

linx

MAGAZINE

Cellule staminali

Aumenta l'offerta di terapie di dubbia efficacia: che cosa le alimenta e perché sono dannose

RIFLESSIONI

Il nocciolo del nucleare

Idee per affrontare a scuola i tanti aspetti – uranio, centrali, sicurezza, scorie – di un tema molto controverso



ESPERIENZE
CHECK UP
MICROBIOLOGICO
DELL'AULA

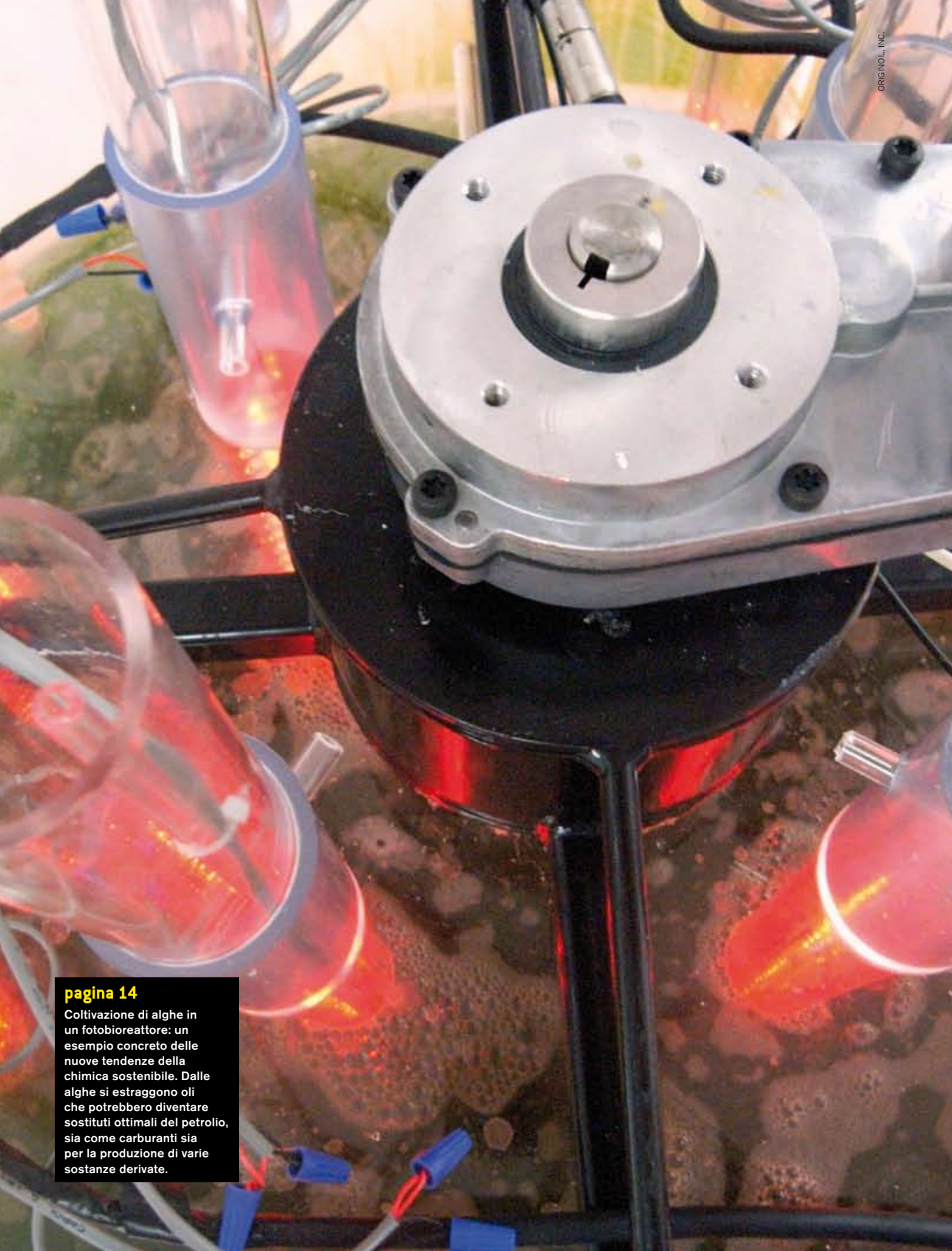
FRONTIERE
QUANDO LA
CHIMICA SI FA
SOSTENIBILE

INTERNET POINT
LA VALLE
DEL WEB

RIFLESSIONI
INSEGNARE
SCIENZE
IN INGLESE

pagina 14

Coltivazione di alghe in un fotobioreattore: un esempio concreto delle nuove tendenze della chimica sostenibile. Dalle alghe si estraggono oli che potrebbero diventare sostituti ottimali del petrolio, sia come carburanti sia per la produzione di varie sostanze derivate.





Scuola, università, ricerca, società civile

Linx Magazine numero 10. Inizia, assieme al nuovo anno scolastico, il nostro quarto anno di attività. Non è tempo di bilanci e non ne faremo. Sappiamo che le nostre iniziative sono state accolte spesso positivamente dagli insegnanti e ciò ci spinge a fare del nostro meglio per essere utili, perché consideriamo il nostro lavoro un'attività di servizio, e gradevoli, perché leggere di scienza può essere piacevole e divertente.

Uno degli obiettivi principali di "Linx Magazine" è sempre stato quello di mettere in connessione lo studio delle scienze con quanto avviene fuori dalla scuola, nelle università, nei centri di ricerca, nel mondo del lavoro. Questo perché non esiste alcun confine tra la scuola e il resto del mondo, tra le scienze e la società civile. Crediamo che questo numero possa ben testimoniare il nostro impegno.

Luca Gammaitoni, fisico dell'Università di Perugia, ci racconta il suo lavoro per alimentare i microdispositivi elettronici con il "rumore". Un'indagine affascinante ma anche una possibile risposta a una nuova questione energetica, visto che si prevede che nel 2020 i dispositivi elettronici per le telecomunicazioni incideranno per circa il 5% sui consumi energetici totali. L'articolo di Alvisè Perosa, ricercatore dell'università Ca' Foscari di Venezia, ci introduce alle nuove tecnologie di *design molecolare*, un approccio "verde" ai processi produttivi per limitare i danni ambientali indotti dall'inquinamento e dallo spreco energetico, oltre che per risparmiare. Due contributi che sembrano affermare come la tecnologia possa essere la soluzione a problemi che essa stessa genera.

Gilberto Corbellini avvia una riflessione sulle controversie etiche e politiche che investono la ricerca sulle cellule staminali. Giulia Gionchetta e Stefania Minuto affrontano il tema controverso dell'energia nucleare e di come portare nella scuola un dibattito difficile ma necessario. Scienza e società appunto.

E poi la scuola e le sue mille attività: studenti italiani e americani che si incontrano a Trento per lavorare a un progetto di ricerca sulla gestione dei dati; un liceo di Gorgonzola che lavora all'analisi della qualità dell'aria entro le mura dell'istituto; il nuovo polo didattico-scientifico di Palermo frutto della collaborazione tra alcune scuole del capoluogo siciliano e l'istituto di ricerca IFOM di Milano; oltre cento studenti, provenienti da 26 nazioni, in gara a Modena per vincere le Olimpiadi internazionali di scienze della Terra.

Stimolante e intrigante la riflessione di Mauro Mandrioli sul ruolo che gioca il caso nelle scoperte scientifiche, così come il dubbio che insinua Fabio Cioffi in *Galileo aveva torto?*

Fiorenza Congedo affronta il tema della didattica delle scienze in inglese, con alcuni esempi specifici per la matematica. Un tema importante, il CLIL, sul quale ci impegniamo a tornare prossimamente.

Ancora una volta, buon anno scolastico e buona lettura.

