismo



Parodi, Ostili  
**FISICA**  
Una scienza modello.  
Edizione verde

# dal catalogo

## CHIMICA



Frank, Wysession,  
Yancopoulos  
**CHIMICA**  
Concetti in azione



Palladino Bosia  
**LEZIONI DI CHIMICA**



Cracolice, Peters  
**CHIMICA. Edizione modulare**  
-Struttura e trasformazione della materia  
-Atomi, legami e molecole  
-Reazioni: velocità ed equilibrio  
-La chimica del carbonio

## CHIMICA E FISICA



Frank, Wysession,  
Yancopoulos  
**CHIMICA E FISICA**  
Concetti in azione



Palladino Bosia  
**CORSO INTEGRATO DI CHIMICA E FISICA**  
La materia e le sue proprietà



Timberlake  
**CORSO DI CHIMICA**

Cracolice, Peters  
**CHIMICA**  
Tutto si trasforma

Tarback, Lutgens  
**CORSO DI GEOGRAFIA GENERALE**

Anelli, Gatti  
**IL NUOVO ALBATROS**  
Lezioni di vita

Calvino  
**IL NUOVO EXPLORER**

Parodi, Ostili  
**FISICA**  
Una scienza modello





## NON SOLO PER I PICCOLI

A seconda dei livelli, dei programmi e degli obiettivi che si vogliono raggiungere, i docenti possono completare le proposte ludiche con l'apparato didattico che ritengono opportuno: leggi fisiche, definizioni, esercizi o, meglio ancora, collegamenti con fenomeni naturali e questioni ambientali.

Certo, passare da un'attività didattica con i giocattoli a una lezione cattedratica in cui si prende il libro di testo e si elencano formule e definizioni è come passare da un calice di champagne a un bicchiere di gazzosa. Va detto però che i giochi si prestano molto bene all'utilizzo di nuove tecnologie e a strategie didattiche innovative, che li rendono adatti anche agli ordini scolastici più alti. Una quindicina di anni fa avevo utilizzato una videocamera e un videoregistratore per riprendere e ritrasmettere fotogramma per fotogramma la caduta libera e il moto di un proiettile, registrando la posizione su un foglio trasparente posto sulla tv. Oggi vi sono numerosi programmi che analizzano le immagini dei giocattoli in movimento, permettendo di ottenere dati relativi a posizione, velocità e accelerazione. Uno dei più completi è *Coach6*, sviluppato all'AMSTEL Institute dell'Università di Amsterdam, che consente di estrarre modelli matematici da dati sperimentali. Sensori di posizione, di temperatura e di pressione possono essere utilizzati con i giocattoli per esaminarne in dettaglio il movimento o misurare altre grandezze fisiche. In questo modo il passaggio dal qualitativo al quantitativo diventa quasi un'esigenza fisiologica. Ma se si muove, come si muove? Ma se si scalda, di quanto si scalda?

I giocattoli si prestano benissimo anche a organizzare percorsi di esperienze in cui l'allievo sperimenta, riflette, discute con i compagni, affrontando da diversi punti di vista una serie di fenomeni che compongono il quadro concettuale relativo a un certo argomento. In questo caso si chiede all'insegnante di sviluppare la sua creatività costruendo attività collegate tra loro da schede, domande ed esperienze che l'allievo dovrà percorrere e completare per appropriarsi dell'argomento oggetto di studio. E perché non concludere il lavoro con i giocattoli con una presentazione che metta in evidenza le capacità artistiche, informatiche o linguistiche dello studente? I giochi e i fenomeni fisici correlati possono essere descritti su carta o a livello multimediale dall'insieme di formule, immagini, descrizioni, grafici e disegni di chi li ha studiati.



### IN RETE!

#### Giocattoli ed esperienze

Pagina web del Dipartimento della formazione e dell'apprendimento di Locarno, con spiegazioni dettagliate (e video) sull'utilizzo di giochi comuni per la didattica.

[www.aspti.ch/giocafisica/index.html](http://www.aspti.ch/giocafisica/index.html)

#### Cataloghi online

Siti da cui è possibile acquistare giocattoli scientifici.

[www.stevespanglerscience.com](http://www.stevespanglerscience.com)

[www.teachersource.com](http://www.teachersource.com)

[www.xump.com](http://www.xump.com)

<http://sciencekit.com>

[www.hawkin.com](http://www.hawkin.com)

Con l'aiuto di fumo, prodotto con una macchina per creare l'effetto nebbia nelle discoteche, abbiamo verificato che si tratta di bellissimi anelli che si muovono in linea retta.

### Aria e pressione

Un tema che può essere affrontato dalle scuole dell'infanzia fino alle superiori è quello della presenza dell'aria e della pressione atmosferica. Il percorso in questo caso inizia considerando che vuoto e assenza di materia visibile sono cose molto differenti, anche se spesso sono confuse. Il *Vortice* è un particolare tappo con due filettature e un foro passante che permette di costruire una specie di clessidra con due bottiglie di plastica. È possibile acquistarlo a pochi euro, oppure costruirlo forando i tappi di due bottiglie e incollandoli insieme. Ed ecco l'esperimento: si riempie d'acqua una bottiglia e la si collega tramite il vortice all'altra (vuota). Capovolgendole, si osserva che l'acqua presente ora nella bottiglia superiore non scende in quella inferiore, se non a fatica, a causa della presenza dell'aria in quella sottostante. Se però s'imprime alla bottiglia superiore una rotazione che faccia perno sulla base di quella inferiore, si crea una rotazione dell'acqua con velocità decrescente dall'esterno, a contatto con le pareti della bottiglia, verso l'interno e questa differenza di velocità crea un vortice attraverso cui l'aria della bottiglia inferiore può passare in quella superiore. Il tornado così creato permette alla bottiglia superiore di vuotarsi molto velocemente.

### La fontana di Erone

Un fenomeno analogo si verifica anche nella *Fontana di Erone* (inventata – nei suoi principi e ovviamente con materiali differenti – da Erone di Alessandria nel primo secolo d.C.). Anch'essa è costituita da due bottiglie collegate da un tappo con due filettature che però, a differenza del vortice, presenta tra le parti filettate due fori affiancati nei quali si inseriscono due cannucce, una rivolta verso la bottiglia inferiore e l'altra verso quella superiore. La prima permette all'acqua di scendere e la seconda all'aria di salire. Osservando bene la cannucchia superiore si nota che dalla sommità zampilla dell'acqua! Come mai? Da dove proviene? Il trucco è subito svelato se si svita il tappo e si osserva che nelle parti delle cannucce vicine al tappo stesso vi sono dei buchini attraverso i quali l'aria che sale verso l'alto aspira l'acqua facendola zampillare alla sommità. L'aria compressa dall'acqua che riempie la bottiglia inferiore sale velocemente creando una depressione all'interno della cannucchia che fa aspirare e salire l'acqua. Si tratta, quindi, dell'effetto della pressione.

### Il diavoletto di Cartesio

La pressione è coinvolta anche in uno dei giochi fisici più conosciuti: il diavoletto di Cartesio. Un diavoletto di vetro, ma può essere anche una pipetta di plastica zavorrata con un dado o la cartuccia vuota di una stilografica con due puntine da disegno, viene immerso in una bottiglia piena d'acqua in modo che resti a galla. Si tappa la bottiglia e si esercita una pressione che comprime l'aria rimasta. La pressione si trasmette all'acqua facendone entrare un po' nel diavoletto (o nella pipetta) attraverso la coda che è forata. L'aumento di peso lo fa andare a fondo; rilasciando la bottiglia, cessa l'effetto della pressione e il diavoletto risale. Se si fa concentrare l'attenzione di chi osserva sul diavoletto e non sulla compressione della bottiglia, all'osservatore sembrerà che il diavoletto salga o scenda come se obbedisse al nostro comando.

### Fluidi e termologia

Alcuni oggetti mettono in evidenza due principi fisici ben conosciuti: la dilatazione di un gas quando viene riscaldato e il raffreddamento che si osserva quando un liquido evapora.

Il *Lovemeter* è un oggetto di vetro costituito da due ampolle collegate da un tubo a spirale; come il gioco successivo (il *Papero bevitore*), oltre che nei cataloghi di giochi scientifici si trova anche nei negozi di gadgets e articoli da regali di genere kitsch. L'ampolla inferiore è riempita parzialmente con un liquido colorato. Prendendola in mano, si osserva che il liquido si mette a bollire e passa nella parte superiore. È un gioco che fa molto colpo sugli studenti, anche perché la spiegazione "ludica" dice che la velocità con cui il liquido sale e bolle è in relazione con lo stato di innamoramento di chi lo tiene in mano. Ma qual è la spiegazione scientifica? Semplice: il liquido contenuto nell'ampolla inferiore è un alcool molto volatile i cui vapori si dilatano rapidamente, facendo salire la parte liquida nell'ampolla superiore. Per ottenere un effetto molto più lento, ma che testimonia maggiormente l'effetto del calore delle mani sul vapore, si può prendere una beuta con un tappo forato e un tubo pescante sul fondo dove, invece dell'alcool, è messa un po' d'acqua. Si osserva che, scaldando la beuta con le mani, i vapori dell'acqua fanno salire l'acqua nel tubo pescante, ma molto lentamente.

### Il papero che beve

Il Papero bevitore è simile come struttura al Lovemeter, ma con alcune differenze sostanziali. L'ampolla superiore è a forma di testa di papero con il becco ricoperto di spugna o di altro materiale

che può assorbire del liquido, ed è collegata a quella inferiore da un tubicino rettilineo sul quale sono fissati due supporti che permettono all'intera struttura di oscillare quando è posta sull'apposito sostegno che fa da base. Nella parte inferiore del papero è contenuto lo stesso alcool volatile presente nel Lovemeter. In questo caso il "gioco" inizia bagnando il becco del papero con l'acqua di un bicchiere posto di fronte e mettendo poi il papero in posizione verticale sul suo sostegno. L'evaporazione dell'acqua sul becco lo fa raffreddare e, di conseguenza, si raffreddano anche i vapori di alcool presenti nella testa. La loro contrazione risucchia liquido verso la testa che, a causa della presenza del liquido stesso, inizia a inclinarsi come se il papero volesse "bere" altra acqua dal bicchiere. Una volta in posizione orizzontale, il liquido può nuovamente scorrere attraverso il tubicino che collega la testa e la base, tornando verso il basso e riportando il papero in posizione verticale. L'analogia tra i due oggetti può essere mostrata inumidendo la parte superiore del Lovemeter o scaldando quella inferiore del papero e verificando così che si ottengono comportamenti analoghi, ma per effetti opposti di contrazione e dilatazione.

### La piastra che cambia colore

Per mostrare che l'evaporazione abbassa la temperatura di un corpo basta inumidire il dorso della mano e sentire la sensazione di fresco che produce l'acqua che evapora. Per rendere più evidente e interessante il fenomeno è possibile utilizzare una piastra ricoperta da un film di cristalli liquidi, (si trova sui cataloghi di giochi e apparecchi scientifici). A temperatura ambiente la piastra è di colore marrone chiaro, toccandola con la mano si lascia un'impronta di colore tra il verde scuro e il blu che segnala una temperatura più alta. Se invece si bagna la piastra con acqua, si osserva rapidamente che l'evaporazione raffredda la superficie colorandola di marrone scuro, come se fosse posta in un luogo a temperatura più bassa.

### Meno formule per imparare

Il risultato che si intende ottenere è un maggior coinvolgimento degli allievi nello studio dei fenomeni fisici visti attraverso oggetti divertenti e colorati, con cui è possibile interagire direttamente e che però possano allo stesso tempo far riflettere e incuriosire fino a, in certi casi, far nascere la voglia di affrontare lo studio della materia a livelli più impegnativi. Si vuole evitare quanto scriveva il fisico italiano Enrico Persico nel 1957: «È difficile la fisica? Se si interroga l'uomo della strada o anche l'avvocato, il medico o l'uomo colto in genere, nove volte su dieci risponde: certo! È piena di formule!». ➔



**GIORGIO HÄUSERMANN**

dopo una laurea in fisica, si è dedicato a lungo all'insegnamento nelle scuole superiori. Oggi è responsabile della formazione pedagogica dei docenti presso il Dipartimento della formazione e dell'apprendimento di Locarno.

# IL PORTALE DEI RAGAZZI

Chimica, tecnologie informatiche e partecipazione: sono le parole chiave di un progetto di successo per promuovere tra gli studenti sia l'interesse per la scienza sia la socializzazione.



ANTONELLA MARTINI  
E MARCO FALASCA

«**S**e sei un/a ragazzo/a che ama giocare con le bolle di sapone giganti, se il tuo sogno è trasformare l'acqua in succo di mirtillo e in caffè, se ritieni che i vermi schiumosi siano più affascinanti di Brad Pitt o di Monica Bellucci, allora sei dei nostri! Ci riuniamo nel laboratorio di chimica, tutti i lunedì a partire dalle 13 e 30, vieni a trovarci». Queste parole pubblicate, qualche anno fa, su "CalaMajo" – il giornalino dell'ITIS Ettore Majorana di Grugliasco (Torino) – descrivono abbastanza bene lo spirito con cui i docenti e gli allievi della scuola che hanno dato vita all'esperienza del Portale di chimica affrontano quella scienza così affascinante, ma spesso bistrattata, che è appunto la chimica.

## Nuove idee dalla crisi

Una decina di anni fa – in un momento di piena crisi delle vocazioni scientifiche e di tangibile declino dell'interesse per la scienza – noi docenti del gruppo di chimica dell'ITIS Majorana di Grugliasco abbiamo pensato che fosse importante trovare nuovi modi per creare maggiore familiarità con i fenomeni scientifici e metterne in luce la bellezza. La nostra azione in questo senso si è diretta su due fronti. Per prima cosa abbiamo iniziato a tessere relazioni con altre scuole del territorio, ottimizzando l'uso dei laboratori – che noi abbiamo e per esempio le scuole dell'obbligo non hanno – per costituire una rete che, attraverso l'educazione scientifica, agisse direttamente con le classi e quindi con gli allievi di altri ordini di scuole. Abbiamo quindi ideato e realizzato una serie di percorsi didattici di laboratorio rivolti a classi di scuola elementare e scuola media, che tuttora vengono proposti dai docenti responsabili delle classi, insieme ai docenti tutor del Majorana. Le attività, condotte con metodologie didattiche attive e coinvolgenti quali il *problem solving* sperimentale, le mappe concettuali e

l'apprendimento cooperativo, prendono spunto dall'idea di scienza come impegno attivo con il mondo fisico. Impegno che implica rischio, sperimentazione, fallimento e scoperta. Con questa proposta cerchiamo di creare contesti operativi concreti che, stimolando la curiosità di bambini e ragazzini rispetto al mondo naturale, permettano loro di appropriarsi di concetti astratti.

## Non solo beute

Allo stesso tempo abbiamo pensato di creare, all'interno della nostra scuola, ambienti di apprendimento costruttivisti che utilizzassero i computer, le fotocamere digitali, Internet, ma anche strumenti tradizionali come provette, beute, becher, bunsen, per la progettazione e la realizzazione di dimostrazioni scientifiche semplici, ma spettacolari e affascinanti, da documentare in un portale web. Tutto questo con i ragazzi come protagonisti. Abbiamo parlato con gli studenti; una dozzina di loro si sono dichiarati d'accordo e così è nato il Portale di chimica.

In particolare, i primi partecipanti sono stati un eterogeneo gruppo di allievi di classi di biennio, appassionati della materia e delle modalità cooperative con cui si lavorava sia in laboratorio sia in classe; negli anni successivi molti ragazzi promossi al triennio, ove la chimica, la biologia e la fisica non sono più materie curricolari, hanno continuato a partecipare. Il senso era ed è questo: dal momento che le tecnologie informatiche costituiscono mezzi potenti, ma sono utilizzate dagli adolescenti spesso in solitudine, perché non farle diventare strumenti mediatori di relazioni tra studenti e studenti e tra studenti e docenti, senza premi, voti o riconoscimenti formali, ma per dare/avere la parola, per aggregarsi, per non sentirsi soli, per scoprire la bellezza della natura e delle sue trasformazioni? Oggi il Portale è un luogo

👉 Due degli esperimenti eseguiti dai ragazzi del Portale di chimica. In alto: gli indicatori nei cilindri cambiano colore quando l'aggiunta di ghiaccio secco fa variare il pH. In basso: esperimenti con pigmenti.



d'incontro, che valorizza le tematiche scientifiche (soprattutto chimiche, ma non solo) e le tecnologie informatiche, consentendo ai ragazzi di partecipare ad attività educative corrispondenti ai loro bisogni di socialità, in cui possano sentirsi a loro agio.