MASSIMO ESPOSTI

Direttore editoriale di Linx



SOMMARIO N.10 – OTTOBRE 2011

4
DA NON PERDERE



6
NUMERI DI SCIENZA
**DISASTRO NELLA
CINTURA DI FUOCO**
di Donato Ramani



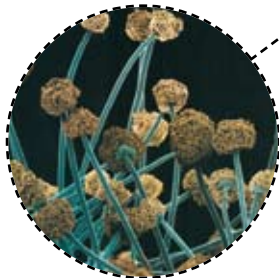
8
INTERVISTA
**LUCA GAMMAITONI
RACCONTA**
Al lavoro con il rumore
di Francesca E. Magni



14
FRONTIERE
**QUANDO
LA CHIMICA SI FA
SOSTENIBILE**
di Alvise Perosa

20
FRONTIERE
**STAMINALI TRA
SCIENZA, POLITICA
E SPERANZA**
di Gilberto Corbellini

28
INTERNET POINT
LA VALLE DEL WEB
di Tiziana Moriconi



34
ESPERIENZE
CHECK UP DELL'AULA
di Marco Crispiatico

38
PROGETTI
SEMINARE ESPERIENZA
di Valentina Murelli



direzione
Massimo Esposti

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

hanno collaborato a questo numero
Chiara Ceci, Teresa Celestino,
Fabio Cioffi, Fiorenza Congedo,
Gilberto Corbellini, Marco Crispatico,
Giulia Gionchetta, Roberto Greco,
Francesca E. Magni, Mauro
Mandrioli, Federico Manicone,
Patrizia Martellini, Stefania Minuto,
Valentina Murelli, Alvisè Perosa,
Donato Ramani, Loretta Salino

progetto grafico, art direction
Paola Lenarduzzi (studiopaola)

impaginazione
Alice Baraldi (studiopaola)

disegni
Cristina Del Buono

progetto grafico di copertina
Italik, Milano

immagine di copertina
Professor Miodrag Stojkovic/
Science Photo Library

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, scegliendo
fra i servizi l'abbonamento alla rivista.
Tutti i numeri sono disponibili online
in formato pdf sul sito
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.

Per i passi antologici, per le
citazioni, per le riproduzioni grafiche,
cartografiche e fotografiche
appartenenti alla proprietà di terzi,
inseriti in quest'opera, l'editore è a
disposizione degli aventi diritto non
potuti reperire nonché per eventuali
non volute omissioni e/o errori di
attribuzione nei riferimenti.

Linx è un marchio di proprietà di
Pearson Italia, Milano - Torino
Corso Trapani 16
10139 Torino

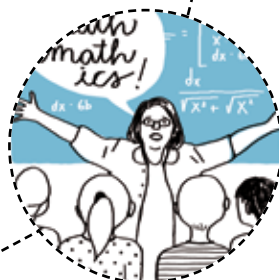
R1636400075G
Stampato per conto della Casa
Editrice presso Arti Grafiche DIAL,
Mondovì (Cn), Italia

Tutti i diritti riservati
© 2011 Pearson Italia,
Milano - Torino
www.pearson.it



44
SPECIALE OLIMPIADI
URRÀ PER LA
SQUADRA ITALIANA!

di Roberto Greco



46
RIFLESSIONI
INSEGNARE SCIENZE
IN INGLESE

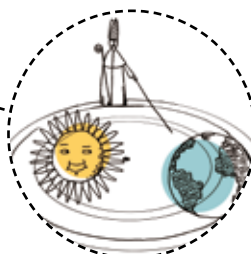
di Fiorenza Congedo

56
RIFLESSIONI
CASO, IMPEGNO
E FANTASIA

di Mauro Mandrioli

60
UNO SCIENZIATO
AL CINEMA
CREATION

di Chiara Ceci



64
PRENDIAMOLA CON FILOSOFIA
GALILEO AVEVA TORTO?

di Fabio Cioffi

41
RIFLESSIONI
ALGEBRA
PER CONFRONTO

di Loretta Salino

50
RIFLESSIONI
NUCLEARE: IL NOCCIOLO
DELLA QUESTIONE

di Giulia Gionchetta
e Stefania Minuto

62
IN GIRO PER
LA RETE



DA NON PERDERE

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



OSSERVATORIO DI TORINO

⊗ **Macchine, invenzioni, scoperte**
Settimo Torinese, varie sedi
dal 9 novembre 2011 al 29 gennaio 2012

Nel 2011 sono state numerose le iniziative per festeggiare i 150 anni dell'Unità d'Italia e un'ulteriore occasione la offre ancora il Piemonte, con una mostra sul contributo alla scienza e alla tecnologia fornito da questa regione e da Torino dalla fine del Settecento all'inizio del Novecento. L'esposizione, che raccoglie strumenti scientifici, macchine e documenti solitamente custoditi presso l'Università e l'Osservatorio astronomico di Torino e altre istituzioni piemontesi, si articola in tre sezioni. Le prime due, collocate all'Ecomuseo del Freidano, riguardano

studiosi e inventori piemontesi che hanno contribuito allo sviluppo tecnologico e industriale della regione e le istituzioni universitarie locali. La terza, con sede nella Torre medievale del municipio, è invece dedicata agli strumenti astronomici dell'Osservatorio. Una nota "interdisciplinare": da ricordare che tra le varie personalità presentate, molte sono quelle che si sono distinte anche per la partecipazione ai moti risorgimentali o per l'attività politica. È il caso di Quintino Sella, ministro delle finanze del nuovo Regno, ma prima ancora ingegnere idraulico e cristallografo.

www.oato.inaf.it

⊗ **Homo sapiens in mostra**
Roma, palazzo delle esposizioni e palazzo del Quirinale
10 novembre 2011 - 19 febbraio 2012

Quali sono le ragioni che hanno portato alla diversità umana? Quali i rapporti tra i geni, le popolazioni, le lingue? Qual è il percorso seguito dal genere *Homo* durante la sua diffusione nei cinque continenti? Ecco le domande a cui intende rispondere la grande esposizione *Homo sapiens. La grande storia della diversità umana*, allestita con la curatela del noto genetista Luigi Luca Cavalli Sforza e del filosofo della biologia Telmo Pievani. In mostra ci saranno preziosi originali, fossili e manufatti provenienti dalle culle dell'umanità, ma non mancheranno anche allestimenti interattivi. La sezione ospitata presso il palazzo del Quirinale sarà dedicata in modo speciale alla storia "italiana" delle diversità, con un focus sulle lingue e sulle popolazioni.

www.codicecultura.it/homosapiens

www.palazzoesposizione.it



OSSERVATORIO DI TORINO

➤ **Giovani ricercatori cercansi**
Trentino, Sud Tirolo, Tirolo, Cantone dei Grigioni
Iscrizioni entro il 2 dicembre 2011

Un concorso che mette alla prova le abilità dei "giovani ricercatori": studenti tra 16 e 20 anni che hanno voglia di mettersi nei panni di un ricercatore, di formulare un problema e di provare a proporre soluzioni. È il concorso interregionale organizzato, ormai per la quarta volta, da EURAC Junior, il progetto di EURAC, l'Accademia europea di Bolzano, che si propone come collegamento tra scienza e scuola. Si tratta di proporre progetti originali e innovativi su temi di scienze naturali e umanistiche, strutturati in modo da descrivere bene i quesiti che hanno originato la ricerca e la loro elaborazione attraverso l'applicazione di metodi scientifici. Il concorso, che mette in palio otto premi in denaro da 1500 a 4000 euro, è aperto a studenti delle quattro regioni confinanti Trentino, Sud Tirolo, Tirolo e Cantone dei Grigioni. Tutti i dettagli sul sito.

<http://junior.eurac.edu/it/activities/concorso>

OTTOBRE 2011 - FEBBRAIO 2012

Campus: la scuola incontra la ricerca.

INCONTRI DI AGGIORNAMENTO E FORMAZIONE IN LABORATORIO
DEDICATI AI DOCENTI DI SCIENZE NATURALI

I seminari si svolgeranno a:
Milano, Napoli, Padova, Palermo e Roma

PROGRAMMA:

ore 9.15 - 11.00

In laboratorio con i ricercatori

ore 11.00 - 11.30 COFFEE BREAK

ore 11.30 - 13.00

Il Laboratorio virtuale di Biologia

ore 13.00 - 14.15 PRANZO

ore 14.15 - 15.45

A lezione con la LIM: workshop sull'uso in classe del LIMbook

ore 15.45 CHIUSURA LAVORI

Pearson Italia è ente formatore accreditato per la formazione del personale della scuola (A00DGP12676).
I nostri eventi godono dell'esonero ministeriale.

La partecipazione è gratuita, il numero di posti è limitato.

Per info e iscrizioni:

alessandra.dematteis@pearson.it - tel. 02.74823.350, oppure Consulente personale di zona



DISASTRO NELLA CINTURA DI FUOCO



L'11 marzo 2011 un terremoto di grande intensità ha scosso il Giappone. Lo tsunami generato dal sisma ha devastato le coste del paese, provocando migliaia di vittime, danni enormi e un disastro nucleare alla centrale di Fukushima Daiichi.

■ ■ ■ ■ ■
DONATO RAMANI

CHUONG VU / ISTOCKPHOTO

1,8
microsecondi

Variatione negativa nella durata del giorno causata dal sisma, secondo quanto emerso dai modelli teorici di Richard Gross, scienziato del Jet Propulsion Laboratory della Nasa. La spiegazione di questo cambiamento risiederebbe nello spostamento dell'asse di rotazione della Terra, valutato da Gross in circa **17 cm**. Il nostro pianeta non è una sfera perfetta e presenta disomogeneità che lo fanno "muovere" sul suo asse, in base alla distribuzione delle masse che lo compongono, che varia con il tempo. Questi cambiamenti hanno un effetto sulla velocità di rotazione del pianeta e quindi sulla durata del giorno. Secondo Gross, il terremoto avrebbe causato uno spostamento delle masse terrestri e, di conseguenza, un impercettibile accorciamento del giorno. Anche la posizione del Giappone si sarebbe modificata, avvicinandosi al Nord America di circa un metro.

9,0 M_w



ANDREA ZANCHI / ISTOCKPHOTO

Magnitudo di momento del terremoto sottomarino verificatosi al largo delle coste nordorientali del Giappone l'11 marzo scorso, con epicentro a 32 km di profondità e a 373 km da Tokyo: nella zona dell'epicentro la Terra ha tremato per **6 minuti**. Il Giappone è una delle zone a più elevato rischio sismico al mondo: esso si colloca all'interno della cosiddetta "cintura di fuoco", che si estende dalla Nuova Zelanda al Cile passando per Polinesia, Filippine, Oceano Pacifico, Alaska e costa occidentale del continente americano, ed è caratterizzata da altissima attività sismica e vulcanica. Questo perché tutta la zona si trova in corrispondenza dei margini di diverse placche tettoniche oceaniche e continentali, con la placca delle Filippine che si sta infilando sotto quella del Pacifico e quest'ultima che si insinua sotto la placca nordamericana.

20 448

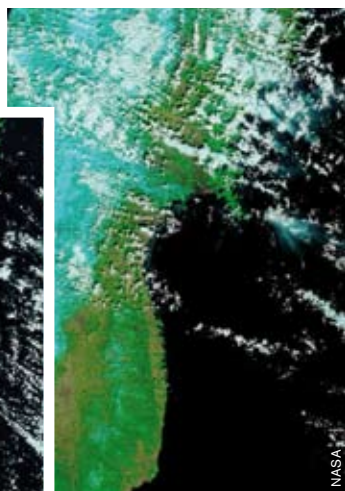
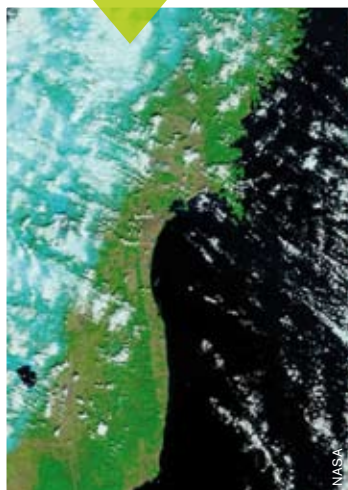
persone



PHOTO BY ISTOCKPHOTO

Stima del numero di morti e dispersi. Oltre il 65% delle vittime aveva più di 60 anni. Circa **5700** sono stati i feriti. La maggior parte delle perdite umane si è avuta nelle contee di Miyagi e di Iwate. Secondo l'organizzazione Save the children sono stati **100 000** i bambini e ragazzi che hanno dovuto abbandonare le loro case in conseguenza della catastrofe.

38,9
metri



Altezza massima raggiunta in Giappone dalle onde del

maremoto che ha seguito il sisma, secondo quanto calcolato dall'Università di scienze e tecnologie marine di Tokyo. Propagatosi per tutto il Pacifico, lo tsunami ha toccato le coste di Indonesia, Filippine e di tutto il continente americano: in Cile si sono registrate onde di due-tre metri. Il **40%** delle coste giapponesi era attrezzato con barriere protettive, ma gli sbarramenti, eretti fino a un'altezza di **12 m**, si sono dimostrati inadeguati alla portata della catastrofe, a eccezione di quello di Fudai: alto quasi 16 m (e fortemente ostacolato ai tempi della sua costruzione per i dubbi sull'utilità) ha permesso alla cittadina di uscire indenne dallo tsunami.

400
milliSievert all'ora

Livello di radiazione registrato in corrispondenza della centrale nucleare di Fukushima il 15 marzo 2011. La dose di radiazione in grado di provocare in un essere umano una manifestazione acuta, seppur temporanea, con sintomi quali nausea e una riduzione dei globuli bianchi del sangue è fissata in **1 Sievert**. Pur se inferiore di più della metà rispetto a questo dato, la radiazione riscontrata nei pressi dell'impianto, secondo gli esperti, farebbe aumentare del 2-4% la possibilità di sviluppare un cancro letale in chi ne è stato esposto. Tra i tecnici della centrale soltanto due sono stati esposti a radiazioni superiori a 1 Sievert. All'esterno dell'area evacuata, livelli di radioattività fuori dalla norma sono stati riscontrati nel latte, nelle verdure e nell'acqua.

30
kilometri



Raggio di evacuazione della popolazione nei dintorni della centrale nucleare di Fukushima Daiichi, dopo gli incidenti. Il sisma, e soprattutto l'impatto dell'imponente onda d'acqua successiva, hanno innescato una catena di eventi che ha portato alla fusione dei noccioli in tre dei sei reattori presenti e alla fuoriuscita di fumi radioattivi, contenenti in particolare cesio 134, cesio 137 e iodio 131.