### Una comunità di pratica

Il Portale è coordinato dai docenti di chimica e laboratorio Marco Falasca e Antonella Martini, dal professor Dario Zucchini, che si occupa della parte informatica, e dal tecnico di laboratorio Grazia Rizzo. Attualmente partecipano alle attività una ventina di ragazzi: ci si incontra nel laboratorio di chimica una volta alla settimana al di fuori dell'orario scolastico, al pomeriggio. In dotazione ci sono diversi PC portatili con collegamento wireless





## LA PAROLA AI RAGAZZI

«Ci si trova uno o due giorni alla settimana, per imparare a lavorare con la scienza ma nel segno del divertimento [...] Infatti si eseguono semplici esperimenti, mentre altri compagni, più esperti nella parte informatica, si occupano di filmarli, fotografarli e inserirli nel nostro sito internet». Così, nel 2006, sul giornalino d'istituto, la studentessa Serena descriveva le attività del Portale. Daniele Di Modugno (uno dei veterani che ha frequentato l'iniziativa durante tutto il suo percorso all'ITIS e torna spesso a trovare i suoi docenti di chimica, anche se ormai frequenta il corso di laurea in scienza dei materiali), descriveva così lo spirito del lavoro: «Non c'è l'obbligo di studiare la "teoria" dei libri, perché la maggior parte delle volte viene voglia a noi studenti di chiedersi e chiedere "perché?", oppure "come facciamo a saperlo?", e così gli insegnanti passano a spiegare in modo informale, insolito, gradevole. Certo è che a forza di fare esperimenti ci si imbatte in fenomeni difficili da interpretare, e così accade che qualche volta i professori non possano dare una spiegazione ben definita; in questo caso gli insegnanti avanzano delle interpretazioni probabili e anche a loro viene voglia di cercare, tramite riviste o libri o altri contatti, una interpretazione convincente. Questo è un modo vero di "fare scienza". Il portale è quindi uno stimolo alla ricerca, all'approfondimento, a capire che la scienza non è la semplice lezione studiata sul libro di testo, ma qualcosa di più e di più bello, dove ci si confronta, ci si imbatte in problemi, in difficoltà, in esperimenti a volte colorati e a volte insignificanti. Dove l'errore non è visto come uno "sbaglio", ma come un passo per poter indagare e conoscere meglio il mondo reale». E ancora: «I docenti si fidano dei ragazzi, li lasciano liberamente usare i computer. Gli articoli sulle esperienze, eseguite e discusse in laboratorio, possono essere caricati su Internet anche da casa, perché ognuno ha la sua password».

alla rete, per pubblicare subito online ciò che viene prodotto. Con le tecnologie informatiche vengono curate contemporaneamente aree di lavoro diverse; alcuni realizzano e documentano un esperimento scientifico, altri preparano una mappa concettuale, altri ancora pongono via email interrogativi a esperti. In questo senso i ragazzi sono liberi di specializzarsi in una varietà di modi, di apprendere e di insegnare quello che preferiscono, ovviamente entro i margini delle attività scelte, connettendo ciò che si svolge in classe con esperienze non curricolari che, tramite la rete, potranno essere socializzate. Abbiamo osservato che, con il tempo, il gruppo dei partecipanti è diventato progressivamente più numeroso, differenziato e unito allo stesso tempo. Differenziato per competenze in quanto i ragazzi, a seconda delle personali preferenze e abilità, scelgono di diventare "sperimentatori", disposti a eseguire anche gli esperimenti più strani, oppure "manager" in grado di gestire, preparando i materiali, le attività proposte da noi docenti. Non mancano i "professionisti" delle riprese fotografiche o cinematografiche e i fanatici del computer in grado di mettere immediatamente in rete i lavori dei compagni. Il gruppo è anche unito perché i legami affettivi hanno portato alla costruzione di una vera comunità di pratica, dove la crescita delle competenze non è legata al timore

➔ **"Verme schiumoso" ottenuto con una semplice reazione chimica. In presenza di un catalizzatore inorganico, l'acqua ossigenata si decompone molto velocemente, rilasciando una gran quantità di gas che interagisce con del sapone liquido, formando schiuma.**

della valutazione negativa o alla paura di perdere autostima, ma alla motivazione intrinseca, scaturita dall'ambiente e dal suo clima positivo.

### Spettacoli per i più piccoli

Un'altra importante attività del Portale, nata su proposta di alcuni allievi, è la preparazione ed esecuzione di spettacoli di "Magie delle scienze", rivolti principalmente ai bambini delle scuole elementari o medie del territorio (ma nel 2005 ci siamo esibiti a Chieri durante un corso di educazione scientifica, a Savona nell'ambito del Festival della scienza di Genova e all'Università di Urbino, mentre nel 2008 e 2009 abbiamo partecipato al Festival delle scienze di Grugliasco). Ecco come una studentessa partecipante descrive l'attività sul giornalino d'istituto: «Alcuni incontri pomeridiani sono dedicati in particolar modo all'organizzazione e alla preparazione degli spettacoli Magie delle scienze. Infatti i veterani del Portale hanno ideato uno spettacolo per presentare in modo divertente il mondo delle scienze ai bambini e ai ragazzi che non hanno mai avuto l'occasione di scoprirlo. A gruppi di due o tre studenti realizziamo esperimenti davanti agli occhi del pubblico, al termine dei quali non si può far altro che rimanere a bocca aperta». La realizzazione di uno spettacolo è complessa e i ragazzi del Portale hanno imparato a essere una squadra in cui non ci sono primedonne e tutti sono importanti, anzi, indispensabili. Ognuno si occupa di uno specifico settore; i più "coraggiosi" e





disinvolti si esibiscono davanti agli spettatori, alcuni sono diventati abili tecnici delle luci e dei suoni, altri preparano i materiali per gli esperimenti e li portano sul palco, altri ancora gestiscono la parte informatica e la proiezione su schermo di spiegazioni o di particolari ravvicinati degli esperimenti. I protagonisti di questi spettacoli sono i ragazzi, noi docenti ci limitiamo a supervisionare il tutto, pronti a intervenire in caso di problemi.

### Oltre la didattica

Nell'agosto 2007, il Ministero della pubblica istruzione ha emanato la circolare 4026/P5 che presentava e illustrava il programma nazionale *Scuole aperte*. Il documento è improntato a un principio chiave: «L'apertura pomeridiana delle scuole è lo strumento privilegiato per la lotta al disagio giovanile e alla dispersione scolastica. La scuola può così tornare il centro di promozione culturale, relazionale e di cittadinanza attiva nella società civile in cui opera, favorendo il recupero scolastico e creando occasioni di formazione in grado di elevare il livello culturale e di benessere generale del territorio [...] con iniziative complementari di arricchimento del curriculum a forte valenza socializzante». È lo stesso principio che ci ha guidato in tutti questi anni, confermando la validità della nostra attività. Riteniamo infatti che la nostra esperienza costituisca una testimonianza vera della realizzabilità di ambienti di comunità autentici non chiusi in sé stessi, ma aperti verso l'esterno e verso nuovi modi di vivere la scuola. In queste comunità autentiche i ragazzi possono utilizzare le nuove tecnologie, che sono indubbiamente valori positivi della modernità, senza dimenticare gli strumenti tradizionali, mostrandosi capaci di impegno, altruismo, solidarietà, cooperazione.

In effetti, l'idea del Portale non era soltanto didattica, ma puntava anche a contrastare l'attuale perdita della capacità dello stare insieme, del collaborare, del solidarizzare. Sempre più spesso i giovani, anziché incontrarsi e costruire legami in un luogo privilegiato qual è la scuola, un tempo sede di riflessione e discussione in cui individualità e collettività trovavano significati, sfuggono e si rinchiodano o in casa, dedicando il tempo agli apparati tecnologici, oppure in quelli che da alcuni psicologi sociali sono considerati "non luoghi", come i grandi centri commerciali.



### Novità e progetti

Con l'anno scolastico 2009/2010, l'attività del Portale è tornata con due importanti novità. Nello scorso mese di ottobre, due tecnici dell'Agenzia nazionale per lo sviluppo dell'autonomia scolastica (ex INDIRE) hanno eseguito le riprese di alcuni esperimenti per ottenere sussidi didattici da utilizzare negli istituti privi di laboratorio. Inoltre, è appena terminata la ristrutturazione del Portale, condotta da alcuni allievi coordinati dal professor Zucchini. I molti materiali presenti sono stati visionati e riordinati, in maniera da rendere più agevole la consultazione da parte degli utenti. Per quanto riguarda noi docenti, le idee sono, come sempre, tante. Prossimamente ci trasformeremo in "alchimisti" e cercheremo di "trasmutare" il rame di una comune monetina da 5 centesimi prima in "argento" e poi in "oro". Vorremmo anche preparare, grazie all'idrolisi dell'acqua, delle bollicine un po' particolari. Se tutto ciò vi ha incuriosito venite a trovarci nel rinnovato sito: [www.itismajo.it/chimica](http://www.itismajo.it/chimica). ☺

### UN PIENO DI RICONOSCIMENTI

Fin dalla sua nascita, il Portale di chimica ha ricevuto diversi importanti riconoscimenti nazionali e internazionali. Eccoli:

- segnalato** come buona pratica educativa, Organismo europeo Eschola 2003/04;
- premiato** dal Politecnico di Milano nel Concorso "Content Awards 2005" nel settore Science;
- segnalato** Grid Project Case Study—A Web Portal for Chemistry, 2006;
- finalista** al Global Junior Challenge: Projects to share the future, Roma 2007;
- secondo classificato** al concorso EuroCheMS "La magia della chimica", 2008.

📍 Foto di gruppo dei partecipanti alle attività del Portale di chimica con gli ideatori, i docenti Angelo Cimenis (in prima fila, a sinistra, in piedi con il camice), Antonella Martini (di fianco, sempre in piedi), Marco Falasca (seduto a terra in centro) e il tecnico di laboratorio Grazia Rizzo (più indietro, con il camice).



# Campioni olimpici. Di scienze

Dalla possibilità di rafforzare il ruolo educativo dei docenti a quella di offrire ai ragazzi una nuova occasione per entusiasmarsi a una disciplina scientifica: alcune ottime ragioni per partecipare alle olimpiadi internazionali delle scienze.

■ ■ ■ ■ ■  
ROBERTO GRECO

Immaginate di entrare in una delle vostre classi, i primi giorni di scuola, dicendo che la farete partecipare alle Olimpiadi nazionali delle scienze naturali (o di un'altra disciplina, se questo non è il vostro campo). Immaginate di raccontare che un giorno, a scuola, ci sarà una prova a cui potranno iscriversi tutti gli studenti e che, a prescindere dai voti ottenuti nella materia fino a quel momento (proprio come nelle selezioni olimpiche), i quattro studenti migliori in *quella* prova di *quel* giorno saranno selezionati per partecipare alla fase successiva: una competizione regionale. Poi, immaginate di raccontare che i migliori di questa fase passeranno a una selezione nazionale, al cui termine saranno proclamati alcuni campioni nazionali. A questo punto fate un ulteriore sforzo per visualizzare la situazione mentre specificate che i campioni di una certa categoria, per esempio biennio, parteciperanno a una fase internazionale della competizione che si terrà, per esempio, nella città di Yogyakarta, in Indonesia. Qui, dopo un lungo volo, questi campioni incontreranno gli studenti di altre nazioni, con i quali dovranno per forza comunicare in lingua inglese. Riuscite a immaginare i volti dei vostri studenti all'annuncio? Le loro espressioni? I commenti e le domande? Lo scorso mese di settembre io questa



HUANG SHENG-TING

Alle prese con l'identificazione di una roccia durante le olimpiadi internazionali delle scienze della Terra di Taiwan (2009).

scena non l'ho soltanto immaginata; l'ho vissuta di persona, nelle mie 5 prime di un istituto tecnico industriale. Le reazioni che ho visto hanno stupito anzitutto me: gli studenti hanno subito focalizzato la loro attenzione sul tema, completamente catturati dalle regole della competizione. C'era chi si segnava sul diario l'indirizzo del sito web delle olimpiadi e chi chiedeva dove trovare le domande degli anni precedenti per potersi esercitare. Eppure, i miei studenti non avevano certo scelto questa scuola per passione per le scienze naturali. Da che cosa nasceva questo improvviso interesse?

### Un "magico" modello

Non stupitevi, ma secondo me la persona a cui più di ogni altra bisognerebbe chiedere aiuto per rispondere a questa domanda è il professor emerito Albus Silente, preside della scuola di magia e stregoneria di Hogwarts. Al preside di Harry Potter (non credo occorranza altri riferimenti all'arcinota saga letteraria di JK Rowling) va il merito di aver organizzato una scuola con una notevole disponibilità di laboratori attrezzati e con un personale altamente formato, che insegna magia e incantesimi proprio come per la Commissione europea si dovrebbero insegnare le scienze nelle nostre scuole: con attività sperimentali e attraverso metodi che stimolino la capacità di porsi domande, trovare risposte e risolvere problemi. Intorno a questo modello, il professor Silente ha anche previsto una solida impalcatura di competizioni tra squadre di studenti, che si svolgono durante tutto l'anno scolastico per concludersi con la proclamazione, anno dopo anno, di una squadra vincitrice. In effetti, il fantasioso modello di Hogwarts non si allontana molto da quello di varie scuole della Gran Bretagna, che spesso ricordano in appositi albi i migliori studenti delle diverse annate.

### Vicine ai ragazzi

Può dunque essere stimolante per gli studenti essere soggetti a una competizione, in particolare su una disciplina scientifica? Chi si occupa di didattica disciplinare non ha dubbi e risponde di sì, al punto che proprio dall'impegno di gruppi di esperti di questo tipo sono sorte le olimpiadi delle varie discipline.

Certo, lo sforzo organizzativo è notevole, anche considerato che è esclusivamente volontario. Si può proprio dire che questo tipo di olimpiadi siano nate "dal basso", con un processo che poco a poco si è allargato, fino a coinvolgere le istituzioni. Viene da chiedersi qual è il senso di questo immane impegno, e perché, nella corsa quotidiana contro il tempo per terminare l'interminabile programma, ci siano insegnanti che dedicano parte di questa preziosa risorsa proprio alle competizioni.

Una prima motivazione è molto semplice: la competizione coinvolge! È una sfida verso sé stessi e verso gli altri; è un modo per misurarsi, ma è anche gioco. Richiede conoscenza e capacità, ma comprende anche una componente aleatoria, legata al caso e alla fortuna, che rende imprevedibile l'esito finale. Le competizioni olimpiche sono lontane dalle alte ragioni etiche, direi a volte anche epiche, argomentate da molti docenti e scienziati per stimolare l'interesse per le scienze nei ragazzi. Tanto lontane da queste, da essere un po' più vicine alla sensibilità degli studenti che ne rimangono affascinati e coinvolti.

### Un gioco, tante opportunità

Dal punto di vista degli studenti, le competizioni olimpiche disciplinari rispondono indubbiamente anche al desiderio di emergere e di essere notati per le proprie capacità; un desiderio molto presente nella fase dell'adolescenza, quando si cerca una propria collocazione nel mondo.

Pur con tutto il rispetto i modelli televisivi che

Olimpiadi nel mondo	Prima edizione	Prima nazione ospitante	Nazioni in gara nell'edizione 2009	Sito web
International Mathematical Olympiad (IMO)	1959	Romania	104	<a href="http://www.imo-official.org">www.imo-official.org</a>
International Physics Olympiads (IPhO)	1967	Cecoslovacchia	70	<a href="http://www.jyu.fi/iphO">www.jyu.fi/iphO</a>
International Chemistry Olympiad (IChO)	1968	Polonia	65	<a href="http://www.icho2009.co.uk">www.icho2009.co.uk</a>
International Biology Olympiad (IBO)	1990	Cecoslovacchia	55	<a href="http://www.ibo-info.org">www.ibo-info.org</a>
International Astronomy Olympiad (IAO)	1996	Russia	19 (nel 2008)	<a href="http://www.issp.ac.ru/iao">www.issp.ac.ru/iao</a>
International Earth Science Olympiad (IESO)	2007	Corea del Sud	14	<a href="http://www.ieso2009.tw">www.ieso2009.tw</a>



📷 Foto di gruppo a Oxford, per le olimpiadi internazionali di chimica del 2009.



## SCIENZE DELLA TERRA: DALL'ASIA ALL'ITALIA

La maggior parte delle olimpiadi internazionali delle discipline scientifiche hanno una lunga tradizione, per lo più europea, in quanto sono nate nei paesi dell'Europa dell'est e si sono poi lentamente diffuse sia in altre nazioni europee, sia in paesi di altri continenti. Le olimpiadi internazionali di scienze della Terra (IESO) sono invece una recentissima istituzione che ha preso piede a partire da paesi asiatici. In particolare, le IESO sono nate nel 2007 sotto la spinta dell'Internazionale Geoscience Education Organization (IGEO), organizzazione internazionale dedicata a promuovere l'insegnamento delle scienze della Terra e, in generale, l'interesse di un pubblico il più ampio possibile verso questa disciplina ([www.geosci.org](http://www.geosci.org)). La prima edizione delle IESO si è svolta in Corea del Sud, la seconda nelle Filippine, la terza a Taiwan e la prossima, nel 2010, si svolgerà in Indonesia. È dunque una particolarità che queste olimpiadi siano per ora rimaste in terre asiatiche, probabilmente perché i tanti eventi catastrofici che le colpiscono hanno contribuito a creare una maggior sensibilità e disponibilità per la formazione delle giovani generazioni alle scienze della Terra. Non è un caso che esistano in Asia importanti gruppi di ricerca dediti proprio alla didattica di questa disciplina.

**La prima volta dell'Italia** All'edizione del 2009 a Taiwan hanno partecipato per la prima volta due nazioni europee: la Gran Bretagna e l'Italia. La nazionale italiana, di cui ero responsabile, era composta da 4 studenti, tutti di 16 anni. Per prepararsi, la squadra ha partecipato, insieme a un gruppo di altri studenti tra i migliori classificati nelle selezioni nazionali, a uno stage di una settimana organizzato e gestito con l'aiuto dei colleghi Eva Godini e Daniele Sordani a Piobbico, nelle Marche. Durante lo stage si sono alternate lezioni frontali/partecipative ad attività pratiche, sperimentali, di gruppo. Si sono inoltre svolte diverse uscite come la geo-bicicletta alla gola del Furlo o la ricerca di fossili negli affioramenti della formazione del Rosso Ammonitico. Non sono mancate attività notturne di astronomia: le IESO sono infatti una sorta di pentathlon per il quale occorrono competenze su astronomia, geosfera, idrosfera, atmosfera e orientamento.

**Discussioni tra pari** È stato sorprendente scoprire la felicità degli studenti nel ritrovarsi con altri individui con le stesse passioni e in grado di reggere conversazioni allo stesso livello. Questo ci ha fatto capire il bisogno profondo che hanno questi studenti di incontrarsi e fare gruppo per scambiare idee con ragazzi della stessa età, con medesimi interessi e capacità. Cito per esempio alcune frasi di studenti colte a Piobbico, che ben spiegano la situazione. «Parlare in un certo modo di argomenti scientifici, come pure di matematica o di storia con i compagni di classe provoca in genere due tipi di reazione. La più diffusa è quella di essere mandati a quel paese; la seconda è quella di un ascolto passivo, giusto per educazione, al quale non segue comunque una conversazione». E ancora: «È stato bello poter discutere con altri ragazzi di argomenti che normalmente, con i compagni di classe, non si trattano proprio».