210
miliardi di dollari

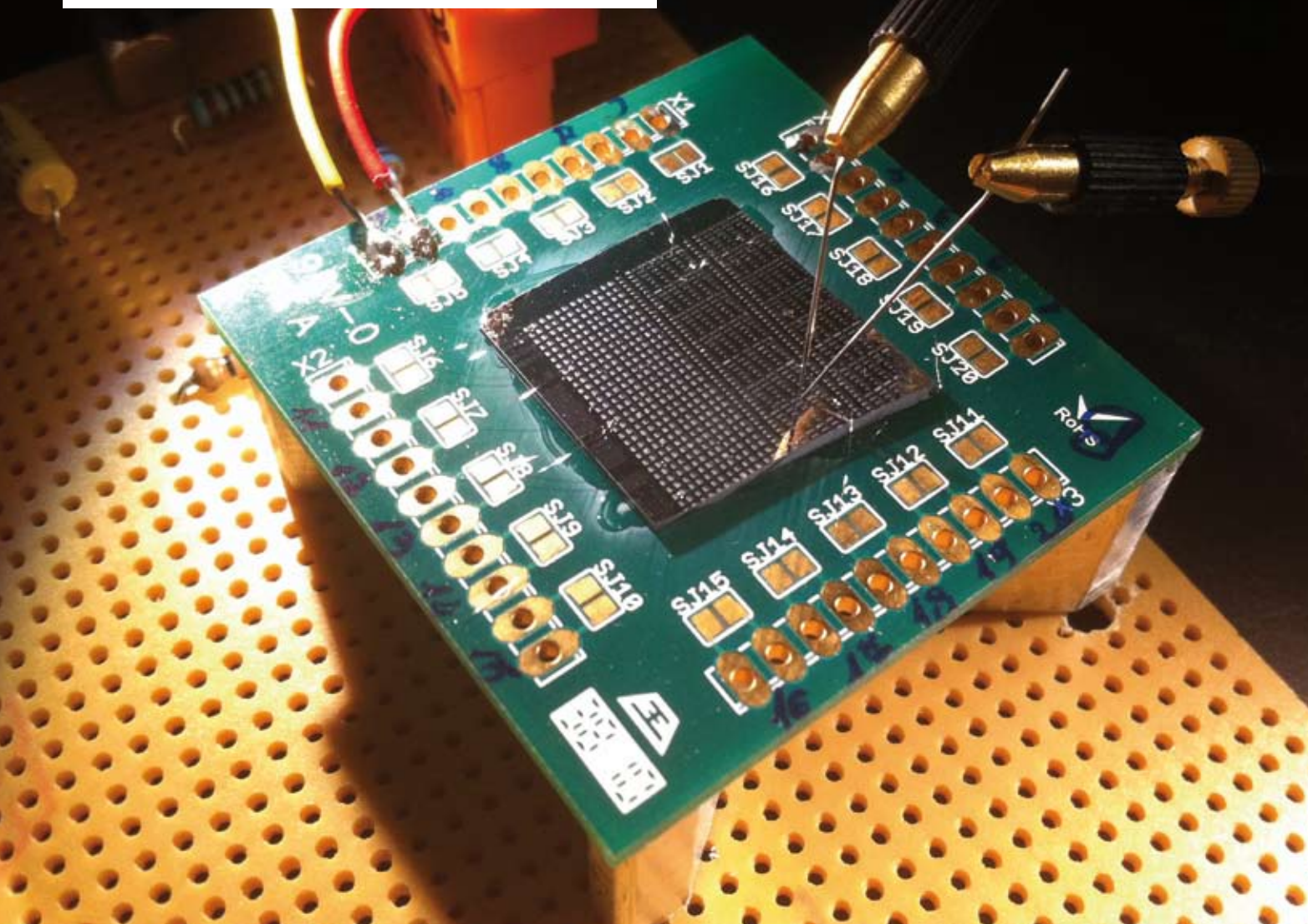


Stima dell'impatto economico dei danni provocati da sisma e maremoto, esclusi quelli legati al disastro nucleare di Fukushima Daiichi. Tra i costi maggiori, quello degli oltre **150 000** edifici distrutti o danneggiati, per una cifra che ammonterebbe a circa 129 miliardi. A questi vanno ad aggiungersi, tra gli altri, il costo delle infrastrutture pubbliche perdute (27,3 miliardi) e quello per i danni a pesca e agricoltura (23,5 miliardi). E non ci sono solo i costi immediati: inevitabile un effetto indiretto per la distruzione dei siti produttivi e dei trasporti e per il calo delle esportazioni. Nel primo quadrimestre del 2011 l'economia del Giappone ha subito un rallentamento del **3,7%**, portando il Paese alla recessione.

? Se la conta delle vittime e dei danni provocati dal sisma e dallo tsunami troverà presto fine in un drammatico bilancio, prevedere gli effetti a medio e lungo termine della sequenza di incidenti alla centrale nucleare di Fukushima Daiichi è praticamente impossibile. Dati rassicuranti sulla contaminazione dell'ambiente (aria, acque, terreni) si susseguono ad altri allarmanti e lo stesso governo non ha ancora messo a punto una vera strategia per affrontare il problema, anche se va detto che lo scorso maggio è stato previsto un primo stanziamento di **6 milioni** di dollari per dare inizio al difficile processo di decontaminazione del suolo.

Al lavoro con il rumore

LUCA GAMMAITONI RACCONTA



Al NiPS lab di Perugia si progetta un futuro di dispositivi elettronici senza batterie, alimentati dal solo rumore, cioè dalle vibrazioni del mondo microscopico e macroscopico.

■ ■ ■ ■ ■
FRANCESCA E. MAGNI



CORTESIA NIPS LAB

TUTTI I RUMORI DEL MONDO

Quando parliamo di rumore di solito ci riferiamo a un disturbo acustico, per lo più sgradevole. In questo senso "rumore" (il rombo di un aereo) è diverso da "suono", come può essere quello di un accordo di chitarra. Perché chiamiamo rumore il primo e suono il secondo? In musicologia esistono solo criteri vaghi per differenziarli, come quello della "gradevolezza", mentre in fisica esiste un criterio oggettivo, basato sulla matematica. Stiamo parlando del **teorema di Fourier** che si può applicare a tutti i tipi di segnali (da quelli acustici a quelli elettronici) e che afferma che un "suono", per quanto complesso, si può sempre ridurre alla somma finita (dunque discreta) di segnali semplici o suoni "puri" (in matematica, le funzioni armoniche seno e coseno). Per rappresentare un "rumore", invece, occorre una somma infinita di segnali semplici o suoni puri; bisogna cioè ricorrere a una rappresentazione continua o integrale. Da questo punto di vista, un rumore è molto più ricco di un suono. Se si considera questa descrizione matematica, è chiaro che possiamo applicare il concetto di rumore anche a fenomeni differenti da quelli acustici, per esempio alla luce o addirittura alla rugosità delle superfici: in questo caso il "suono" è una superficie liscia, che varia regolarmente e il "rumore" è una superficie rugosa che varia con grande discontinuità.

GA A sinistra, micro oscillatori non lineari prodotti dal NiPS lab in collaborazione con il laboratorio finlandese VTT. Sopra, Luca Gammaitoni.

A Luca Gammaitoni, professore di fisica dell'Università di Perugia, il rumore non dà alcun fastidio, anzi: proprio sul rumore il fisico ha fondato la sua attività di ricerca e di innovazione tecnologica. Certo non stiamo parlando del rombo di automobili o del *crash* di un vetro infranto, ma di rumore inteso in senso fisico più generale, che comprende non solo i segnali acustici ma anche quelli elettromagnetici (pensiamo alle tipiche immagini "annebbiate" alla tv) e soprattutto il calore, che Gammaitoni definisce la "madre di tutti i rumori". Il rumore termico – l'energia cinetica media delle particelle microscopiche che costituiscono gli oggetti del mondo macroscopico – è infatti uno dei principali oggetti di ricerca del suo laboratorio, il NiPS lab (Noise in physical system laboratory: www.nipslab.org). Si tratta di un settore di indagine ancora poco conosciuto, ma importante, che ha condotto a significativi risultati teorici di fisica fondamentale, oltre che a una serie di applicazioni di indubbia utilità per la nostra vita quotidiana. L'idea, infatti, è di riuscire a ottenere energia elettrica dalle vibrazioni ambientali grazie a dispositivi innovativi. Se ne occupa anche uno *spin off* universitario del NiPS lab, l'azienda Wisepower srl ("potenza saggia": www.wisepower.it), che ha già brevettato dispositivi elettronici in grado di funzionare senza batterie.

Di tutto questo "Linx Magazine" ha parlato a lungo con Luca Gammaitoni, in una vivace videoconferenza su Skype interrotta ogni tanto da qualche disturbo di rete («un'altra forma di rumore», ha commentato il fisico).