**Organizzatori per il 2011** È intenzione del gruppo di coordinamento delle IESO esportarle in Europa nel più breve tempo possibile per coinvolgere i paesi di questo continente, ma anche di Africa e Medio Oriente. È stato quindi rivolto all'Italia, attraverso i suoi rappresentanti all'interno dell'IGEO, l'invito a promuovere e ospitare questo evento nel 2011: per questa edizione è prevista la partecipazione di almeno 50 nazioni e quindi di circa 500 persone tra studenti, tutor, osservatori, ospiti e staff organizzativo. È in fase di costituzione un comitato organizzativo locale: invito pertanto tutti coloro che hanno voglia di collaborare con idee, proposte di sedi e sponsor a contattarmi: [roberto.greco@unimore.it](mailto:roberto.greco@unimore.it); 328-6928266.

impregnano molti ragazzi non sono esattamente quelli che, come docenti, vorremmo che accompagnassero il loro agire quotidiano. Anche per questo c'è chi – come gli organizzatori delle competizioni scientifiche – cerca da anni di offrire all'interno della scuola una meta diversa agli studenti. Ormai tutte le competizioni scientifiche studiate nelle scuole secondarie italiane offrono competizioni studentesche, che possono andare dal semplice livello di istituto a vere e proprie gare nazionali, che proclamano i migliori studenti d'Italia in chimica o in scienze della Terra. Già questa può essere una notevole soddisfazione, ma con le olimpiadi si fa un passo in più, perché ai partecipanti viene offerta la straordinaria opportunità di poter competere con i migliori studenti del mondo in una certa disciplina. Gli studenti selezionati potranno vivere l'avventura di un viaggio all'estero, magari il primo della loro vita; conosceranno studenti di altre nazionalità e nello sforzo di comunicare con loro sentiranno il bisogno di migliorare la propria conoscenza dell'inglese. Al ritorno a casa, riverteranno le loro emozioni ed esperienze nelle scuole di partenza, ma anche tra amici e parenti, aumentando l'attenzione e l'interesse generali verso le discipline scientifiche. Va inoltre ricordato che gli studenti che conquistano medaglie in competizioni olimpiche internazionali sono inseriti dal Ministero della pubblica istruzione in un apposito Albo nazionale degli eccellenti, comprendente gli elenchi degli studenti che hanno conseguito il punteggio massimo negli esami di stato oppure risultati di alto livello in competizioni di qualificata valenza formativa e scientifica ([www.indire.it/eccellenze](http://www.indire.it/eccellenze)).

**📍** A sinistra e in questa pagina, alcuni momenti delle olimpiadi internazionali di scienze della Terra, a Taiwan nel 2009.



### Da docente a coach

Ovviamente, in una classe coinvolta in una selezione olimpica ci saranno alcuni cambiamenti. La sfida principale dell'insegnante consisterà nel tenere alti l'interesse e l'attenzione. Inoltre, si instaurerà un nuovo tipo di relazione tra studente e docente, il quale non sarà più solo insegnante, appunto, ma diventerà anche allenatore: il *coach* che prepara la propria classe per una sfida che coinvolge tutta la scuola. Anche il docente sarà in gioco, e dalla stessa parte degli studenti, per ottenere buoni risultati. È un importante cambiamento, nei ruoli e nelle prospettive. Spesso oggi i ragazzi attribuiscono maggior rispetto e prestano maggiore attenzione al proprio allenatore sportivo che ai propri insegnanti. La figura educativa dell'allenatore è forse quella che ha retto meglio al cambiamento comportamentale dei ragazzi di cui si lamentano quei docenti che hanno visto passare nelle loro aule molte generazioni di studenti. E allora perché non tentare di recuperare su questa posizione?

### Esperti di tutto il mondo a confronto

Per i docenti, l'esperienza della partecipazione alla fase internazionale delle olimpiadi ha anche il notevole pregio di stimolare un confronto a livello mondiale tra gli esperti di didattica delle scienze di vari paesi. «I momenti di incontro con i colleghi delle altre nazioni, sia collettivi durante la validazione delle prove, sia nei colloqui personali, sono molto stimolanti. Mostrano le differenti direzioni in cui si sposta la ricerca e nell'ambito della didattica disciplinare, permettendo di confrontarsi con le migliori pratiche e i maggiori esperti. Per esempio, appare sempre più evidente

il ritardo della scuola italiana nella didattica laboratoriale e sperimentale», racconta la docente Isabella Marini, che dal 2008 accompagna la nazionale italiana alle Olimpiadi internazionali della biologia. «Le olimpiadi regalano anche grandi emozioni. Lo scorso anno in Giappone a una delle cerimonie ha partecipato il principe ereditario giapponese con la moglie. E la sua partecipazione non era solo di cortesia, visto che è laureato in scienze naturali e ha svolto un dottorato in etologia; ed è quindi un appassionato e competente sostenitore dell'insegnamento delle scienze». Insomma, i motivi per partecipare alle olimpiadi delle discipline scientifiche sono davvero molti: ecco perché mi sento di invitare tutti i docenti di materie scientifiche a introdurre le attività olimpiche nel piano dell'offerta formativa della loro scuola e a coinvolgere possibilmente tutte le discipline, tutte le classi e tutti gli studenti. Potrebbe essere un'azione concreta per cercare di incentivare l'interesse per la scienza e l'iscrizione a facoltà scientifiche. ➔



### ROBERTO GRECO

laureato in scienze naturali, insegna dal 2005. Nel 2007 ha iniziato un dottorato in didattica delle scienze della Terra all'Università di Modena e Reggio Emilia. Collabora con l'Università di Keele, ha promosso in Anisn la costituzione del gruppo di lavoro sulla didattica delle scienze della Terra e la partecipazione alle IESO, di cui è responsabile organizzativo. Rappresenta l'Italia all'interno di IGEO.



### IN RETE!

Ecco dove trovare informazioni sui livelli nazionali di olimpiadi e giochi di discipline scientifiche.

- Scienze naturali [www.anisn.it](http://www.anisn.it)
- Matematica <http://olimpiadi.dm.unibo.it>
- Giochi nazionali di chimica [www.didichim.org](http://www.didichim.org)
- Fisica [www.aif.it](http://www.aif.it)
- Astronomia [www.ts.astro.it/olimpiadi](http://www.ts.astro.it/olimpiadi)
- Neuroscienze [www2.units.it/~brain/olimpiadi](http://www2.units.it/~brain/olimpiadi)



## STUDENTI AL CAFFÈ

Quando i caffè scientifici sono ideati, organizzati e condotti dai ragazzi, che diventano così protagonisti della loro formazione scientifica.

Un formatore racconta il valore didattico (e il successo) dell'esperienza.



TOMMASO CASTELLANI,  
FORMASCIENZA

**M**olte persone sono comodamente sedute ai tavolini di un bar, davanti a una gustosa fetta di torta o a un buon bicchiere di vino. Un attore legge un racconto di Italo Calvino sull'origine dell'Universo, poi la parola passa a un astrofisico, che prendendo spunto dalle suggestioni letterarie spiega come sono andate le cose secondo la scienza; un collega filosofo interviene dopo lo scienziato e racconta le implicazioni sul pensiero filosofico dei risultati illustrati dall'astrofisico; infine la parola passa al pubblico, che tempesta di domande i due ricercatori. Benvenuti al caffè scienza! La ricetta è



LINDA LECOSE

↑ Un caffè scienza Junior a Roma.

## UNA PASSIONE PER DIDATTICA E COMUNICAZIONE

**formaScienza** nasce a Roma nel 2005 per iniziativa di un gruppo di giovani ricercatori provenienti da diverse aree della ricerca scientifica. In questi anni di attività si è consolidata come laboratorio di ricerca-azione che esplora modi nuovi per parlare della scienza come parte del patrimonio culturale collettivo di base. Tra le attività di formaScienza ci sono laboratori per studenti e docenti delle scuole di ogni ordine e grado, caffè scienza, progetti di ricerca sull'uso del teatro per raccontare la scienza. I ricercatori dell'associazione, oltre ad avere alle spalle una pluriennale attività di ricerca scientifica, possiedono ciascuno un proprio bagaglio di esperienze nell'ambito dell'educazione e della comunicazione della scienza. I progetti di formaScienza sono cofinanziati da diversi enti di ricerca pubblici (tra cui l'Università di Roma La Sapienza, il CNR, l'Agenzia spaziale italiana), dal Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, da numerosi enti locali (tra cui Comune e Provincia di Roma e Regione Lazio) e dall'Unione Europea.  
[www.formascienza.org](http://www.formascienza.org) – [info@formascienza.org](mailto:info@formascienza.org)

semplice: un'atmosfera informale e rilassata, due ricercatori di discipline diverse, un tema scientifico suggestivo, letture di accompagnamento e, non ultimi, cibi e bevande all'altezza. A tutti noi capita di andare una sera a teatro o al cinema, o di parlare, a tavola, dell'ultimo libro di Tizio o Caio. La scienza trova invece poco spazio nei discorsi dei non addetti ai lavori, nonostante faccia profondamente parte della nostra cultura. L'idea alla base del caffè scienza è riportare la scienza all'interno del dibattito culturale, ricucendo una frattura con le altre discipline, frattura che tende ad allargarsi nell'era degli specialismi.

### Breve storia dei caffè scienza

I *café scientifique* nascono in Francia alla fine degli anni novanta del secolo scorso, per poi estendersi in Gran Bretagna e in molti altri paesi del mondo. In Italia è Firenze la prima città in cui si svolgono caffè scienza regolari, seguita ben presto da molte altre: oggi ci risultano iniziative di questo tipo a Milano, Trento, Bolzano, Bassano del Grappa, Trieste, Livorno, Bologna, Roma, Frascati, Cagliari e Bari. Ci sono caffè scienza organizzati direttamente da un'università (Milano), altri organizzati da gruppi di cittadini completamente al di fuori del mondo accademico e scientifico (Livorno). Alcuni sono più orientati a temi di attualità e a implicazioni sociopolitiche (Firenze), altri sono più orientati al discorso storico-filosofico (Roma), altri ancora sono legati a problematiche specifiche del territorio (Bari). Ogni caffè scienza ha la sua storia, le sue caratteristiche, il suo pubblico. A Roma, a organizzare regolari caffè scienza siamo noi di **formaScienza**, associazione nata da un gruppo di ricercatori che hanno deciso di fare ricerca sulla didattica e sulla comunicazione della scienza. I nostri caffè scienza, giunti ora alla quarta stagione, si svolgono al momento in un caffè libreria di Trastevere: ce n'è uno al mese, frequentato da un pubblico molto vasto e variegato, che va dallo

studente liceale al docente universitario, dall'impiegato al pensionato. A ogni serata partecipano in media un centinaio di persone. Gli organizzatori di caffè scienza italiani si sono da un paio d'anni organizzati in una rete nazionale; alcuni di essi (tra cui formaScienza a Roma) stanno partecipando a un progetto europeo per migliorare la connessione tra i caffè scienza di tutta Europa.

### Caffè scienza junior

Portare i giovani ai caffè scienza: questo è sempre stato un obiettivo primario per noi di formaScienza. A dir la verità, di giovani ne sono venuti parecchi fin dall'inizio: è bastato fare una buona pubblicità. Ma ci siamo detti che si poteva e si doveva fare di più. Così siamo venuti a sapere dell'esistenza dei *café science junior*, dedicati alle scuole. Anche questa volta, pare che l'idea sia nata in Francia; sono stati i nostri colleghi fiorentini ad applicarla per la prima volta in Italia. Anche per un caffè scienza junior possono esserci diverse modalità di realizzazione: la nostra idea è stata da subito quella di coinvolgere gli studenti non solo nella fruizione, ma anche nell'organizzazione del caffè scienza, che doveva inoltre essere aperto a un pubblico più vasto, e non ai soli studenti, per non diventare un'attività autoreferenziale. FormaScienza ha allora avviato una collaborazione con l'Istituzione delle biblioteche di Roma, nella convinzione che una biblioteca pubblica potesse essere un luogo ideale per un caffè scienza. Il progetto ha ottenuto in seguito un finanziamento dal Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca.

### Studenti protagonisti

Lo spirito con cui abbiamo concepito questo progetto è che gli studenti siano protagonisti. Per questo abbiamo studiato accuratamente come coinvolgerli in ogni passo dell'organizzazione.



## Gli studenti sono molto più vicini allo spettatore medio del caffè scienza di quanto lo siamo noi, che proveniamo dal mondo della ricerca

Il nostro ruolo, come quello degli insegnanti, è seguire le loro idee e aiutarli a organizzarle, senza però imporre – e, per quanto possibile, nemmeno suggerire – i nostri punti di vista.

Come si svolge dunque il progetto?

Sostanzialmente si segue un gruppo di ragazzi nei vari passi dell'organizzazione di una serata di caffè scienza. Le modalità di reclutamento possono essere molto diverse: abbiamo lavorato sia con studenti volontari, sia con studenti obbligati a partecipare, sia durante l'orario scolastico, sia al di fuori.

Prima di tutto gli studenti devono scegliere il tema, partendo dai loro interessi e dalle loro domande. In seguito devono individuare uno o più ricercatori da invitare (in genere due), principalmente con ricerche su Internet e in biblioteca. In questa fase li aiutiamo a orientarsi tra i numerosi centri di ricerca e università: è un'occasione anche per raccontare come è organizzata e come lavora la comunità scientifica.



Gli studenti devono poi decidere come introdurre e affrontare il tema: quali sono per loro le domande interessanti e gli argomenti particolari da sviluppare. In questa fase, attraverso un lavoro di ricerca, *studiano* il tema con l'obiettivo di capire veramente quali sono i concetti chiave e gli argomenti importanti, rimettendo spesso in discussione le loro idee più o meno ingenui e confrontandole tra pari.

A questo punto è necessario trovare i ricercatori adatti a partecipare: gli studenti ricevono da noi indicazioni su come sono organizzati i centri di ricerca, su come si fa a capire quali sono le competenze specifiche di uno scienziato, su come si legge e si valuta un curriculum scientifico. Una volta identificati i due ricercatori, si organizza con loro un incontro preliminare per discutere la scaletta della serata. Questo incontro avviene spesso nei luoghi di lavoro degli scienziati: università, laboratori, ospedali ecc. Vedere i ricercatori al lavoro è un'opportunità che non capita spesso alla maggior parte degli studenti: ha un gran valore formativo e per molti apre le porte a un mondo sconosciuto e affascinante.

I ragazzi scelgono infine letture o anche spezzoni di film collegati in qualche modo al tema e che possano dare suggestioni al pubblico durante la serata. In ultimo ci si occupa degli aspetti logistici: allestimento della sala, rinfresco ecc.

A questo punto, gli studenti sono divisi in gruppi ciascuno con il proprio ruolo. Alcuni di questi ruoli riguardano la documentazione: raccogliere tutto il materiale in un sito web, fare foto, video e registrazioni audio sia dell'evento sia della preparazione.

La serata finale si svolge con i due ricercatori e un presentatore-conduttore, che è anch'esso naturalmente uno studente.

### Il difficile ruolo di insegnanti e formatori

Ci pare bello ed estremamente educativo far lavorare i ragazzi in un clima di cooperazione e di condivisione di un progetto collettivo, in cui ciascuno ha proprie responsabilità e un gruppo a cui far riferimento e chiedere aiuto nei momenti di difficoltà.

Il gruppo di studenti è tipicamente non omogeneo per età, il che è a nostro avviso un valore aggiunto. I partecipanti possono aver deciso di unirsi al gruppo volontariamente oppure no, l'importante è che ci siano dei "trascinatori" in grado di stimolare





l'entusiasmo collettivo.

Particolarmente difficili sono i ruoli di noi ricercatori esterni e degli insegnanti: la tentazione di far sentire la propria voce, di suggerire le proprie visioni e idee è sempre presente e soprattutto all'inizio si fa una gran fatica a tacere. Ma poi ci si rende conto che è troppo importante che siano gli studenti a guidare il lavoro, che rispecchierà il loro mondo. I risultati sono spesso sorprendenti: un caffè scienza organizzato da studenti sarà davvero a misura di studenti. Noi che organizziamo caffè scienza da quattro anni sappiamo che uno dei problemi maggiori è riuscire a mettersi nei panni dell'*ignorante*, colui che non sa nulla dell'argomento. Gli studenti sono molto più vicini allo spettatore medio del caffè scienza di quanto lo siamo noi, che proveniamo dal mondo della ricerca. Per questo spesso le soluzioni da loro trovate sono più chiare e più efficaci delle nostre.

### I punti di forza

L'organizzazione di un caffè scienza junior si è dimostrata uno strumento eccellente per lo studio e l'approfondimento di argomenti scientifici da parte dei ragazzi. Sono diversi i motivi che rendono così efficace questa modalità di lavoro. Eccone alcuni. Lo studio del tema scientifico è portato avanti con un tipico approccio didattico *inquiry-based*: si parte dalle domande e dai problemi aperti degli studenti e si dà primaria importanza al dibattito tra pari. Il tema è studiato nel suo complesso e non solo dal punto di vista dei concetti scientifici. Ne sono evidenziati gli aspetti filosofici, storici e sociali. L'ambiente collaborativo stimola la partecipazione di studenti con diverso livello di interesse e con diverse competenze. Contribuisce per di più a combattere il pregiudizio che le ragazze siano meno interessate dei ragazzi alla scienza. L'attività stimola la partecipazione degli scienziati al dibattito pubblico e incoraggia il contatto diretto tra ricercatori, insegnanti e studenti; promuove inoltre la collaborazione tra scuole e centri di ricerca. Il caffè scienza, svolto in un luogo pubblico come una biblioteca, stimola la partecipazione della comunità locale al dibattito scientifico.

### Un progetto in evoluzione

Nei suoi due anni di vita il progetto caffè scienza junior ha coinvolto otto scuole di Roma e due di Firenze. Ci sono stati diversi gruppi di lavoro con diverse caratteristiche, alcuni "facili" e altri "difficili",

come si può immaginare, ma in tutti i casi alla fine ha vinto l'entusiasmo degli studenti.

Alle serate di caffè scienza ha partecipato sempre un pubblico composto sia da studenti, sia da adulti: una buona parte del pubblico dei caffè scienza "classici" si è presentata anche ai caffè scienza junior, con grande soddisfazione nostra e degli studenti.

Per il futuro stiamo lavorando a un progetto di rete europea di caffè scienza junior: l'idea è quella di lavorare alla formazione di insegnanti in tutta Europa, al fine di realizzare un gran numero di eventi di questo tipo. Realizzare tanti caffè scienza junior ha un importante valore aggiunto, perché nel complesso questi eventi possono aiutare a trarre numerose informazioni sull'immagine della scienza degli adolescenti, dato che la rispecchiano sia negli argomenti scelti sia nella modalità di affrontarli. Per questo motivo è nostra intenzione avviare uno studio su un campione quantitativamente significativo. Dalla fine del 2009 sono online, sul sito [www.caffescienzajunior.org](http://www.caffescienzajunior.org), un piccolo manuale per i docenti su come organizzare un caffè scienza junior e una serie di altre risorse. Ci auguriamo con questo che i caffè scienza junior divengano uno strumento didattico utilizzato con sempre maggiore frequenza, e che contribuiscano a invertire la tendenza che vede il mondo della ricerca scientifica distaccarsi sempre più dal resto della società, nonostante i prodotti della scienza e della tecnologia siano sempre più dentro alla nostra vita quotidiana.