Professore, partiamo dalle batterie: perché farne a meno? E che cosa c'entra il rumore?

Con lo sviluppo della microelettronica, a partire dagli anni settanta le batterie sono diventate un grosso problema: i dispositivi elettronici si sono progressivamente miniaturizzati e anche le batterie per l'alimentazione hanno seguito lo stesso percorso, con notevoli inconvenienti tecnici. Oggi si cominciano a progettare dispositivi grandi quanto un granello di polvere, le cui batterie di conseguenza dovranno essere ancora più piccole. E poi ci sono aggravanti "classiche": le batterie si scaricano e vanno smaltite come rifiuti. Ecco perché si è cercata una soluzione pratica al problema pensando a modi alternativi di fornire energia elettrica ai dispositivi molto piccoli. Vanno in questa direzione i lavori sul cosiddetto *energy harvesting*.

"Mietitura" di energia? Può spiegarci di che cosa si tratta?

L'espressione è difficile da tradurre. *Harvest* significa effettivamente "mietitura" (del grano), ma

Energy harvesting: si tratta di raccogliere l'energia presente in varie forme nell'ambiente (energia luminosa o cinetica) per trasformarla in energia elettrica



SCIENZIATI PER IL PUBBLICO

Una batteria (e un carica batterie) per il cellulare, una per il portatile, una per il lettore mp3... Siamo davvero immersi in un mondo che funziona a batterie. Riusciremmo a farne a meno per un giorno? Sembra proprio di sì – a patto di ricorrere a qualche ingegnosa soluzione alternativa – a giudicare dal successo dell'iniziativa *Battery free party*, una festa per celebrare la libertà dalle batterie organizzata dal NiPS lab lo scorso 14 aprile a Perugia. L'invito era chiaro: portare oggetti elettronici che funzionano anche senza batterie. «Sono arrivati tanti oggetti curiosi», ricorda Gammaitoni: «Un telefonino dotato di pannello solare, una torcia elettrica che si alimenta agitando, una radio a manovella. Perfino una radio a galena dell'Ottocento, ripescata in una soffitta sul fondo di un baule e costruita con un cristallo di galena e un filo elettrico: funziona con l'energia delle onde elettromagnetiche, che in questo caso sono le stesse onde radio, quindi si autoalimenta!». La festa non è stato l'unico evento per il grande pubblico ideato dal NiPS lab che, nel 2010, ha anche

lanciato l'idea di un evento internazionale, il *Microenergy day* (www.microenergyday.eu), per divulgare ai più i risultati della ricerca sulla microenergia. «Siamo molto attenti alla comunicazione della scienza, perché riteniamo che nel nostro paese non ci sia una grande percezione dell'importanza della ricerca scientifica, né nella popolazione né tantomeno a livello politico e decisionale», spiega Gammaitoni. «Invece la ricerca è fondamentale, perché è alla base dell'innovazione che è a sua volta alla base della ricchezza».



FRANCESCA E. MAGNI

laureata in fisica, insegnante e publicista. Ha collaborato e collabora con riviste di comunicazione della scienza sia cartacee sia online. Cura il blog [lineediscienza](http://lineediscienza.linxedizioni.it).

nel nostro caso potremmo renderla con "raccolta di energia". Si tratta di raccogliere l'energia presente in varie forme nell'ambiente per trasformarla in energia elettrica. La forma di energia ambientale più nota è quella luminosa, la luce del Sole, che può generare energia elettrica tramite i pannelli solari. Ma c'è anche l'energia cinetica, dovuta alle vibrazioni che esistono in tutte le scale dimensionali, da quelle macroscopiche (con ampiezza di qualche millimetro, tipiche delle vibrazioni in auto o in moto) a quelle microscopiche (con ampiezza di qualche millesimo di millimetro, tipiche dell'attività sismica ordinaria), fino al rumore termico (con ampiezza di qualche milionesimo di millimetro, tipiche delle vibrazioni di strutture molecolari). Ovviamente a microvibrazioni corrispondono microenergie.

Come possono le microenergie essere utili se sono così piccole?

È vero: tendiamo a dimenticarci delle microenergie perché sono milioni di volte inferiori, per esempio, a quelle che servono per riscaldare un'abitazione. Però questo non significa che non siano importanti. Al contrario, lo sono per due ottimi motivi: in primo luogo perché, come abbiamo accennato, sono proprio le energie su cui

possiamo contare per alimentare in modo efficiente i nostri dispositivi elettronici. E in secondo luogo perché i dispositivi elettronici sono ormai pervasivi, ce ne sono tantissimi e ovunque e sempre più ce ne saranno in futuro. Si stima che, nel 2020, il tasso di consumo energetico per i dispositivi elettronici di telecomunicazioni sarà circa il 5% del totale: una percentuale significativa non certo trascurabile.

Può farci qualche esempio di dispositivi elettronici miniaturizzati che accompagneranno le nostre vite nei prossimi anni?

Non è necessario essere grandi profeti per pensare che tra cinque o dieci anni disporremo di un'ampia serie di prodotti di questo tipo, come sistemi per monitorare la presenza di persone in ambienti chiusi, utili in caso di terremoti o catastrofi. Oppure sistemi per monitorare le condizioni di strutture fisiche, come i ponti: sensori molto piccoli da incollare sulla superficie del ponte o da affogare nel cemento, per avere informazioni continue sulla sua stabilità. C'è poi il campo di applicazione della salute: penso a minuscoli sensori da spalmare sulla pelle per captare e trasmettere informazioni sulla temperatura corporea, sulle condizioni della pelle stessa o addirittura su condizioni patologiche come il diabete. Infine l'ambito militare: gli eserciti



PROGETTI DAL MICRO AL NANO, TRA AUTO E TELECOMUNICAZIONI

L'ultimo "gioiello" ideato dalla società Wisepower del NiPS lab è il progetto Hat (Hybrid autonomous transceiver): un sistema di sensori che controllano la temperatura delle automobili e che per alimentarsi sfruttano il movimento della carrozzeria, senza aver bisogno di batterie (www.youtube.com/watch?v=GrKDnEhK130). «Oggi tentiamo di trasformare questi dispositivi in prodotti» sottolinea Gammaitoni «Wisepower, che è nata nel 2007 e coinvolge attualmente cinque giovani ricercatori, si occupa proprio della commercializzazione dei risultati scientifici». Il primo prototipo brevettato è stato un microgeneratore di corrente elettrica che sfrutta le oscillazioni di una barretta piezoelettrica lunga appena 1 mm e spessa 25 micron.

Il NiPS lab partecipa inoltre come coordinatore internazionale a due progetti, *Nanopower* e *ZeroPower*, finanziati dalla Commissione europea. Il settore di interesse è sempre quello delle microenergie: *Nanopower* (www.nanopwr.eu) è nato per trovare soluzioni più efficienti per l'energy harvesting nella scala nanometrica e molecolare, studiando nanodispositivi come quelli realizzati con materiali piezoelettrici oscillanti in maniera non lineare. Uno degli obiettivi più ambiziosi è quello di creare una nuova classe di nanodispositivi di alimentazione per i dispositivi elettronici di telecomunicazioni (Ict).

ZeroPower (www.zero-power.eu) invece ha come scopo principale la creazione di una rete di comunicazione e scambio tra tutti i protagonisti scientifici che operano nel campo della ricerca tecnologica per ottenere Ict alimentate in maniera sostenibile.

PAROLE CHIAVE

Oscillatore lineare Sinonimo di oscillatore armonico classico, quello che si studia a scuola con la classica "molla" descritta dalla legge di Hooke ($F = -kx$), in cui la forza è direttamente proporzionale all'elongazione, o con il pendolo semplice nell'approssimazione delle piccole oscillazioni. L'oscillatore non lineare si comporta invece diversamente e non è possibile ridurre la relazione tra l'ampiezza delle oscillazioni e la forza che le genera a una semplice proporzionalità diretta.