Gli insegnanti interessati a partecipare possono contattare formaScienza agli indirizzi riportati nel box di p. 45. ➔

*Vorrei ringraziare le colleghe Cinzia Belmonte e Anna Parisi che hanno lavorato con me al progetto Caffè Scienza Junior e Rosalba Conserva per i suoi preziosi consigli nella stesura di questo articolo.*



### TOMMASO CASTELLANI

è cofondatore e attuale presidente di formaScienza e lavora prevalentemente in progetti di ricerca-azione su didattica e comunicazione della scienza. Si è laureato in fisica con lode nel 2002 all'Università di Roma La Sapienza, dove ha conseguito anche il dottorato di ricerca in fisica, lavorando come fisico teorico nell'ambito della meccanica statistica e occupandosi in particolare di fisica dei sistemi "disordinati".



### IN RETE!

#### Tutti i siti dei caffè scienza

Coordinamento dei caffè scientifici in lingua italiana.

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

Caffè scienza di Roma.

[www.formascienza.org/caffe.asp](http://www.formascienza.org/caffe.asp)

Pagina italiana dei caffè scienza junior.

[www.caffescienzajunior.org](http://www.caffescienzajunior.org)

# LA RIVINCITA DELLA MATEMATICA

Un luogo dove allenare la mente con giochi, esercizi o indovinelli di logica, geometria, algebra e altro ancora: è la palestra della matematica, attività di punta di MateFitness, un progetto del Cnr che punta ad avvicinare i ragazzi a una disciplina spesso ostica.

■ ■ ■ ■ ■  
CECILIA TRIA

**A** avete mai pensato che esistono luoghi creati appositamente per allenare il nostro corpo, con un personale qualificato che ci segue e ci consiglia, ma che non esistono luoghi né persone specializzate per aiutarci a tenere in allenamento e migliorare le prestazioni della nostra mente? Prendete una palestra, con i suoi attrezzi, i personal trainer e i frequentatori che si allenano regolarmente per aumentare la loro forza, migliorare il fisico e potenziare la resistenza. Adesso togliete i bilancieri, la cyclette e il tapis-roulant e inserite invece lavagne e pennarelli colorati, scacchiere, fogli, matite, tavoli, sedie e altro materiale d'uso comune. Aggiungete alcuni animatori scientifici, veri personal trainer della mente, e il gioco è fatto: ecco a voi la palestra della matematica! Uno spazio ludico nato a Genova nell'aprile 2006, per offrire - come i corsi e le vacanze-studio all'estero per l'inglese o anche le scuole di musica - un modo complementare alla scuola per "fare matematica" e mantenere allenata la mente così come facciamo regolarmente con il corpo.

## Non per soli geni

La palestra, e l'idea che la sostiene, sono nate dalla constatazione che, benché dalla matematica non possa prescindere lo sviluppo tecnologico del nostro paese e, a un livello inferiore, proprio dal rapporto con la matematica dipendano le scelte di studio di tanti studenti, esiste nella nostra società un atteggiamento negativo nei confronti di questa materia. Un atteggiamento basato per lo più su luoghi comuni, che molto spesso producono in chi si avvicina una sorta di "ansia da matematica" (di cui parla anche un famoso libro di Sheila Tobias intitolato *Overcoming math anxiety*, uscito negli Stati Uniti nel 1993).

Partendo da queste considerazioni, oltre che dal grande successo di alcune iniziative dedicate alla matematica nell'ambito delle prime edizioni del Festival della scienza di Genova, e con l'obiettivo di



📍 Incontro con MateFitness: gli studenti si divertono con un indovinello di un animatore.



## IL LIBRONE DELLE FIRME

Vicino all'uscita della palestra e in fondo a ogni laboratorio allestito da MateFitness si trova sempre il "librone delle firme" e chiunque venga in visita è invitato a lasciare un commento, una dedica o un suggerimento.

### Dal librone di Digilandia (Festival della scienza 2009)

«Questa mostra è stata molto interessante e matematica! Grazie, al prossimo anno, forse» *Ari*

«'Sta mostra è stata uno spettacolo, siete fantastici, grazie!» *Manu*

«È stato tutto molto bello, ma la prossima volta mettete più divertimento e meno matematica» *P.*

«Con furore da Diano San Pietro: questo laboratorio è fantastico» *Laura, Monica e Marta*

«Arrivati da Porto Torres... Liceo Scientifico Europa Unita è stato molto interessante»

«È stato bellissimo!! Spero di ritornare l'anno prossimo!! P.S. ho trovato la soluzione e ho 9 anni e mezzo!!» *Alessandro*

«Ho capito tutto!» *Da Roma, Giorgio*

«È stato bellissimo il gioco del computer» *Giacomo*

«È bellissimo scoprire di più sulla scienza» *Nicoletta*

«Incredibile capire la matematica! Ciao dalle Prof!» *Marina*

### Dal librone lasciato in palestra

«È stato molto interessante e gli allievi hanno dimostrato motivazione ed entusiasmo nelle attività proposte. Grazie da parte della 2° dell'Istituto Nautico di Camogli (GE)»

«La classe 4° A della Diaz è stata felice di partecipare. Tutto molto interessante»

«La mitica 5° H di Gallarate... forse i numeri hanno un loro perché... ciaooooo!»

«È sempre un piacere poter assaporare da menti giovani l'amore per la scienza» *Giacomo*

«Grazie! Divertente all'ennesima potenza! Bravi!» *Veronica*

«Grazie, mi avete stuzzicato moltissimo» *Daniela*

«Grazie per avermi fatto divertire e avermi insegnato qualcosa» *Alice*

«Complimenti, anche per i principianti come me è stato molto bello» *Aurora*

«Bello 'sto MateFitness, mi è piaciuto un casino!» *Valerio*

ribaltare il sentimento negativo che spesso si accompagna all'idea stessa di matematica, nel 2006 ha preso avvio nel capoluogo ligure il progetto MateFitness. Si tratta di un progetto di divulgazione creativa fortemente voluto da Manuela Arata, direttore dell'Ufficio promozione e sviluppo collaborazioni del Cnr e presidente del Festival della scienza di Genova, da Giuseppe Rosolini, docente di logica all'Università di Genova, e da Giovanni Filocamo, fisico, divulgatore e manager del progetto. La palestra della matematica è una delle attività principali di MateFitness che, in generale, ha l'obiettivo di promuovere, presso un pubblico diversificato, una nuova immagine della matematica. Non una materia scolastica difficile e per pochi "geni", ma un modo di pensare e uno strumento nelle nostre mani per risolvere problemi (anche molto pratici) nella vita di tutti i giorni.

### Si gioca!

Al centro di questa piccola grande rivoluzione ci sono il gioco, l'uso di un metodo didattico informale incentrato sul singolo utente e l'idea che in matematica tutti possano migliorare, con un po' di allenamento della mente e con l'aiuto di un personale giovane, qualificato e abituato al contatto con il pubblico. La prospettiva applicativa in cui sono inquadrati tutte le nozioni e i contenuti matematici veicolati rende le proposte di MateFitness interessanti, facilmente comprensibili e, chiaramente, divertenti! Le attività per chi desidera allenare la mente spaziano dalla logica al pensiero laterale, dalle illusioni ottiche ai giochi di strategia; per i docenti e le scuole è inoltre disponibile un ricco catalogo di attività modulari che ripercorre i programmi didattici dalle quattro operazioni ai logaritmi. La difficile scelta tra le proposte spetta in parte al "giocatore" (al docente, nel caso delle scolaresche), e in larga misura alla bravura dell'animatore scientifico, che deve essere in grado di proporre al pubblico l'attività giusta, coinvolgendo i

partecipanti, stimolando la loro curiosità e favorendo l'interazione e l'avvicinamento graduale e collettivo alla "risposta giusta".

### Una giornata in palestra

Facendo capolino all'ingresso della palestra, ecco sulla sinistra due librerie piene di oggetti colorati, scatole, libri, scacchiere, contenitori e giochi di legno; davanti, numerosi tavoli circondati da sedie; su tre lati della stanza lavagne magnetiche alte e strette; infine una scrivania con un computer portatile, pennarelli da lavagna, alcuni volantini colorati e riviste di sudoku e giochi enigmistici. Un gruppo di nuovi frequentatori – per esempio una classe – timidamente si divide e si accomoda ai tavoli. L'animatore dà il benvenuto e, dopo aver raccontato che cos'è la palestra della matematica e che cosa ci si fa, propone ai partecipanti un gioco a coppie per "rompere il ghiaccio": distribuisce il

materiale necessario, spiega a che cosa serve e qual è l'obiettivo da raggiungere, dopodiché il gioco ha inizio. Gli studenti, a coppie, provano a raggiungere lo scopo fissato e i primi tentativi si rivelano fallaci: sono goffi e buffi e qualcuno ride. L'animatore esorta i ragazzi a provare ancora, a non arrendersi e mostra a tutti i primi passi che magari qualcuno ha fatto in direzione della soluzione del problema o i più comuni errori commessi. Le coppie insistono, tentano, sperimentano: la soluzione si avvicina e l'animatore attira l'attenzione collettiva e, nuovamente, "fa il punto". Dalla spiegazione emerge qualche spiraglio, un suggerimento, un modo nuovo di vedere il problema. Infine, la prima coppia raggiunge l'obiettivo! I due ragazzi esultano. Gli altri si voltano, stupiti e invidiosi: ci riusciranno anche loro! Ed è così. I giochi e le attività proposte si rincorrono per un paio d'ore: l'idea di Chiara diventa



## IL FIGLIOL PRODIGO

Ecco un piccolo assaggio delle attività di MateFitness per esercitarsi con le potenze:

**Quando riceve lo stipendio, di 1024 soldi, Carlo spende ogni giorno metà di quel che possiede. Quanti giorni impiega per rimanere senza neanche un soldo?**

Per la soluzione: [www.matefitness.it/indovinellidicarta](http://www.matefitness.it/indovinellidicarta)

un suggerimento per Paolo e l'errore di Giulia aiuta Roberta a trovare la soluzione, che spiegherà a tutti. Alla fine di ogni gioco, la domanda sorge spontanea: "E la matematica che fine ha fatto? Finora abbiamo solo giocato!". E l'animatore risponde: "La matematica può essere un gioco! Per risolvere l'ultimo enigma abbiamo usato le potenze". O il calcolo della probabilità, o altro ancora. E la terza B non se n'era nemmeno accorta...

### Matematica all'acquario

A tre anni e mezzo dall'apertura, MateFitness ha consolidato la sua sede all'interno di Palazzo Ducale e affianca alle attività della palestra, con scolaresche o pubblico generico, la partecipazione a grandi eventi scientifici genovesi e nazionali (come il Festival della matematica di Roma) e la progettazione di laboratori didattici e percorsi tematici da svolgere direttamente a scuola. A oggi lo staff impiega quattro persone e una ventina di animatori scientifici.

La palestra è frequentata soprattutto dalle scolaresche (dalla scuola primaria alla secondaria di secondo grado) in occasione di uscite e originali viaggi d'istruzione. Una delle attività preferite dai docenti che contattano l'organizzazione per prenotare una visita è il percorso tematico intitolato *Le geometrie del mare*, che MateFitness propone in collaborazione con l'Acquario di Genova e che consiste in un laboratorio speciale sul tema della geometria piana e delle simmetrie, con una visita parallela a una selezione di vasche dell'acquario più grande d'Europa. Il percorso è sviluppato su tre livelli di approfondimento, per adattarsi alle esigenze e competenze degli studenti di diverso grado scolastico e mira ad approfondire lo studio dal punto di vista sia geometrico sia evolutivo di molte delle specie presenti nell'acquario, evidenziando quanto la matematica sia davvero un linguaggio universale, attraverso il quale si esprime anche la natura.

Allo staff sta particolarmente a cuore, inoltre, mostrare la matematica che si nasconde intorno a noi, nella nostra vita quotidiana e animare con giochi, cacce al tesoro a tema, sfide spettacolari, anche i luoghi dove la matematica non è di casa: piazze, strade e perfino le spiagge della Riviera ligure. Il pubblico non si è tirato indietro nemmeno sotto l'ombrellone!

### MateFitness al festival

In occasione del Festival della scienza di Genova, lo staff di MateFitness ha progettato negli ultimi tre anni alcuni grandi laboratori tematici: nel 2007 è stata la volta di *Etnomatematica, alla scoperta delle radici della matematica*, una mostra-laboratorio che ha dimostrato ai visitatori come diverse civiltà, seguendo percorsi differenti, siano giunte in tempi e luoghi diversi alla formulazione dei nostri stessi risultati matematici.

Nel 2008, lo staff ha voluto "smontare" il luogo comune che vede i numeri e i calcoli come i protagonisti assoluti della materia, proponendo un laboratorio molto apprezzato da grandi e piccini dal titolo *Una matematica diversa, viaggio nella matematica senza i numeri*. L'obiettivo era mostrare che essere precisi e rapidi nel fare i calcoli non è affatto sinonimo di "essere bravi in matematica", in quanto questa complessa e intrigante disciplina necessita anche di una buona quantità di intuizione e creatività e i suoi confini risultano ben più ampi di quanto non si pensi. Il pubblico si è cimentato quindi con geometria, logica, teoria dei giochi, topologia e altre discipline poco conosciute, scoprendo quanta matematica si possa "fare" senza ricorrere ai numeri. Per il Festival 2009, MateFitness ha progettato *Digilandia*, un laboratorio interamente dedicato alla scienza del futuro, l'informatica, mostrando in modo semplice e divertente le numerose interrelazioni tra queste due discipline e proiettando i visitatori all'interno del computer, per capire come funziona, come "ragiona" e come "conta". ➔



## IN RETE!

**Base 5** Interessante e completa raccolta di giochi matematici. <http://utenti.quipo.it/base5>

**Logicamens** Collezione di quiz esclusivamente logici. [www.logicamens.com](http://www.logicamens.com)

**Maddmath** Sito di divulgazione di matematica applicata nato nel 2008 per iniziativa di un gruppo di membri della Società italiana di matematica applicata e industriale (SIMAI). <http://maddmath.simai.eu>

**MateFitness** Sito del progetto. [www.matefitness.it](http://www.matefitness.it)

**Matematicamente** Portale di matematica con materiale utile per chi va a scuola e non solo... [www.matematicamente.it](http://www.matematicamente.it)

**Math.it** Portale di didattica della matematica, con tanto di giochi online. [www.math.it](http://www.math.it)



## PER APPROFONDIRE

- G. Filocamo, *Mai più paura della matematica*, Kowalski, Milano 2009.
- R. Ghattas, *Insalate di matematica. Sette buffet per stimolare l'appetito numerico*, Sironi editore, Milano 2004.
- L. Girelli, *Noi e i numeri*, Il mulino, Bologna 2006.
- R. Lucchetti, *Di duelli, scacchi e dilemmi*, Mondadori, Milano 2008.
- W. Maraschini, *Bravi in matematica*, Bruno Mondadori Editore, Milano 2008.
- P. Odifreddi, *Matematico e impertinente*, Mondadori, Milano 2008.
- S. Tobias, *Come vincere la paura della matematica*, Tea, Milano 2002.



### CECILIA TRIÀ

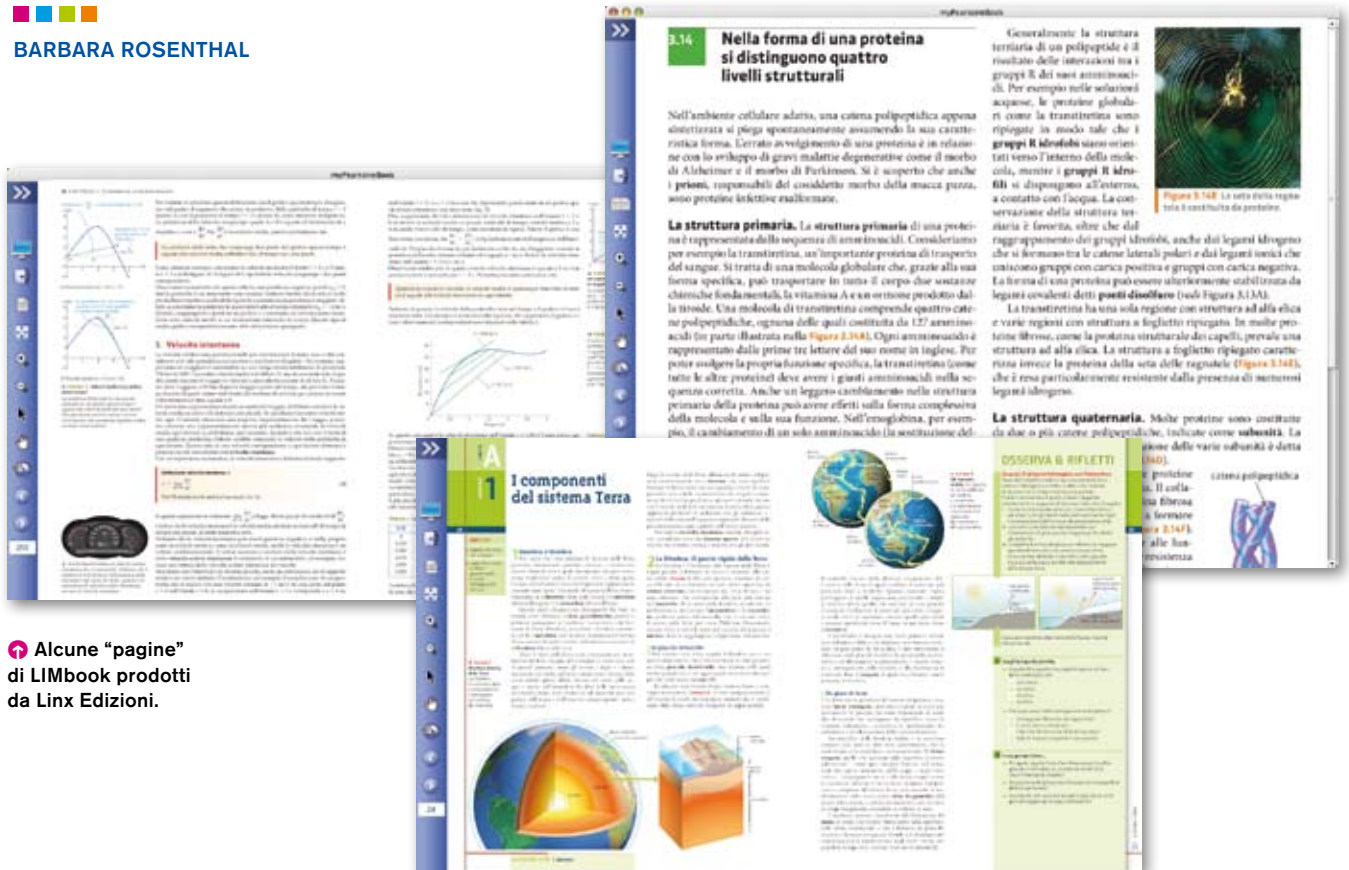
collabora con MateFitness dal 2007 come responsabile operativo e si occupa di marketing e comunicazione. È laureata in comunicazione multimediale e di massa.

# Cancellino digitale

Arriva la LIM, la lavagna interattiva multimediale: uno strumento che, parlando lo stesso linguaggio degli studenti, cattura la loro attenzione e rende più coinvolgenti le lezioni in classe. Favorendo l'apprendimento attivo.



BARBARA ROSENTHAL



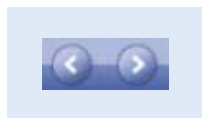
Alcune "pagine" di LIMbook prodotti da Linx Edizioni.

I modelli comunicativi e linguistici dei giovani sono cambiati: la generazione dei nativi digitali è cresciuta in un mondo in cui lo scambio di informazioni è reso facile e veloce dall'uso di molteplici strumenti tecnologici, che sono parte della vita di ogni giorno. Le forme di comunicazione legate al Web 2.0, quali blog, social network e forum, oltre all'*instant messaging* e all'uso dei telefoni cellulari, hanno modificato profondamente le modalità di relazione. Tenersi continuamente in contatto mettendo in comune esperienze, musica, filmati e immagini, è ormai una pratica consueta per i più giovani, che ha contribuito a renderli particolarmente sensibili agli stimoli visivi e ad abituarli al confronto, alla condivisione di idee, alla partecipazione a discussioni riguardanti argomenti che destano il loro interesse [1], [2].

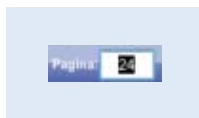
Strumenti e metodi formativi, per essere efficaci, hanno bisogno di adeguarsi alle mutate esigenze degli studenti e dei loro stili di apprendimento, oggi centrati sull'esplorazione, specialmente attraverso computer e Web, utilizzando nuove tecnologie informatiche e supporti didattici interattivi e multimediali. Poter lavorare con strumenti ai quali i ragazzi sono abituati e ai quali attribuiscono un significato "ludico" è uno straordinario elemento di motivazione e interesse per un accostamento allo studio positivo e coinvolgente. È importante dunque introdurre nell'insegnamento quotidiano, insieme al tradizionale (e comunque sempre attuale) linguaggio testuale, un linguaggio vivo che sia in grado di catturare l'attenzione e coinvolgere attivamente i discenti in un percorso di studio che integri diversi mezzi, analogici e digitali.



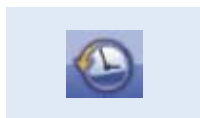
## PULSANTI FACILI NEI LIMBOOK



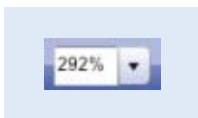
**freccie:** usa le frecce per sfogliare il libro pagina per pagina



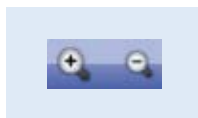
**cerca pagina:** inserisci il numero della pagina che cerchi nello spazio assegnato e poi digita invio



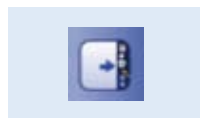
**torna:** torna all'ultima pagina visitata



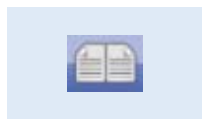
**ingrandimento:** scegli nel menu a tendina una percentuale d'ingrandimento o riduzione



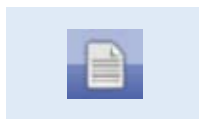
**lente:** usa le lenti per ingrandire o ridurre l'intera pagina



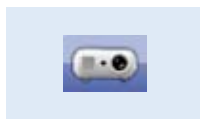
**sposta barra:** sposta il menu a destra o a sinistra della pagina



**visualizza doppia:** passa alla visualizzazione per doppia pagina



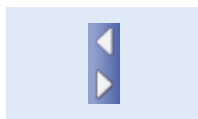
**visualizza singola:** torna alla visualizzazione per pagina singola



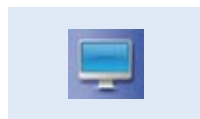
**proiettore:** passa alla modalità di visualizzazione per lavagna interattiva e fai clic su un'immagine per ingrandirla



**zoom no:** se hai ingrandito un'immagine, fai clic su questo pulsante per tornare alla pagina completa



**zoom sfoglia:** usa queste frecce per passare da un'immagine ingrandita all'altra.



**normale:** torna alla visualizzazione normale

### La lavagna elettronica

Strumento privilegiato dell'innovazione della didattica mediante l'uso di tecnologie informatiche è la lavagna interattiva multimediale (LIM). Si tratta di un dispositivo elettronico con uno schermo di grandi dimensioni collegato a un computer e a un proiettore. È facile da usare come la classica lavagna di ardesia; a differenza di questa, tuttavia, consente non solo di scrivere, ma anche di navigare in rete e soprattutto di riprodurre contenuti e applicazioni digitali, e di interagire con essi. La LIM ha infatti in dotazione un software che permette di intervenire su immagini e testi, arricchendoli con nuove scritte, spostandoli o cambiandone dimensione e colore. Il tutto mediante una speciale penna che, oltre ad avere le stesse funzioni del mouse di un computer, consente di scrivere direttamente su ciò che viene visualizzato.

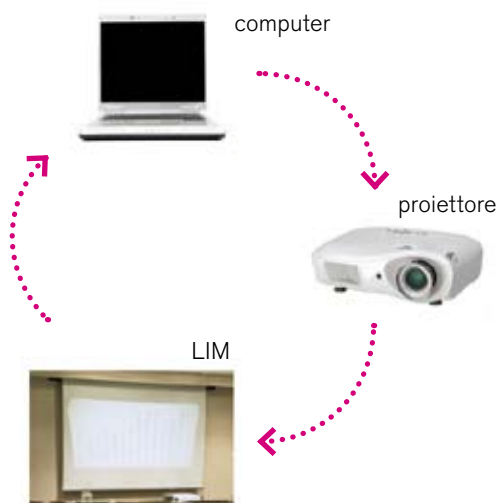
### Scrivere e...

La lavagna interattiva multimediale si integra perfettamente nel lavoro quotidiano dell'insegnante in classe poiché si sostituisce alla lavagna tradizionale senza perderne le funzioni e anzi aggiungendone di nuove. Sulla superficie interattiva è possibile ancora scrivere e disegnare, ma c'è in più la possibilità di archiviare il lavoro svolto nel computer collegato, per riutilizzarlo in seguito in classe o per il recupero di lezioni perse dagli assenti. E sono possibili numerose altre funzioni: con lo zoom si può ingrandire una parte dello schermo per visualizzare meglio un'immagine o una parte di testo; con la

penna si può sottolineare, evidenziare, cerchiare o scrivere sulla pagina del libro di testo. Inoltre, tutte le risorse a corredo dei manuali sono a disposizione e facilmente accessibili, senza dover ricorrere a lettori CD o DVD o altri strumenti, ma semplicemente attivando i contenuti digitali disponibili. Gli studenti possono essere coinvolti per completare un esercizio alla lavagna o scrivere su una pagina digitale, senza perdere nulla alla fine della lezione.

### Le proposte di Linx

Seguendo le più recenti disposizioni di legge, a partire dall'anno scolastico 2009-2010 tutti i libri di testo editi da Linx Edizioni sono libri misti, cioè prevedono una parte cartacea e una digitale. Ogni corso è composto da un libro di testo, da materiali didattici multimediali strettamente associati ai suoi contenuti (disponibili in DVD) e da un LIMbook, ovvero una versione digitale del testo, sfogliabile a video con un normale computer o con la LIM. Tutti i materiali multimediali abbinati a ciascun libro sono disponibili anche nel Companion Website del corso, un sito (accessibile da <http://linxedizioni.it>), riservato a chi adotta e possono essere visualizzati e utilizzati con la massima efficacia didattica attraverso una LIM. Generalmente i materiali presenti nei Companion Website sono organizzati in sezioni separate, per docenti e studenti. La prima include verifiche, presentazioni, immagini, animazioni, filmati, approfondimenti, attività e schede di lavoro. La seconda comprende materiali multimediali per studiare e ripassare in modo divertente e interattivo. Ogni docente può



🔗 **Collegando un computer a un proiettore, l'immagine del computer viene proiettata sulla lavagna. Così, si può lavorare direttamente sullo schermo tramite le apposite penne e salvare le modifiche sul computer.**

accedere a tutti i corsi Linx in formato digitale e ai materiali correlati, avendo a disposizione una vera e propria biblioteca scientifica virtuale, in costante crescita e aggiornamento.

### I libri attivi

Nel 2009 Linx Edizioni ha inoltre inaugurato la produzione di libri attivi, gli Active Book: si tratta di LIMbook speciali in cui sono incorporati, pagina per pagina, tutti i contenuti multimediali e interattivi associati al testo, alle rubriche e agli esercizi, attivabili mediante icone opportunamente posizionate. Per l'anno scolastico 2009-2010 Linx Edizioni ha prodotto e messo in vendita tre libri attivi: un testo di fisica, uno di biologia e uno di scienze della Terra, tutti per il biennio e ha attualmente in produzione il libro attivo di "Il Nuovo Immagini della biologia" di Campbell per il triennio.

L'utilizzo dei libri attivi con la LIM offre la possibilità di fare lezione in modo dinamico mettendo gli studenti al centro del processo di apprendimento: è così più facile catturarne l'attenzione, favorendo una più rapida comprensione dei concetti in un clima di collaborazione e partecipazione. Inoltre, il fatto di poter ingrandire l'oggetto di studio può costituire un aiuto nel caso di studenti con disturbi della vista o dell'udito e difficoltà di attenzione o concentrazione oppure affetti da dislessia. Il libro attivo offre un modo alternativo di presentare e utilizzare il libro di testo, ma non intende sostituirsi a esso. Per ogni situazione, il docente potrà individuare lo strumento e la modalità più adatti per ottenere i risultati migliori. ➔

## DIFFUSIONE, PROGETTI E INIZIATIVE

La lavagna interattiva multimediale ha cominciato a entrare nelle scuole alla fine degli anni novanta nei paesi anglosassoni e in meno di un decennio si è diffusa rapidamente. Oggi i paesi che la utilizzano maggiormente sono gli Stati Uniti, il Canada e il Regno Unito, seguiti dal Messico. In Italia sono da segnalare alcune iniziative per integrare le nuove tecnologie nella didattica. Tra queste DiGiScuola, uno dei primi progetti promossi (nel 2006) dal Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca per la diffusione delle lavagne interattive: attraverso la fornitura delle apparecchiature utili e la realizzazione di un progetto formativo curato dall'Agenzia



### RISORSE

1. P. Ferri, *Nati digitali*, "Linx Magazine" n.1.  
<http://magazine.linxedizioni.it/2008/09/25/nati-digitali>
2. A. Marcante, *Nuovi media digitali: equivoci tecnologici e opportunità didattiche*, "Linx Magazine" n.3.  
<http://magazine.linxedizioni.it/2009/04/06/nuovi-media-digitali-equivoci-tecnologici-e-opportunita-didattiche>

nazionale per lo sviluppo dell'autonomia scolastica, DiGiScuola ha coinvolto più di 500 scuole secondarie di secondo grado dell'Italia centrale e meridionale e 3300 insegnanti, distribuendo oltre 1600 lavagne digitali. Il progetto ha anche realizzato percorsi di formazione dei docenti per apprendere l'uso delle LIM e dei contenuti digitali con le classi. Si sono moltiplicate anche le iniziative locali, per esempio *SLIM4DIDA* a Trento, il progetto *Lavagna interattiva multimediale e didattica* in Lombardia e il progetto *Scuola 8.0* di Bologna. Quest'anno il Ministero dell'istruzione ha stanziato i fondi per l'installazione di 10 000 lavagne interattive nella scuola secondaria di primo grado.

## SPAZIO AL DOCENTE

«Uso la LIM da poco tempo (a scuola l'abbiamo solo dall'anno scorso) e appena ne avrò imparato a fondo tutte le funzionalità, userò solo quella! Credo che la multimedialità e l'interattività siano mezzi didattici assolutamente insostituibili: poiché interagiscono durante la lezione, gli studenti stanno più attenti (il che costituisce un aspetto didattico fondamentale); inoltre, sono propositivi e si mettono in discussione. L'utilizzo dei libri attivi con la lavagna è molto coinvolgente per ragazzi di 14-15 anni che preferiscono lavorare in modo interattivo piuttosto che leggere il libro: hanno assolutamente bisogno di "vedere", ragionare di fronte a immagini, animazioni, filmati e usano volentieri tutti i materiali didattici disponibili. L'uso della LIM è anche utile per gli studenti dislessici, aiutati moltissimo dalla presenza delle immagini».

*Laura Montefameglio, Istituto tecnico B. Vittone di Chieri.*



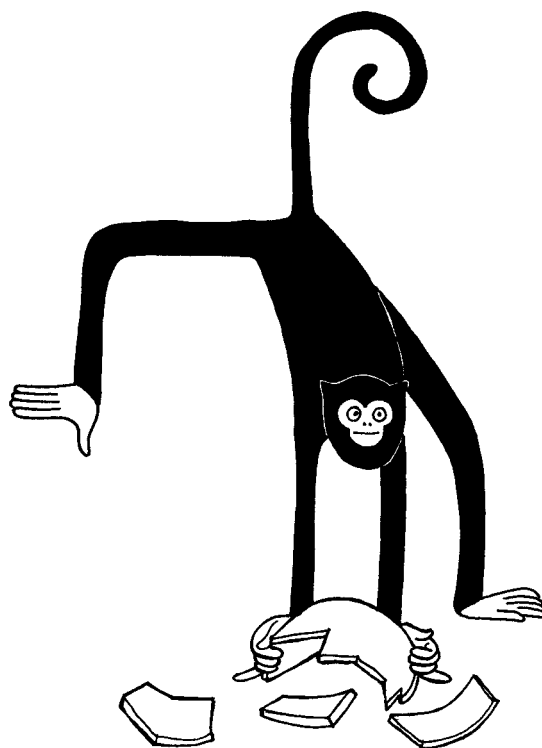
### BARBARA ROSENTHAL

è laureata in filosofia della scienza; dopo un esordio come programmatrice ha scritto di informatica su diverse riviste passando poi a occuparsi di editoria e in particolare modo di aspetti legati alla multimedialità. Appassionata di matematica e di nuove tecnologie, collabora con Linx in qualità di redattrice multimediale.

# Piccolo elogio dell'immaginazione

Lunga preparazione, lavoro accurato, analisi rigorosa: sono tutti passaggi necessari per il processo di creatività scientifica, ma non sempre bastano. Un docente illustra, a partire da un suggestivo brano di Borges, la parallela importanza dell'immaginazione, intesa come slancio imprevedibile e improvviso.

■ ■ ■ ■  
 LUCA UMENA



**R**iferendosi a un'immaginaria enciclopedia cinese (in un breve racconto intitolato *L'idioma analitico di John Wilkins*) Jorge Luis Borges scrive «gli animali si dividono in:

- a. appartenenti all'imperatore;
- b. imbalsamati;
- c. addomesticati;
- d. maialini da latte;
- e. sirene;
- f. favolosi;
- g. cani in libertà;
- h. inclusi nella presente classificazione;
- i. che si agitano follemente;
- j. innumerevoli;
- k. disegnati con un pennello finissimo di pelo di cammello;
- l. eccetera;
- m. che hanno rotto il vaso;
- n. che da lontano sembrano mosche.

Ora, come alcuni di voi sapranno, questo brano, oltre a rappresentare un emblematico esempio dell'arte e dello humour del suo autore, costituisce anche l'incipit di uno dei libri più interessanti e controversi della seconda metà del Novecento. Mi riferisco al saggio di Michel Foucault *Le parole e le cose*, che si apre proprio con questo elenco borgesiano per realizzare poi, sulla scia

dell'analisi che ne viene fatta, una storia archeologica del sapere e del pensiero simbolico. Ecco precisamente che cosa scrive Foucault: «Nello stupore di questa tassonomia ciò che balza subito alla mente, ciò che [...] ci viene indicato come il fascino esotico di un altro pensiero, è il limite del nostro, l'impossibilità pura e semplice di pensare tutto questo». E in effetti Foucault ha ragione: che cosa c'entrano «i cani in libertà» con le sirene e con quelli «che da lontano sembrano mosche», e da lontano quanto? Qual è il posto dove possiamo vedere, esaminare, analizzare queste strane creature?

## Breve ritratto dell'immaginazione

Nella sua analisi il filosofo francese sostiene che è possibile incontrarle se ci avventuriamo coraggiosamente nel *non luogo* del linguaggio, ma io vorrei aggiungere che possiamo incontrarle anche e soprattutto se entriamo nel fertile spazio della nostra immaginazione. Immaginazione, sia ben chiaro, che non consiste nel credere alla realtà del meraviglioso, ma viceversa nel meravigliarsi (aristotelicamente) della realtà. Immaginazione intesa non come fantasia sfrenata, o speculazione favolosamente irreali, ma come pensiero creativo, come slancio imprevedibile e

improvviso che sfida il rigore razionale senza tuttavia separarsi da esso. Intesa come riordinamento, come nuova possibilità di confronto e di analisi, come capacità di riconoscere tra le cose comuni quelle imprevedute connessioni, quei legami logici o analogici che portano al cambiamento e all'apertura creativa. Non a caso Borges, nel realizzare il proprio elenco, non inventa animali nuovi o fantastici, ma illumina di luce inconsueta creature comuni che siamo sempre stati abituati a pensare in un unico modo. La sua immaginazione, dunque, non rinuncia alla luce della ragione per uscire dalla realtà e trasferirsi in un mondo onirico, ma nonostante ciò non teme nemmeno l'oscurità della contraddizione logica, della non gerarchia, della complessità. In essa infatti troviamo animali «disegnati con finissimi peli di cammello» e cioè disegnati dalla loro stessa natura, addirittura «inclusi nella presente classificazione», ovvero in grado di attraversare tipi logici distinti, violandone impunemente le discontinuità. Inoltre, mettendo «eccetera» a metà dell'elenco e ponendo un misterioso enigma matematico con la parola «innumerevoli», Borges sembra dirci che, per quanto si possa studiare l'immaginazione e farne enciclopedie,



## «Le scoperte scientifiche non sono altro che esplorazioni o meglio esplosioni di analogie nascoste» *Jacob Bronowski*

essa comunque sfuggirà da queste per andare a fondarne di proprie, e che solo con l'immaginazione ci si può avvicinare all'immaginazione.