Spin off Società di capitali che rappresenta una ricaduta aziendale e produttiva delle idee nate dal contesto della ricerca tecnologica universitaria.



PER APPROFONDIRE

— L. Alfonsi, L. Gammaitoni, *Senti che bel rumore*, in "Le Scienze", vol. 487, 2009.

— B. Kosko, *Rumore. Scienza, tecnologia, ecologia*, Garzanti, Milano 2008.

Si stima che nel 2020 il tasso di consumo energetico per i dispositivi elettronici di telecomunicazioni sarà circa il 5% del totale

disporranno di sensori da spargere sul territorio con un aereo o un elicottero, per tenere sotto controllo il passaggio di truppe e armamenti o la presenza di civili. Non è un caso che, negli Stati Uniti, la ricerca in questo settore abbia ricevuto grossi finanziamenti dal Dipartimento della difesa.

E ora una nota pratica: come fate in laboratorio a ottenere energia dal rumore?

Uno dei procedimenti che utilizziamo è l'estrazione di energia dalle vibrazioni meccaniche. Per esempio: se sto viaggiando in auto, la carrozzeria dell'auto vibrerà e io potrò trasformare queste vibrazioni in energia elettrica per alimentare un sensore oppure una luce o un radiotrasmittitore. Esistono diversi modi per effettuare queste trasformazioni. Nel mio laboratorio ricorriamo in particolare alla *dinamica non lineare* che utilizza i cosiddetti *oscillatori non lineari*.

Può spiegare meglio?

Faccio una premessa: ci sono in natura alcuni materiali, tipicamente cristalli come il quarzo o la galena (il solfuro di piombo), che quando vengono piegati o sottoposti a pressione generano energia elettrica: si chiama effetto piezoelettrico. Noi lo sfruttiamo realizzando barrette piezoelettriche in

modo che generino una piccola corrente. Questo principio piezoelettrico non è l'unico in natura a generare elettricità, ma è quello più utilizzato perché ha il maggiore rendimento.

Una barretta che vibra è una specie di pendolo che oscilla e ci sono vari modi per far vibrare un oscillatore: se prendo una barretta dritta e la faccio vibrare tenendone ferma un'estremità, l'oscillazione sarà di tipo armonico, cioè lineare. Se invece la sottopongo a deformazione meccanica (per esempio vincolandola a entrambi i lati e facendola piegare al centro) oppure uso una barra ondulata, le oscillazioni non saranno più lineari.

Bene: il mio gruppo di ricerca ha proprio mostrato che il modo più efficiente per trasformare energia è quello di utilizzare oscillatori non lineari. Nel 2007 abbiamo ottenuto il brevetto per un microgeneratore che sfrutta le vibrazioni ambientali tramite questo sistema; nel 2009 abbiamo pubblicato i nostri risultati sulla rivista scientifica "Physical Review Letters".

Insomma, altro che rumore! Come spesso accade in fisica, concetti associati a un pregiudizio negativo possono diventare il motore per sviluppare nuove e interessanti applicazioni tecnologiche. ➔



Un passo in avanti

ALLE FRONTIERE DELLA TERMODINAMICA

A scuola si studia che il calore è la forma di energia che “più degradata non si può” e che ha la caratteristica di essere altamente disordinata: tutti aspetti che la fanno apparire un po' la “cenerentola” delle energie. «Il problema è complicato», spiega il fisico Luca Gammaitoni, «e affonda le radici in quella bellissima teoria dell'Ottocento che è la termodinamica. Si può dire che tutta la termodinamica sia il tentativo di rispondere alla seguente domanda: si può estrarre lavoro dal calore? E la risposta è stata: sì, ma solo fino a un certo punto, a determinate condizioni». Nel laboratorio NiPS di Perugia, diretto da Gammaitoni, questa domanda fondamentale è diventata: si può estrarre energia dal rumore, compreso il rumore termico?

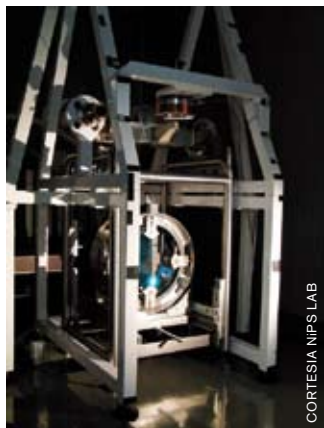
Le differenze del micro

Il punto è che il rumore termico agisce su sistemi microscopici con pochi gradi di libertà e lontani dall'equilibrio, per i quali non valgono più le conclusioni della termodinamica classica, che si applica a sistemi macroscopici con molti gradi di libertà e posti all'equilibrio termico. I dispositivi per le microenergie appartengono infatti al cosiddetto campo della *termodinamica di non equilibrio dei sistemi microscopici*. Siamo alle frontiere teoriche della termodinamica: il lavoro dei ricercatori è definire le condizioni per poter estrarre energia a livello microscopico dal calore, che è l'energia cinetica media degli atomi e delle molecole. I limiti

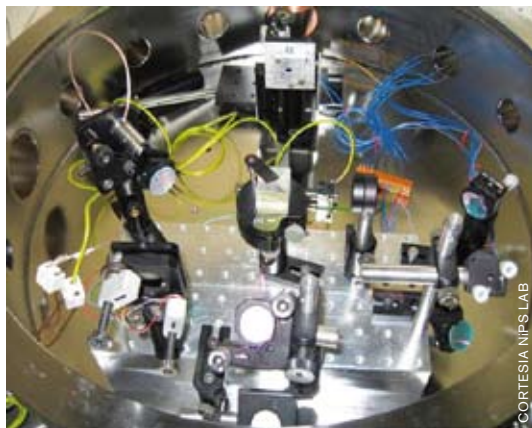
teorici entro i quali sia possibile effettuare la conversione di rumore termico in energia non sono infatti ancora del tutto chiari.

Il suono degli oggetti

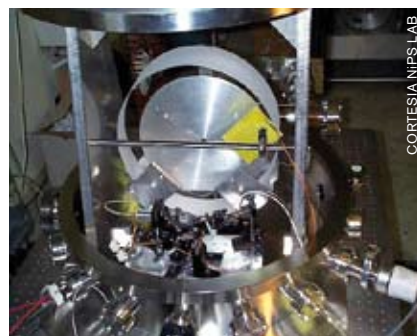
Lo studio del moto disordinato dei sistemi alle micro e nanoscale nasconde inoltre molte altre strade da esplorare: finora, per esempio, è stato difficile misurare sperimentalmente questo moto a causa del fatto che la sua ampiezza è molto piccola. E invece al NiPS lab sono riusciti addirittura ad amplificare il rumore termico fino a renderlo udibile! Se qualcuno ha pensato al famoso indovinello zen “qual è il suono di una sola mano?”, allora troverà una risposta sperimentale nell'interferometro laser che rivela vibrazioni di piccolissima ampiezza. Ogni oggetto ha infatti un suo suono proprio e ineliminabile dovuto all'agitazione termica delle particelle microscopiche che lo compongono. Quando siamo in una stanza isolata, crediamo di essere in silenzio solo perché le nostre orecchie non sono abbastanza sensibili per sentire il rumore delle molecole dell'aria, degli oggetti che ci circondano, e di quelle del nostro stesso corpo. Potete ascoltare il suono amplificato di una barretta metallica fissata a una sua estremità e libera di vibrare con l'altra estremità sotto l'azione della propria agitazione termica all'indirizzo: www.nipslab.org/files/tn-audio.wav.
F.E.M.