### Per conoscere, la logica non basta

Il saggio di Foucault, e io concordo con la sua analisi, ci dice anche di più, e cioè che l'immaginazione non serve solo a studiare sé stessa, ma tutto il sapere, soprattutto se siamo interessati alla sua parte più sfumata e creativa, quella in cui emerge la necessità di non fissarsi sui significati letterali, di giocare con i tipi logici, di imparare a fidarsi di Epimenide più che a tentare di risolverne il famoso enigma («tutti i cretesi sono bugiardi»). Solo così, infatti, è possibile realizzare una profonda riorganizzazione mentale, una revisione dei nostri quadri concettuali e produrre sintesi veramente nuove.

È così, ci ricorda l'antropologo Gregory Bateson, che «pensano i poeti, i visionari, gli schizofrenici, gli umoristi», ma io aggiungerei alla sua lista anche gli scienziati, o almeno quelli più creativi tra essi. Comunemente si pensa che gli uomini di scienza siano austeri e glaciali, ma se si facesse leggere a un pubblico di non esperti un'antologia di brani tipici estratti dalla corrispondenza e dalle autobiografie di importanti scienziati senza citarne i nomi, e si chiedesse di indovinare la loro professione, la risposta sarebbe: poeti, musicisti, artisti, visionari, pazzi... Persino uno scienziato cauto e giudizioso come Planck, che se è stato rivoluzionario lo è stato suo malgrado, sosteneva che «lo scienziato deve avere una vivida immaginazione [...] per le idee nuove, prodotte non dalla deduzione, ma da un'immaginazione artisticamente creativa». Sembrerebbe insomma che tra la mela di Newton e quella di Cezanne o tra le linee vorticosi dei campi di Faraday e quelle inquietanti dei cieli di Van Gogh, non ci sia poi quella incolmabile distanza che il paradigma razionalista vorrebbe. E che forse l'acuto aforisma di Kafka per il quale «la logica sarà pur ferrea, ma non resiste a un uomo che vuol vivere» può essere

esteso in realtà anche a uno scienziato che vuol conoscere (almeno se per conoscere è costretto a trascendere i limiti del paradigma in cui ha forgiato i propri strumenti cognitivi).

### La natura profonda della creatività scientifica

D'altra parte, dopo l'analisi dello storico della scienza Thomas Kuhn, lo sappiamo bene, una rivoluzione scientifica non si può realizzare con la logica lineare del passo dopo passo, seguendo la luce fin troppo limpida del pensiero deduttivo. Al contrario, può avvenire solo attraverso un salto, in cui oltre a una catarsi intellettuale, è implicata anche una profonda ridefinizione del nostro io, e che proprio per questo può risultare difficile e pericolosa da attuare, perché costringe chi la sperimenta ad «attraversare la minaccia di quel caos dove il pensiero diventa impossibile».

Persino nel razionale e limpido mondo della scienza, dunque, la creatività emerge non come esito finale di un processo logico di tipo inferenziale, ma attingendo a riserve di pensiero imperscrutabili, a dimensioni inconsce, sepolte nelle profondità della nostra psiche e del nostro essere.

Osserva ancora Bateson: «La punta della sonda è sempre e inevitabilmente nel cuore dell'esploratore», in quella zona fertile e misteriosa, in cui dimorano, avvolte nell'oscurità, quelle «ineffabili ragioni che la ragione non comprende». Ragioni non formalizzabili, né traducibili in sillogismi aristotelici, ma non per questo prive di una loro struttura logica o di una forma, seppur anomala, di razionalità. A esse Bateson, e dopo di lui in modo più esaustivo lo psicanalista cileno I. Matte Blanco, hanno dedicato pagine importanti, descrivendone i meccanismi e i principi, che portano il soggetto a usare processi deduttivi differenti da quelli usuali, modalità di pensiero diverse, in cui prevalgono forme logiche e sillogismi di tipo metaforico.

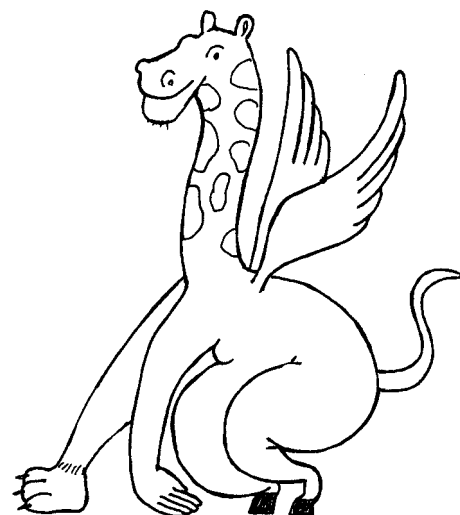
Così al celebre sillogismo: «Tutti gli uomini

sono mortali / Socrate è un uomo / dunque Socrate è mortale» viene a sostituirsi quello altrettanto famoso, formulato non a caso da un umorista (Woody Allen) per cui: «Tutti gli uomini sono mortali / Socrate è mortale, / ergo tutti gli uomini sono Socrate».

Eppure, al di là della sua dimensione umoristica questa esasperata tendenza a costruire analogie, a confondere tipi logici distinti (mescolando tra loro soggetti e predicati) concentrandosi più sulle relazioni e le connessioni metaforiche che sugli enti e le loro differenze, e utilizzando forme di pensiero più iconiche che verbali, può risultare molto importante dal punto di vista euristico perché, come ha osservato il matematico-biologo Jacob Bronowski, «le scoperte scientifiche non sono altro che esplorazioni o meglio esplosioni di analogie nascoste».

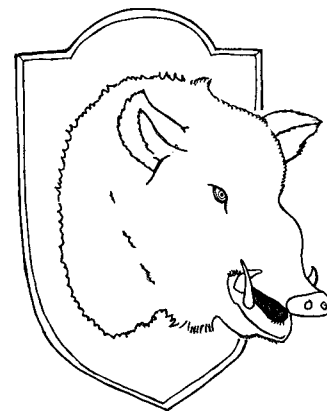
### Pensare per immagini

Lo scienziato creativo (Einstein ne è forse l'esempio più noto e rappresentativo) pensa non tanto per concetti quanto per immagini, sfruttando, nella fase iniziale di elaborazione creativa, forme di pensiero analogiche e metaforizzanti, più che analitiche e concettuali. In un bel saggio sull'importanza dell'immaginazione nella scienza, l'epistemologo americano





## «Il mondo neppure sospetta quanti pensieri e quante teorie che hanno attraversato la mente di un ricercatore scientifico sono stati schiacciati in silenzio e in segreto» *Michael Faraday*



Gerald Holton ha mostrato che molti scienziati – compresi i nostri Fermi e Galileo – hanno elaborato le proprie teorie, servendosi non solo del rigore logico, ma addirittura di ben tre forme diverse di immaginazione, da lui classificate come *iconica*, *metaforica* e *tematica*.

A differenza di quanto sostengono i filosofi ateniesi (e più recentemente i filosofi analitici) il linguaggio e l'analisi per concetti non riflettono né esauriscono lo spazio del pensiero; al contrario, in alcuni casi, come ha notato lo psicologo Robert S. Woodworth, «siamo costretti a sbarazzarci del linguaggio per poter pensare con chiarezza». E questo perché, nel pensare iconicamente, la mente si libera per qualche istante della rigidità e della precisione dei concetti verbali e delle specializzazioni tecniche, acquisendo maggiore leggerezza e versatilità. In uno stato paragonabile a quello del sogno, immersa in una sorta di rêverie, essa

riesce a svelare analogie e similitudini nascoste, connessioni e proprietà solitamente trascurate perché rese invisibili dalla cecità dell'abitudine. Non a caso Einstein, Cartesio, Kekulé (il primo a ipotizzare la struttura ciclica del benzene), e molti altri scienziati hanno avuto alcune delle loro idee più importanti proprio mentre riposavano a letto.

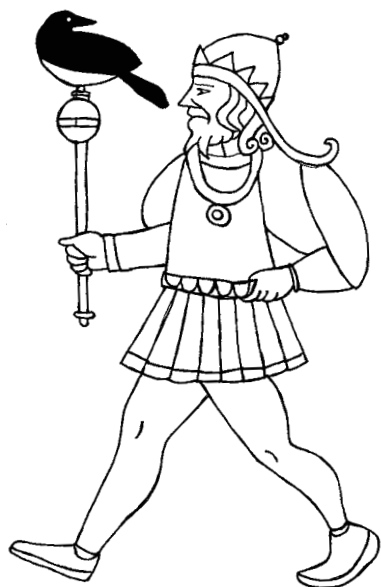
### Non sapere di sapere

Sorprendentemente, insomma, sembrerebbe che un indebolimento dell'io cosciente e del pensiero finalistico riesca a favorire non solo la scoperta artistica, ma anche quella scientifica. Per non ostacolare la nostra creatività occorre mantenere un atteggiamento misto di fiducia e indifferenza, sospendere l'azione e la ricerca consapevole di fatti e ragioni. Occorre conservare zone oscure di non consapevolezza e rinunciare al primato della finalità cosciente, come suggerisce quella storia del millepiedi che camminava benissimo finché non gli chiesero quale piede muoveva per primo. Oltre a "sapere di non sapere", dunque, è parimenti importante anche "non sapere di sapere". «Manteniamo il silenzio sull'oscuro e sull'impenetrabile. Scendiamo mostrando il velo che non abbiamo mai alzato», notava Pessoa. E in effetti questo è ciò che sembrano fare alcuni artisti particolarmente creativi. «Credo che il solo modo di trovare una cosa sia quello di non cercarla», osserva Borges parlando della propria attività poetica. E dal canto suo Picasso conferma: «Io non cerco, io trovo». Ma dichiarazioni analoghe, anche se può sembrare strano, possiamo trovarle persino in autobiografie di scienziati lucidi e rigorosi come Gauss, Helmholtz, Poincaré e altri.

### La necessaria luce del rigore

A questo punto, tuttavia, è necessaria una precisazione: mi rendo conto che con quanto detto finora potrei aver dato l'impressione di sottovalutare l'importanza del rigore e del lavoro di pulizia logica nei processi di scoperta scientifica. E, viceversa, di aver amplificato oltre misura il valore dell'immaginazione e del pensiero "inconscio", proponendo una concezione della scienza (e dell'arte) pericolosamente romantica, in cui per realizzare un'opera creativa è sufficiente ascoltare il proprio demone socratico e lasciarsi attraversare passivamente dal flusso magmatico dell'ispirazione.

In realtà, anche io, come qualunque altro ricercatore scientifico, so bene quanto possa risultare pericolosa una concezione di questo tipo e quante illusioni e frustrazioni essa possa produrre. Se da un lato, infatti, possiamo dire che "l'arte accade" e che le scoperte scientifiche più creative non derivano da processi volontari e rigorosi ma da meccanismi inconsci, dall'altro dobbiamo anche riconoscere che senza una lunga e faticosa fase preliminare di formazione, lavoro e incubazione, e una successiva fase di analisi, rielaborazione e controllo, non è possibile scoprire quasi nulla. Qualsiasi atto di scoperta, almeno in campo scientifico, non può prescindere da queste due fasi e non può avvenire soprattutto senza l'acquisizione di un'abilità tecnica raffinata (raffinata a tal punto da sembrare addirittura "inappresa"). Come ha sottolineato Michael Faraday, e cioè uno degli scienziati più geniali e visionari della storia della scienza, «il mondo neppure sospetta quanti pensieri e quante teorie che hanno attraversato la mente di un ricercatore scientifico sono stati schiacciati in silenzio e in segreto» (sotto la pressione di rigorose indagini critiche). Spigolando tra le autobiografie degli



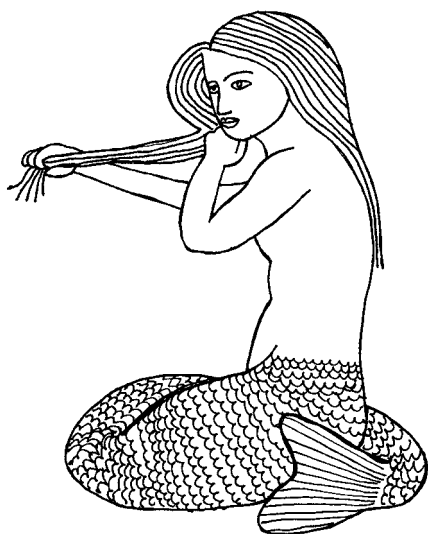


## «Credo che il solo modo di trovare una cosa sia quello di non cercarla» Jorge Luis Borges

scienziati più famosi emerge in effetti un numero impressionante di esempi in tal senso. L'immaginazione quindi è condizione necessaria ma non certo sufficiente per elaborare una teoria creativa e al tempo stesso scientifica. Essa ci permette di oltrepassare quelle abissali zone di ignoto che separano un paradigma dall'altro, ma poi il resto della strada va percorso con cautela sotto la limpida luce del rigore.

### Scienza e metafore: dal rifiuto all'accoglienza

D'altra parte, si sa, la scienza è emersa proprio dal rifiuto del pensiero metaforico e del principio generico e vago di "somiglianza". Principio che, al contrario, permeava profondamente l'atmosfera culturale del Cinquecento. Nella sua critica al Tasso, per esempio, Galileo attaccava così la tendenza baroccheggiante e metaforica del poeta. Scrive Tasso: «... è un'eco, un sogno, anzi del sogno un'ombra ch'ad ogni vento si dilegua e sgombra». Protesta Galilei, nei suoi *Scritti letterari*: «Non ho più saputo



che il vento abbia le proprietà di sgombrare e dileguare l'eco, il sogno e l'ombra, ma si bene il fumo...». E ben più critico diventa in alcune pagine del *Saggiatore*, proprio perché lì analizza la questione non più in ambito letterario, ma scientifico.

Fin dal suo primo apparire, insomma, la scienza si è caratterizzata per il metodico rifiuto delle similitudini e delle generalizzazioni vaghe e affrettate e per l'opposto tentativo di affidarsi a idee e a percezioni che risultassero indubitabilmente chiare e distinte, sostituendo alla non gerarchia metaforica delle somiglianze il bisturi affilato di un pensiero analitico, basato sui concetti di identità e differenza. Questo ripudio della metafora e dell'immaginazione e questa sistematica decisione di eliminarne ogni residuo dalla prassi scientifica, ha trovato forse la sua più radicale espressione epistemologica nel neopositivismo primo novecentesco, ma ancora fino a qualche anno fa il filosofo francese Gaston Bachelard continuava a sottolineare che «una scienza che ammetta le immagini è più di ogni altra vittima delle metafore e lo spirito scientifico deve lottare ininterrottamente contro le immagini, contro le analogie e contro le metafore». Solo così infatti, secondo Bachelard, è possibile ottenere un pensiero limpidamente puro ed oggettivabile. Potremmo dire un pensiero che abbia – almeno in apparenza – lo statuto universale della necessità: «Fate in modo che i vostri risultati appaiano necessari», raccomandava Pasteur ai suoi collaboratori. E certo è difficile negare che questa sia una premessa educativa da cui poter prescindere se si ha l'ambizione di diventare un vero ricercatore scientifico. Non bisogna dimenticare, tuttavia, come sostiene Bateson, che se l'immaginazione



### LUCA UMÈNA

insegna matematica e fisica presso il liceo classico F.A. Gualterio di Orvieto. L'articolo che ha presentato trae origine da un suo intervento al seminario nazionale del Circolo Bateson tenutosi a Roma nel gennaio del 2006.

da sola può condurre alla pazzia, «il rigore da solo è la morte per paralisi». Per concepire idee veramente nuove, dunque, bisogna imparare ad oscillare tra le necessarie distinzioni prodotte dal rigore della logica e del pensiero analitico e le non meno necessarie (sebbene più rischiose e imprevedibili) connessioni prodotte dall'immaginazione e dal pensiero metaforico. Chiuderei ancora con una citazione di Bateson: «C'era una volta un artista molto arrabbiato (William Blake), che scribacchiava cose di ogni genere. Dopo la sua morte guardarono nei suoi quaderni e videro che in un posto aveva scritto "i savi vedono i contorni e perciò li disegnano", ma in un altro aveva scritto: "I pazzi vedono i contorni e perciò li disegnano"». ●

*Vorrei ringraziare Stefano Benni per aver discusso e analizzato con me alcune delle idee contenute nella prima parte dell'articolo.*



### PER APPROFONDIRE

- A. Koestler, *L'atto della creazione*, Astrolabio Ubaldini, Roma 1975.
- G. Bateson, *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano 1976.

# RICERCA E NON SOLO

Dopo la laurea, percorsi a confronto

## Chimica e tecnologia farmaceutiche (CTF)

### MARCO BIAGI

Ha 32 anni e vive e lavora a Siena. È collaboratore, con contratto a progetto, dell'Unità operativa di biologia farmaceutica del Dipartimento di scienze ambientali dell'Università.



### MAURA LAELLA

Si occupa della sperimentazione clinica dei farmaci e della formazione scientifica di medici presso l'azienda farmaceutica Novartis. Ha 39 anni e vive in provincia di Milano (dove è nata).



#### Qual è stato il tuo percorso di studi?

Liceo scientifico, corso di laurea in chimica e tecnologia farmaceutiche e dottorato di ricerca in scienze farmaceutiche, tutto a Siena.

Liceo scientifico a Corsico, laurea in chimica e tecnologia farmaceutiche all'Università di Milano con tesi sperimentale in farmacologia e un master in *basic marketing* all'Università Bocconi.

#### Quando hai deciso di studiare CTF? Che cosa ti ha influenzato?

Alla fine del liceo. Mi interessavano le facoltà scientifiche e CTF era quella con le migliori prospettive di impiego in un ambito affine alle discipline studiate.

Mi piaceva la chimica e ancor più l'idea di applicarla alle scienze biologiche e al mondo della salute; inoltre, mi sembrava che CTF offrisse un margine molto ampio di possibilità lavorative. E poi avevo una carissima amica che già lo faceva e che mi è stata d'esempio.

#### Che cosa ti aspettavi da questa disciplina?

Non avevo le idee chiare su che cosa avrei trovato. Sapevo che sarebbe stato un corso di laurea "pesante" e mi aspettavo un notevole impegno nei laboratori chimici e farmaceutici.

Di sicuro che avrei dovuto studiare molto! Più in generale, che mi avrebbe permesso di entrare nel mondo della scienza, di capire come funzionava la ricerca, come erano fatti i laboratori e quali attività vi si svolgevano.

#### Le tue aspettative sono state soddisfatte?

Mi reputo molto soddisfatto della scelta. Il corso è stato impegnativo, ma affrontabile. Non c'erano tanti laboratori farmaceutici, ma ce n'erano molti di chimica. Ho trovato appropriato il fatto che, in tutte le materie, si cercava di mettere in relazione quanto spiegato con il mondo dell'industria.

Del tutto. È una facoltà che mi sento di consigliare, con un avvertimento: "tenere le antenne alzate" per saper cogliere la propria strada. CTF offre tanti percorsi, poi sta a ogni studente scegliere quello per lui più significativo.

#### Che cosa hai fatto dopo la laurea? È quello che avresti voluto fare?

Sono entrato come tesista nel laboratorio di biologia farmaceutica dell'Università e lì sono rimasto, occupandomi sempre di chimica e farmacologia di piante medicinali. Per esempio, ho studiato l'attività antinfiammatoria delle acque di vegetazione (gli scarti) dell'olio di oliva e l'attività antiossidante dei polifenoli del vino rosso.

Poco alla volta, ma in modo deciso, mi sono avvicinata al mondo del marketing, con l'idea di applicare la scienza al business e dedicandomi al medical marketing. Da una preparazione scientifica sono passata a una prospettiva economica, per poi tornare alla scienza, messa a disposizione di tecniche di marketing e di vendita.

#### Qual è stato il tuo primo lavoro?

Una collaborazione con contratto a progetto nello stesso laboratorio. In parallelo, ho avuto anche alcuni contratti occasionali in una grande industria farmaceutica come tecnico di convalida di processi produttivi.

Clinical monitor, una figura professionale che opera presso centri ospedalieri con il compito di seguire e controllare lo svolgimento delle sperimentazioni cliniche sui farmaci e la successiva registrazione dei dati ottenuti.

#### Oggi di che cosa ti occupi?

In parte di ricerca, ma prevalentemente di formazione e didattica, con assistenza ai docenti del mio gruppo disciplinare. Inoltre, sono tutor del master e dei corsi di perfezionamento in fitoterapia dell'Università di Siena. In Italia non ci sono corsi di laurea dedicati alla fitoterapia: una preparazione completa in questo campo si acquisisce solo dopo la laurea.

Rivesto due ruoli. Sono responsabile degli studi clinici locali in ambito cardiometabolico della mia azienda e seguo la preparazione professionale e scientifica e l'organizzazione del lavoro sul territorio di un gruppo di medici che hanno il compito di approfondire dal punto di vista scientifico i dati dei nostri prodotti e di presentarli alla comunità scientifica.

#### Che cosa ti piace di più del tuo lavoro di oggi?

Sul fronte della ricerca, la possibilità di sviluppare autonomamente le mie idee scientifiche.

La possibilità di coniugare scienza ed economia e il far parte di un gruppo che opera nel campo della salute, gestendo farmaci che in molti casi permettono di salvare vite umane.

#### Come ti vedi in futuro?

La chimica farmaceutica applicata ai prodotti naturali è un settore in grandissimo sviluppo. Non so ancora in che forma e in che ambito (se pubblico o privato), ma continuo a vedermi coinvolto sia nella formazione post lauream, sia in attività di ricerca.

Mi auguro semplicemente di poter continuare a crescere in questo ambito lavorativo.

#### Quali sono i tuoi interessi al di fuori del lavoro?

Tutto il mio tempo libero è assorbito dalla presidenza di un'associazione che si occupa di sport e di volontariato in ambito animalista e ambientalista.

Tra il lavoro e i miei due figli il tempo a disposizione non è molto... Comunque, sono appassionata di viaggi, teatro e arredamento di interni.

# Scienze agrarie

## STEFANO FUGAZZA

Originario di Voghera, ora vive a Casteggio (entrambi in provincia di Pavia). Ha 32 anni ed è funzionario alla multinazionale chimica Basf Italia.



## LUCIA ZAPPALÀ

Ha 35 anni; è nata e vive a Catania, dove lavora come assegnista di ricerca all'Università.



### Qual è stato il tuo percorso di studi?

Istituto tecnico agrario a Voghera e laurea in scienze e tecnologie agrarie all'Università degli studi di Milano.

Liceo linguistico e laurea in agraria a Catania; dottorato di ricerca in entomologia generale e applicata con sede all'Università Federico II di Napoli. Durante e dopo il dottorato sono stata per due mesi al Museo di storia naturale di Londra e per un anno all'Università di Gainesville, in Florida.

### Quando hai deciso di studiare scienze agrarie? Che cosa ti ha influenzato?

La mia famiglia è di origine contadina e sono sempre stato interessato all'agricoltura. Già alle medie avevo deciso che avrei fatto l'istituto tecnico agrario e che all'università avrei proseguito in quel settore, anche se per un po' sono stato indeciso tra agraria e veterinaria.

Alla fine del liceo. Ho sempre inteso le lingue più come un mezzo che come un fine e a guidarmi è stata la passione per la biologia. Però volevo fare qualcosa di più applicato, così ho scelto agraria.

### Che cosa ti aspettavi da questa disciplina?

Di approfondire lo studio di alcune materie che avevo già incontrato nella scuola superiore e di ottenere un'adeguata preparazione per inserirmi nel mondo del lavoro.

Di studiare fenomeni biologici, ma con un occhio attento a esigenze produttive ed economiche. Mi aspettavo anche una considerevole parte pratica, di esperienza sul terreno e prove in campo.

### Le tue aspettative sono state soddisfatte?

Non del tutto: l'università non prepara mai perfettamente per il lavoro. Un conto è la didattica, un altro è la pratica quotidiana. Detto questo, non ho rimpianti. Sono stato molto soddisfatto della preparazione culturale ricevuta e non ho fatto alcuna fatica a trovare lavoro.

Non tutte: la parte pratica è quasi completamente mancata, anche se forse era ingenuo pensare di andare all'università per imparare a potare...

### Che cosa hai fatto dopo la laurea? È quello che avresti voluto fare?

Ho cominciato subito a lavorare, come effettivamente desideravo.

Durante gli studi ho scoperto (o forse portato alla luce) una grande passione per gli insetti. Con la tesi, svolta su un insetto di nuova introduzione nel mio territorio, mi sono appassionata allo studio di cose ancora del tutto sconosciute e ho deciso di proseguire con il dottorato.

### Qual è stato il tuo primo lavoro?

Un impiego in un'azienda privata del settore biomedico, interessata a mettere a punto materiali resistenti agli acari. Dovevo trovare substrati alimentari adatti per allevare gli acari, da utilizzare poi nelle prove dei materiali. In seguito, ho lavorato al sindacato Confederazione italiana agricoltori.

Lezioni private di lingue durante il dottorato: ho scoperto l'importanza di essere multitasking. Nello stesso periodo ho avuto anche contratti di insegnamento in corsi di formazione professionale.

### Oggi di che cosa ti occupi?

Di commercializzazione sul territorio di fitofarmaci. In pratica, mantengo i rapporti commerciali tra la sede italiana della Basf e i clienti diretti, che non sono mai singoli agricoltori ma distributori: privati, cooperative oppure consorzi agrari. Questo comporta sia avere a che fare con operazioni di marketing, sia trasmettere ai clienti informazioni tecniche e discuterne con loro.

Di controllo biologico, cioè dell'impiego di insetti (detti "utili") per debellare insetti nocivi. Uso diversi approcci, come lo studio del comportamento e della biologia degli insetti utili e la valutazione della loro efficacia in prove in campo, su agrumi e colture di ortaggi. Mi interesso anche degli effetti secondari degli insetticidi di uso agricolo sugli insetti utili.

### Che cosa ti piace di più del tuo lavoro di oggi?

È decisamente stimolante: è dinamico, mai noioso, concreto e molto legato alla mia formazione professionale di agronomo. In più, è appagante dal punto di vista economico, il che non guasta.

I miei insetti! E poi il fatto di pormi delle domande e di dover trovare il modo di dare risposte, che siano utili in generale. Sento il mio lavoro come un servizio nei confronti di un territorio e di un settore, l'agricoltura, che hanno bisogno. Mi piacciono anche gli aspetti pratici: spesso noi entomologi dobbiamo costruire oggetti (come scatole di allevamento o arene di osservazione) per compiere il nostro lavoro.

### Come ti vedi in futuro?

Sono una persona determinata e mi auguro innanzitutto un miglioramento professionale all'interno della società.

Spero di poter continuare a fare il ricercatore.

### Quali sono i tuoi interessi al di fuori del lavoro?

Ne ho pochi, perché il lavoro è tanto... E c'è la famiglia, che è ovviamente al primo posto nei pensieri extralavorativi.

Il mare, la vela, le passeggiate, la musica. E la lettura: adoro calarmi in un romanzo e leggere all'infinito.

# A BEAUTIFUL MIND

**Silvia Benvenuti** critico cinematografico per un giorno



**Titolo** A Beautiful Mind  
**Titolo originale** A Beautiful Mind  
**Genere** Drammatico/Biografia  
**Anno** 2001  
**Paese** Stati Uniti  
**Produzione** Universal Pictures, DreamWorks SKG, Imagine Entertainment  
**Regia** Ron Howard  
**Cast** Russell Crowe, Ed Harris, Jennifer Connelly, Christopher Plummer  
**Soggetto scientifico** Matematica, teoria dell'equilibrio, teoria dei giochi, economia

## LA TRAMA

È il 1947 quando John Nash, giovane e promettente matematico, entra all'Università di Princeton come studente di dottorato. Solitario, stravagante, poco incline ai rapporti umani, Nash ha un solo obiettivo: trovare un'idea originale per la sua tesi, in grado di proiettarlo istantaneamente nell'olimpo dei matematici che contano. Anzi due obiettivi: convincere una donna a fare sesso con lui, senza perder tempo in schermaglie ipocrite, è l'altro suo pensiero dominante. Quando già i suoi colleghi sembrano averlo superato, in pubblicazioni e successo tra le lenzuola, ecco l'illuminazione: un nuovo concetto di equilibrio, di fondamentale importanza per la moderna teoria dei giochi, rivoluziona le teorie economiche classiche e apre a Nash le porte del prestigioso Massachusetts Institute of Technology. Quasi contemporaneamente, Nash incontra la donna della sua vita, Alicia. Tutto sembra procedere per il meglio, tra segretissimi incarichi governativi e dolci incombenze familiari, quando il dottor Rosen, psichiatra, lo ricovera per schizofrenia: l'amico Charles, la sua nipotina e l'oscuro Parcher, eminenza grigia che tiene i rapporti di Nash con il governo, non sono altro che creazioni della sua mente. Ha inizio una discesa agli inferi a base di elettroshock, coma insulinici e psicofarmaci, che sembra bruciare le capacità intellettuali di Nash, impedendogli di lavorare (e vivere) per anni. Con il sostegno di Alicia e dei vecchi colleghi di Princeton, Nash impara a convivere con i suoi fantasmi, riuscendo in un faticoso ritorno alla vita attiva. Sancito in maniera definitiva dall'attribuzione, nel 1994, del premio Nobel per l'economia.

## IL COMMENTO

Un film sull'amicizia, l'amore, la fiducia, la forza della ragione, la stima, la lealtà. Ma anche sulla solitudine, la cattiveria, la paura e soprattutto l'ambizione. Un film di grandi sentimenti, quindi. E la matematica? Non se ne impara nemmeno un po', fortunatamente! Per imparare ci sono libri, lezioni o, al limite, documentari. Un film ha altri scopi. Questo, in particolare, non parla della matematica, ma di un matematico e dell'ambiente dei matematici e del loro modo di pensare. La matematica, quindi, è relegata alle realizzazioni artistiche di una *window art*, come la chiama l'amico immaginario, che ha il solo scopo di rendere palpabile un'entità altrimenti astratta. Le lavagne e le vetrate coperte di formule non hanno lo scopo di riportare la matematica realmente studiata da Nash, quanto piuttosto quello di dire allo spettatore: «Guarda, il protagonista è un matematico». Raccontare con matematica esattezza la teoria economica di Nash, o dare la sua definizione di equilibrio, è assolutamente lontano dalle intenzioni del film. Tuttavia, a beneficio della esigua minoranza di spettatori matematici, sceneggiatore e regista sono stati molto attenti, con l'aiuto di bravi consulenti scientifici, a non introdurre errori grossolani.



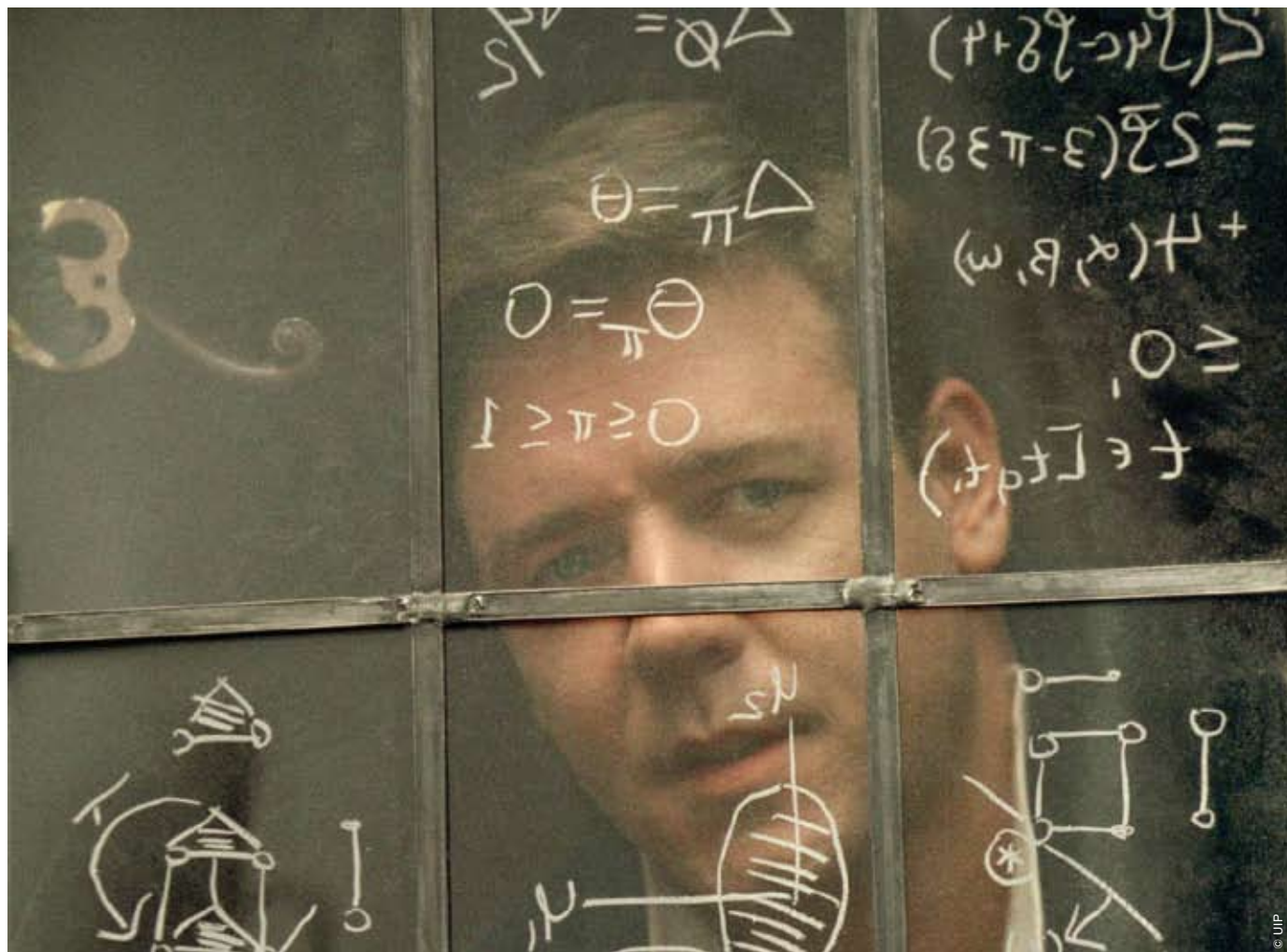
## SILVIA BENVENUTI

è ricercatrice in geometria presso la facoltà di architettura dell'Università di Camerino. Si occupa in particolare di topologia in dimensione bassa, quella branca della matematica che studia gli oggetti come fossero fatti di gomma elastica, cioè privi di proporzioni definite e deformabili a piacimento (senza però effettuare tagli o incollamenti).



## IN RETE!

Il film Scheda dell'Internet movie database.  
[www.imdb.com/title/tt0268978](http://www.imdb.com/title/tt0268978)



Nell'unica scena in cui la lavagna viene inquadrata per un tempo ragionevole, ciò che c'è scritto ha perfettamente senso. Inoltre, si fa emergere per allusioni non solo la matematica per cui Nash è noto al grande pubblico, ma anche quella per cui è conosciuto solo agli addetti ai lavori. Nash, infatti, pur avendo vinto il Nobel per la sua teoria dell'equilibrio, si è occupato di molti altri problemi, che dal punto di vista strettamente matematico sono più rilevanti, come le immersioni di varietà o le equazioni differenziali. Già dalla prima scena del film, si sottolinea anche il ruolo fondamentale giocato dalla matematica nella guerra mondiale prima e nella guerra Fredda poi. Un'attenzione particolare è posta nel descrivere l'ambiente in cui operano i giovani matematici: la pressione per produrre, pubblicare, diventare qualcuno, l'ansia di trovare un'idea veramente originale, la bravura come riscatto sociale, come strategia per distinguersi, diventare importanti. Quello che personalmente ho trovato un po' irrealistico è l'immagine del

matematico in giacca e cravatta, che esula dalla mia esperienza diretta. Che registra invece come più familiare l'immagine del matematico scalzo (Nash prima di una scena chiave del film), che va a far lezione in maglietta, con scarsa attenzione alle necessità materiali («Da quanto tempo non mangi?» è una frase che ricorre più volte), tanto presuntuoso da proclamare che «le lezioni ottundono la mente». Il vero John Nash, stando a interviste più o meno recenti, pare piuttosto compiaciuto di questa biografia preventivamente non autorizzata, che ne mette in risalto la forza di volontà, capace di tenere a bada voci e allucinazioni, riprendendo le redini di una vita che a lungo gli era sfuggita di mano. «La guarigione dalle malattie mentali non sembra essere provocata dalle medicine» dice Nash a un recente festival della matematica di Roma. «A un certo punto io ho smesso di prenderle. Voler essere sani, questa è essenzialmente la sanità mentale». Sarebbe interessante ascoltare in proposito il parere di uno psichiatra. ➔



# SCIENZA AL CENTRO

## Invito ai lettori

Film, spettacoli, libri, CD, siti web: che siano grandi classici oppure novità dell'ultimo minuto, la scienza è al centro di moltissimi eventi o prodotti. Ci piacerebbe che foste voi lettori – docenti, studenti o classi intere – a dar vita a questo spazio. Potete inviarci le vostre segnalazioni, accompagnate da un commento originale, all'indirizzo [redazione@linxmagazine.it](mailto:redazione@linxmagazine.it).