CORTESIA NIPS LAB



CORTESIA NIPS LAB



CORTESIA NIPS LAB

🔍 A sinistra, specchio terminale di uno dei bracci dell'interferometro laser Virgo dell'Istituto nazionale di fisica nucleare; al centro, panoramica di un interferometro laser; a destra, interferometro laser per la misura di microspostamenti.



Ora tocca a te

DOMANDE E ATTIVITÀ

1. Pensa alla teoria degli errori che hai studiato in fisica: secondo te il rumore può essere visto anche come un "limite" per la precisione di una data misura? Se sì, qual è l'origine ultima degli errori casuali delle misure sperimentali? Sono eliminabili?
2. Il NiPS lab di Perugia collabora anche con l'esperimento Virgo in costruzione nei pressi di Pisa, che si propone di rivelare le onde gravitazionali provenienti dallo spazio. Collegati all'indirizzo www.nipslab.org/node/1667 e cerca di capire che tipo di ricerca svolgono i ricercatori. Perché è collegata al rumore?
3. Che cos'è il moto browniano? Chi lo ha scoperto? Quale premio Nobel lo ha studiato quantitativamente? Trova in rete l'applet java interattiva che lo rappresenta: il movimento della pallina in sospensione è prevedibile? A che cosa assomiglia la sua traiettoria?
4. Il teorema di Fourier non si applica solo alle onde sonore: cerca esempi di sue applicazioni in altri campi della fisica, come l'elettronica.
5. In che cosa consistono i motori molecolari? Realizza una ricerca sull'argomento, concentrandoti in particolare sulla struttura e la funzione della chinesina. Puoi partire dal sito didattico Molecularlab (www.molecularlab.it).
6. Prova a pensare a un modo originale per ricavare energia dal movimento, inventando un sistema che non abbia bisogno di utilizzare batterie.

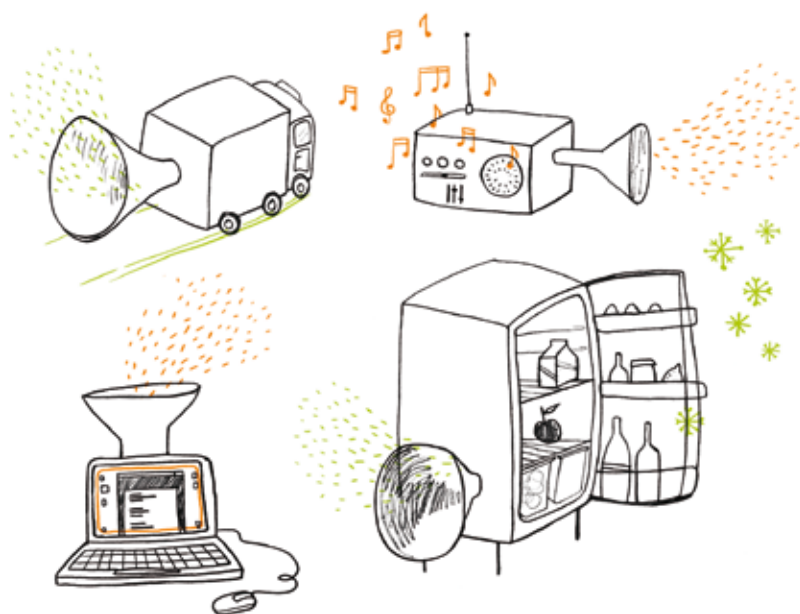
7. Gli squali contro le loro prede, i grilli contro le vespe, i gamberi contro il pesce persico... Tutti questi animali hanno in comune la capacità di sfruttare il rumore (emesso o percepito) a proprio vantaggio. Sapresti dire in che modo?

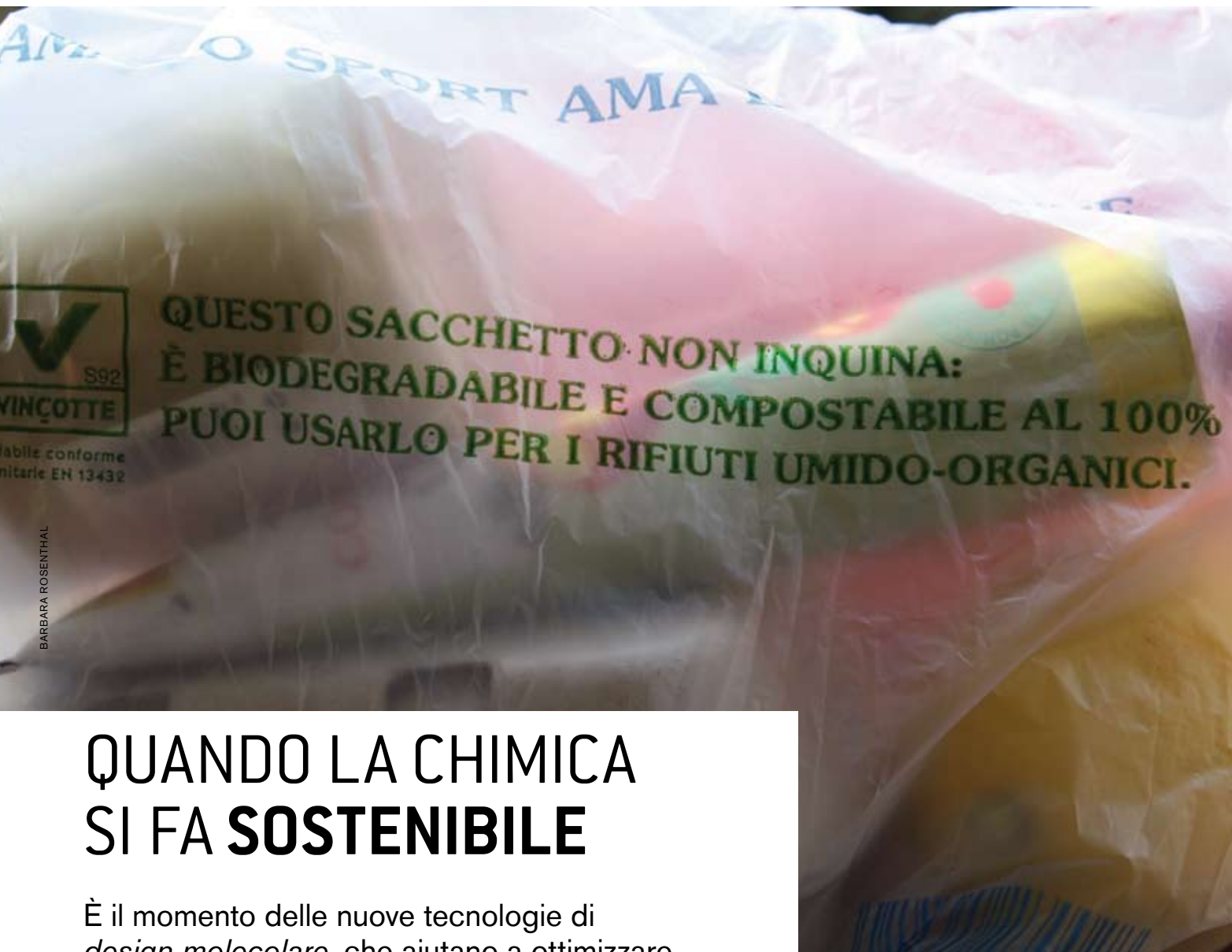
SCIENZA E SOCIETÀ

1. Il rumore assume comunemente connotati di tipo negativo. Crea un elenco di situazioni che confermano questo fatto, anche affrontando il problema dell'inquinamento acustico dal punto di vista dei suoi effetti sulla salute e delle leggi e normative esistenti in proposito.
2. I futuristi hanno rivisitato per primi il concetto di rumore inteso non più come disturbo ma come espressione musicale. Leggi *L'arte dei rumori* di Luigi Russolo del 1913 (www.futurismo.altervista.org/manifesti/arterumori.htm) e componi un file audio cercando di utilizzare alcuni dei rumori citati nelle "sei famiglie di rumori dell'orchestra futurista".