## LIBRI

### Interrogare l'universo con stile

Il criterio estetico guida la ricerca scientifica soprattutto a livello teorico, perché le teorie più sono semplici, sintetiche e generali, più sono considerate "belle" e da preferirsi a quelle meno "elegant" da un punto di vista formale. Con l'appassionante libro *I dieci esperimenti più belli. Da Galileo a Millikan*, scopriamo che anche gli esperimenti possono racchiudere molta "bellezza" (in senso classico), che si rispecchia nella semplicità logica dell'apparato sperimentale, così come del progetto e della sua realizzazione. «Quel che andavo cercando erano quei rari momenti in cui qualche spirito curioso, usando i materiali che aveva a disposizione, aveva trovato il modo di porre una domanda all'Universo, e aveva insistito fino a ottenere risposta» scrive George Johnson. L'intenzione dell'autore,

giornalista scientifico, è stata in pieno realizzata in dieci brevi capitoli, scritti come veri e propri racconti, in grado di condurre il lettore verso storie incredibili, e anch'esse molto belle. Johnson narra, per esempio, di come abbia ricostruito da sé il famoso esperimento di Millikan per isolare la carica elementare dell'elettrone. Il racconto si arricchisce di tutti i particolari che condussero Millikan e il suo assistente Fletcher dalle camere a nebbia di Wilson, che utilizzavano nubi di vapore, all'ideazione di un apparato con singole goccioline d'acqua e poi di olio, perché erano più resistenti. La scelta degli esperimenti è personale: si legge di Galileo (che, per scandire in maniera regolare il tempo di caduta lungo il piano inclinato, probabilmente cantava un motivetto!), delle prove sulla circolazione del sangue di Harvey, di Newton che apriva i colori "come un ventaglio", di Lavoisier, Galvani, Faraday, Joule,

Pavlov, Michelson. O di Fizeau, che per misurare la velocità della luce diresse da una casa dei sobborghi occidentali di Parigi un fascio di luce fino a Montmartre, dove uno specchio lo rifletteva rispeditendolo indietro. L'autore è andato alla ricerca di quei particolari storici, tecnici e anche biografici, che raramente si trovano nei manuali scolastici ma che sono fondamentali per avere un'immagine (quanto possibile) fedele del lavoro degli scienziati. *Francesca E. Magni* <http://lineediscienza.linxedizioni.it/>

**George Johnson**  
*I dieci esperimenti più belli. Da Galileo a Millikan*  
**Bollati Boringhieri, Torino 2009, pp.172, € 20**

### Un gioco pericoloso

Matematica e omicidio: un connubio insolito e decisamente devastante. Ma anche la chiave di lettura di *L'enigma dell'Alfiere*, romanzo poliziesco di S.S. Van Dine. Sia nell'assassinio di Joseph Robin sia nei successivi, tutti gli indizi sembrano ricondurre ai versi contenuti in una

celebre raccolta di filastrocche: i nomi delle vittime e le circostanze di morte sono simili agli episodi di quel libro per bambini. Però non si tratta di un gioco, e per risolvere l'interminabile catena di delitti compiuti nelle vicinanze di casa Dillard, l'investigatore Philo Vance dovrà fare i conti con l'intelligenza diabolica di un certo Alfiere. Chi sarà mai costui? Si tratta del cinico professor Arnesson, o del signor Drukker, condizionato dalla figura materna? Del vecchio studioso Bertrand Dillard o del vicino di casa, Pardee? Tutte persone accomunate dagli stessi interessi: la matematica e gli scacchi. L'autore, dunque, dissemina per tutto il testo alti concetti di matematica e fisica, regolarmente riportati dal suo eclettico detective. Come accade con il ritrovamento, tra gli indizi, della formula del tensore di Riemann-Christoffel o ancora con le discussioni sui paradossi associati allo spazio-tempo. In tal modo, egli prepara il

terreno per l'attenta analisi degli aspetti psicologici del caso, da cui scaturirà un interessante (e inquietante) profilo della figura dello scienziato: «I concetti della moderna matematica proiettano l'individuo fuori dal mondo della realtà in una pura astrazione del pensiero e conducono a quella che Einstein definisce la forma più degenerata d'immaginazione, l'individualismo patologico». L'inibizione delle emozioni e la protratta applicazione mentale, se non compensate da un giusto svago, provocano, alla maniera freudiana, una manifestazione violenta del subconscio. Un classico del giallo che, scritto nel 1928, presenta in modo molto intrigante il tema tuttora attuale del confronto tra scienza ed etica.

*Valentina Cesaretto*  
*classe VB, ISIS Marie Curie, Tradate - VA*  
**S.S. Van Dine**  
*L'enigma dell'Alfiere*  
**Poliillo, Milano 2007, pp. 316, € 13,40**

## BLOG

### Gravità zero

Un blog per solleticare l'emisfero sinistro del cervello, ma che non fa impigrire l'altra metà. Tra creatività e logica, tra fantasia e pensiero scientifico si muovono i temi di questo blog, che è anche – eccezione piuttosto rara – un ottimo esempio di comunicazione multimediale tramite la rete. Ad animarlo è una vera e propria redazione, composta da fisici,





### Uno zoo stellare

Se siete astronomi o appassionati di stelle ha aperto per voi lo zoo delle galassie: Galaxy Zoo. Non è un vero e proprio zoo, naturalmente: non vedrete la Via lattea in gabbia e non potrete dare le noccioline a M31, la nebulosa di Andromeda. È un sito Internet e, al suo interno, troverete una straordinaria quantità di esemplari in mostra, quanti nessuno zoo tradizionale ha mai contenuto fino a oggi. Sono, infatti, circa 250 000 le galassie "esposte": di ciascuna di esse è disponibile una foto, ma non tutte sono classificate. Ed è qui che – astronomi e astrofili – entrate in gioco voi. Come gli animali e le piante, anche le galassie vengono classificate in base ad alcuni tratti salienti che ne determinano la forma. Vi sono galassie a spirale, come la nostra, altre con bracci collegati a un nucleo centrale, altre ancora che si presentano come ammassi di stelle e gas dalla forma ellittica più o meno definita. Non è solo pura passione per la tassonomia: la morfologia di una galassia può essere utile per capire come si è formata, qual è la massa, quante stelle contiene, quali eventi si stanno verificando al suo interno e quale potrà esserne la dinamica. Per arrivare a queste conoscenze, i creatori di Galaxy Zoo chiedono aiuto a chiunque voglia cimentarsi con la classificazione delle galassie. Niente di accademico: basta cliccare su "Classify Galaxy" e con un gioco potrete fornire il vostro consiglio. Provatelo: è divertente! [www.galaxyzoo.org](http://www.galaxyzoo.org)

matematici, biologi, economisti, statistici e giornalisti scientifici. Per tutti l'obiettivo è comunicare temi di scienza con competenza e semplicità, dal momento che il blog si rivolge a ricercatori, docenti, giornalisti e comunicatori scientifici, ma soprattutto a studenti e appassionati. Sembra davvero che a questo blog non sfugga alcun aspetto della scienza. News e approfondimenti, ricerca, didattica, mostre in corso, politica, impresa, libri e film, cucina. Interessante e divertente la sezione su *Bufale e pseudoscienze*, che fa le pulci a giornali e tv quando parlano in modo scorretto di scienza. E che, indirettamente, dimostra quanta importanza la scienza ricopra nella società attuale. A disposizione dei lettori anche una notevole

quantità di risorse: link a riviste scientifiche, download di software a tema scientifico, recensioni, foto, video, podcast e una sezione per scaricare e-book. [www.gravita-zero.org](http://www.gravita-zero.org)

### SITI

#### Matematica per tutti i gusti

Sito costruito come un blog, ricchissimo di contenuti, Matematicamente.it si occupa di matematica e si rivolge a studenti e docenti. Navigando tra le sue numerose pagine si trovano esercizi svolti per tutti gli ordini di scuola, interi compiti in classe e prove d'esame, test per accedere all'università, test di analisi e di geometria, logica, fisica, informatica. Per divertirsi con i numeri sono disponibili giochi didattici, indovinelli, quiz,

concorsi, gare e la sezione matematica, che include una raccolta di giochi e scherzi in cui si fanno sparire figure, si svelano trucchi di magia e rompicapo, oltre a presentare cruciverba di numeri, illusioni ottiche e molto altro. Al di là del divertimento, sono comunque tante le risorse utili: un ricchissimo formulario, alcuni programmi di matematica per la didattica o per la risoluzione di esercizi e una serie di efficaci test online per l'ECDL, la patente europea del computer. Tra i vari progetti presenti sono interessanti l'iniziativa Matematica C<sup>3</sup>, un manuale di matematica per la scuola secondaria di secondo grado scritto in forma collaborativa e il Dizionario tecnico scientifico per studenti, in progress. [www.matematicamente.it](http://www.matematicamente.it)

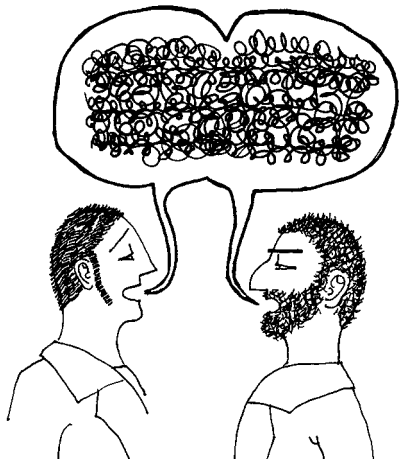
### RIVISTE

#### Conservazione: dal Web alla classe

Nel difficile equilibrio tra sviluppo umano e ambiente naturale, l'americana Society for Conservation Biology si preoccupa della conservazione della biodiversità. "Conservation Magazine" è la sua rivista, che esce con quattro numeri all'anno e una versione online aggiornata e dalla grafica decisamente ben curata e accattivante. A disposizione dei lettori, oltre a una panoramica sull'ultimo numero del magazine, news di attualità e una selezione di articoli consultabili gratuitamente. Di particolare interesse e utilità la sezione *Conservation in the classroom opens a world of ideas*, che offre ai docenti temi e strumenti

per lavorare in classe con gli studenti. Gli articoli di questa sezione sono consultabili per intero e non tralasciano alcun argomento: biodiversità, bioterrorismo, inquinamento, riscaldamento globale e anche una analisi dell'impatto sulle prospettive per lo sviluppo dell'ultima crisi finanziaria che ha colpito le economie occidentali. Dopo la lettura dell'articolo, il sito suggerisce alcune domande che l'insegnante può utilizzare per animare la discussione in classe e, per gli studenti più curiosi, una mappa di siti web, indicazioni bibliografiche e parole chiave con le quali condurre ricerche in proprio. [www.conservationmagazine.org](http://www.conservationmagazine.org)

# DISCUTERE IN MODO (SCIENTIFICAMENTE) CORRETTO



**D**iscutere è una delle nostre attività più abituali. Quante volte, tuttavia, abbiamo la sensazione che le nostre discussioni non siano bene impostate, non raggiungano l'intento che ci eravamo prefissi e diano adito a fraintendimenti e a litigi, piuttosto che all'accordo e a una decisione concreta? Dialogare con gli altri in modo rispettoso, attento, tollerante e interessato, senza perdere di vista il proprio intento di comunicazione, è in verità esercizio assai difficile. In una società come quella attuale, dominata dal rumore comunicativo e dalla sistematica violazione delle regole elementari di una discussione rispettosa e razionale, non ci sembra fuori luogo affermare che forse la discussione scientifica può oggi proporsi come uno dei pochi *modelli di discussione* corretta. Non vogliamo certo sostenere che all'interno della comunità scientifica internazionale non ci siano esempi di controversie dure, violente e sul piano pratico anche fortemente scorrette. La tesi che vogliamo sostenere è che lo *stile discorsivo e dialogico* scientifico sia intrinsecamente "onesto", in quanto basato sulla premessa del principio di cooperazione. Vediamo di che si tratta, con l'aiuto delle preziose indicazioni che ci danno, per costruire una "buona discussione", due autori contemporanei: l'inglese Herbert Paul Grice e il tedesco Jürgen Habermas.

## Regole per un'attività razionale

Per Grice, docente prima a Oxford e poi a Berkeley in California, la conversazione scientifica è un'attività *razionale*, in quanto si regge sul *principio di cooperazione*, ossia su una regola in base alla quale i partecipanti, esplicitamente o implicitamente, si impegnano a contribuire al buon funzionamento di una conversazione, condividendo l'intento e le finalità dello scambio verbale. Questo principio va osservato da tutti, pena la

"sconfitta" stessa della comunicazione. A questo scopo Grice propone quattro semplici regole: si devono evitare sia la laconicità, che può far perdere di vista l'obiettivo della comunicazione, sia la ridondanza e l'eccesso di parole, che creano confusione e false aspettative; occorre dare un contributo che sia *vero*, ovvero non affermare ciò che si ritiene falso e non affermare ciò di cui non si hanno prove adeguate e che dunque non si ritiene fondato; occorre essere pertinenti, visto che andare fuori tema rende inutile la comunicazione e rischia di creare fraintendimenti; occorre essere perspicui, ossia evitare nella comunicazione ogni ambiguità e oscurità. Per Grice, dunque, nessuna conversazione può avere successo senza lo sforzo di "cooperare" alla comprensione delle reciproche intenzioni dei parlanti. Se vogliamo che i nostri scambi verbali siano produttivi, corretti, "onesti", essi devono basarsi su un "comportamento cooperativo", in virtù del quale ciascun parlante può scorgere, all'interno della conversazione, un intento o almeno una direzione comuni. Se questo non accade la conversazione diventa un dialogo tra sordi, una rissa linguistica, come succede spesso nelle conversazioni "pubbliche": in televisione, nei contesti comunicativi di massa, nelle nostre esperienze dialogiche private.

## Condivisione, comprensibilità e veridicità

E veniamo a Habermas, filosofo e sociologo della scuola di Francoforte, il quale propone, a sua volta, tre regole per una comunicazione rispettosa delle identità, tollerante verso le diversità, e tuttavia capace di produrre una *decisione condivisa*. Per Habermas, l'agire comunicativo deve essere regolato da una sincera tendenza a ricercare l'intesa attraverso la razionalità; si deve partire dalla individuazione di alcuni presupposti condivisi, su cui vi è consenso e da cui può procedere la discussione comune; si deve discutere animati da reciproca fiducia e correttezza, cercando di parlare in modo da farsi comprendere (criterio della *comprensibilità*) e di dire sempre ciò che si pensa sia vero (criterio della *veridicità*).

Non siete convinti della tesi che abbiamo enunciato? Fate un esperimento. Provate a confrontare una qualsiasi discussione tra scienziati (quando fanno il loro mestiere, si badi, non quando si occupano d'altro) con il "comportamento conversazionale" di normali parlanti in situazioni concrete: in famiglia, nella politica o nello sport, in un *talk-show* televisivo, in una discussione di lavoro. Dove troverete rispettate le regole di Grice e di Habermas? Dove è prevalso l'accordo o il disaccordo? Dove, insomma, avete assistito a discussioni razionali? ●



## FABIO CIOFFI

è insegnante di filosofia nei licei e lavora come consulente editoriale e come formatore. È autore di numerosi manuali scolastici.

## PER APPROFONDIRE

- H.P. Grice, *Logica e conversazione*, il Mulino, Bologna 1993.
- J. Habermas, *Etica del discorso*, Laterza, Bari 1985.





un sistema integrato per la didattica

libri



Active Book



guide per l'insegnante



laboratori virtuali



linxedizioni.it



magazine



**sei un docente? registrati a [linxedizioni.it](http://linxedizioni.it)**

potrai **accedere** a tutti i materiali digitali associati ai titoli in catalogo, **richiedere** le copie saggio dei volumi, **commentare** gli articoli dei blog, **proporre** alla redazione iniziative, attività e progetti da **condividere** attraverso il sito e la rivista e ricevere la **newsletter mensile** con le novità relative agli articoli pubblicati sul sito, segnalazioni di eventi scientifici e notizie dall'editore.

**per ricevere Linx Magazine in abbonamento**

**gratuito** puoi fare la richiesta tramite il sito oppure compilare il modulo sottostante.



desidero ricevere la rivista **Linx Magazine** in abbonamento gratuito all'indirizzo sotto indicato.

nome ..... cognome .....

indirizzo abitazione ..... città ..... provincia ..... cap.....

e-mail .....@..... telefono/cellulare .....

materie di insegnamento .....

nome della scuola .....

indirizzo della scuola ..... città ..... provincia ..... cap.....

Consenso al trattamento dei dati personali – Informativa

La società Pearson Italia S.p.A. con sede a Torino in Corso Trapani n. 16 riveste la qualità di titolare del trattamento dei Suoi dati personali, che raccoglie e tratta esclusivamente per poterla informare sulle sue iniziative editoriali. I Suoi dati sono trattati attraverso l'uso di strumenti elettronici e manuali e vengono conservati secondo le modalità imposte dal Codice Privacy, nell'osservanza delle più rigorose misure di sicurezza finalizzate ad evitare il rischio di accesso da parte di terzi, di distruzione e di trattamento non consentito e non conforme alle finalità della raccolta. Questa Società Le assicura l'esercizio dei diritti previsti dall'art. 7 del d.lgs. 196/03 quali, tra gli altri, il diritto di conoscere l'esistenza o l'origine dei dati personali, il diritto di opporsi a tutto o parte del trattamento nonché il diritto di chiedere il blocco del trattamento, la modifica e/o la cancellazione dei dati.

Ai sensi degli articoli 13 e 23 del d.lgs.196/2003, dichiaro di aver preso atto dell'Informativa relativa al trattamento dei miei dati e vi autorizzo esplicitamente al loro trattamento unicamente ai fini amministrativi per l'invio di materiali scolastici al mio indirizzo.

firma ..... data .....

Inviare per posta o fax a: **Linx** – Pearson Italia S.p.A. – Corso Trapani 16 – 10139 Torino. Fax 011 75021 510