SCRIVERE DI SCIENZA

1. Ascolta il professor Gammaitoni parlare della *risonanza stocastica* in un video riportato nel blog *lineediscienza* (<http://lineediscienza.linxedizioni.it/2009/02/26/la-risonanza-stocastica>) e scrivi un riassunto dell'argomento.
2. «Nei tre o quattro decenni appena trascorsi è emersa la possibilità di descrivere in modo unitario una classe abbastanza ampia di fenomeni caratterizzati da un'evidente complessità del comportamento evolutivo o della morfologia delle strutture osservate. Questi fenomeni si incontrano nelle scienze fisiche, in biologia e in altri campi delle scienze fondamentali e applicate. Il comportamento osservato, seppur fondato sulle leggi della fisica classica o su ipotesi dinamiche estremamente semplici, risulta molto diverso da quello tipico dei sistemi della fisica classica». Così Giuseppe Gonnella, docente dell'Università di Bari, introduce il suo corso di fisica non lineare. Parti da questa affermazione e dalla descrizione di un oscillatore non lineare per scrivere – dopo un'adeguata documentazione – un breve saggio sulla storia e le principali ricadute pratiche della fisica non lineare.





BARBARA ROSENTHAL

QUANDO LA CHIMICA SI FA **SOSTENIBILE**

È il momento delle nuove tecnologie di *design molecolare*, che aiutano a ottimizzare i processi produttivi e a renderli più “verdi”. Perché gli sprechi inquinano. E costano.

ALVISE PEROSA

La materia è fatta di molecole ed elementi, a loro volta costituiti da atomi. La chimica studia come trasformare le molecole, e quindi modificare la materia. Per questo, moltissimi aspetti della nostra vita sono intimamente collegati alla chimica: essa è indispensabile per fabbricare materiali (pensiamo soltanto a plastica e gomme), ma anche farmaci, cosmetici, tessuti, detergenti, per migliorare la produzione alimentare (fertilizzanti, pesticidi, erbicidi), per produrre energia, per la mobilità e le comunicazioni. Eppure, la chimica è spesso percepita come misteriosa e astrusa, a volte pericolosa, e nello stesso modo sono visti i chimici. Questa diffidenza fa sì che il suo impatto positivo



PILLOLE VERDI

Il settore farmaceutico è uno di quelli in cui già è più evidente l'ingresso di modalità sostenibili nei processi produttivi. Il primo caso, uno dei più noti nell'ambiente, è quello del sildenafil citrato (meglio conosciuto con il nome commerciale di Viagra, per il trattamento delle disfunzioni erettili). Ricordiamo che una tipica sintesi farmaceutica genera in media 25-100 kg di scarti per kg di prodotto. Ebbene, applicando i principi della chimica sostenibile è stato sviluppato un processo di sintesi del sildenafil citrato che ne ha ridotto enormemente l'inefficienza e il potere inquinante, generando soltanto 9 kg di scarti per kg di prodotto. Anche il laboratorio di Alvise Perosa, in collaborazione con la Queen's University di Belfast, si è occupato di un problema analogo: grazie al lavoro del dottorando Marco Noè è stata messa a punto una sintesi estremamente più efficiente e pulita di quella tradizionale del tadalafil (nome commerciale Cialis), altra molecola con gli stessi effetti del Viagra. Ora, inoltre, gli stessi ricercatori stanno lavorando a un processo che preveda nuovi solventi ecocompatibili per la sintesi di un intermedio di un farmaco antidiarroico.

sulla nostra vita non venga immediatamente riconosciuto, mentre al contrario viene ingigantita la percezione negativa legata a danni all'ambiente e alla salute di cui effettivamente a volte è stata causa. In questo articolo parleremo della frontiera principale di ricerca e sviluppo in ambito chimico, nella speranza di mostrare che – se usate saggiamente – le tecnologie chimiche rappresentano un campo di studio e applicazione estremamente creativo e sicuro.

Il designer delle molecole

Proviamo a sostituire il termine "chimica" con l'espressione *design molecolare*, con particolare riferimento alla chimica di sintesi, sia di base sia applicata. Lo possiamo fare perché chi prefigura, poi progetta e schizza sulla carta nuove trasformazioni della materia, modificando le molecole secondo le regole della natura per ottenere uno scopo, si comporta esattamente come un architetto, un designer o uno stilista, i quali danno vita a nuove forme e oggetti che uniscono il bello e l'utile. Il *designer molecolare* fa lo stesso: inventa nuove molecole e i metodi per costruirle, poi le usa per creare nuovi materiali con diverse applicazioni. E diciamoci la verità: "designer molecolare" suona meglio di "chimico", è più accattivante. Il mio sforzo sarà spiegare come il design molecolare possa essere impiegato per il miglioramento della qualità della vita per noi e per le generazioni future, per salvaguardare attivamente l'ambiente e la salute. Tali obiettivi non sono mere conquiste tecniche, ma anche un prodotto

dell'intelletto, una forma di cultura. Concentriamoci su due questioni attuali che possono essere fronteggiate attraverso il design molecolare: l'inquinamento e l'approvvigionamento di energia (collegato al tema del surriscaldamento globale). La parola chiave del momento per affrontare questi temi è sostenibilità: nuove soluzioni per l'inquinamento e l'energia devono essere trovate con tecnologie capaci di trasformare le risorse disponibili in maniera sicura, rigenerandole e restituendole quanto più possibile all'ambiente alla fine.

Chi inquina di più?

L'inquinamento è un prodotto della società industriale e ha generato l'idea che progresso e avvelenamento vadano di pari passo. Questo modello può essere messo in discussione eliminando alcuni preconcetti e ridisegnando i processi di produzione. Provate a pensare all'industria chimica: che cosa vi viene in mente? Un'immagine possibile è quella di scienziati in un immacolato camice bianco che, in laboratori avanzati e pulitissimi, inventano farmaci innovativi con metodi all'avanguardia, capaci di curarci quasi miracolosamente da malattie terribili. All'altro estremo c'è l'immagine dell'industria petrolchimica, quella dei grandi impianti sporchi e fumosi di Porto Marghera o Porto Torres che trasformano il petrolio in vili carburanti e in chissà cos'altro, e che a volte illuminano il cielo notturno con enormi fiammate. Quale delle due realtà genera più inquinamento? Per poter rispondere dobbiamo prima

definire che cosa si intenda per "inquinamento". Per semplicità, adottiamo come definizione di inquinamento prodotto da una fabbrica il rapporto tra i kg di rifiuti generati per ogni kg di prodotto finale. Questo numero, inventato dal chimico Roger Sheldon, uno dei pionieri della chimica cosiddetta verde o sostenibile, e chiamato *environmental factor* ($E = \text{kg}_{\text{rifiuti}}/\text{kg}_{\text{prodotto}}$) tiene conto dell'efficienza chimica del processo, dei reagenti usati, delle perdite di solventi, e di tutto ciò che bisogna fornire al processo per funzionare, compresa l'energia (sebbene questa sia a volte difficile da calcolare). Un E più alto significa maggiori rifiuti, e di conseguenza maggiore inquinamento, essendo l'E ideale pari a zero.

Ma torniamo alla due industrie chimiche, farmaceutica e del petrolio. Basta dare un'occhiata al loro fattore E – rispettivamente compreso tra 25 e 100 e pari a 0,1 – per rendersi conto che, forse contrariamente al pensiero comune, è l'industria petrolchimica la più efficiente e meno inquinante. Al contrario, la chimica farmaceutica arriva a produrre centinaia di kg di rifiuti per ogni kg di prodotto (senza considerare l'acqua di processo!).

Risparmiare gli atomi

È evidente che, in un'ottica di sostenibilità, i numeri negativi della chimica farmaceutica debbano essere ridimensionati, ma la buona notizia è che il margine di miglioramento in questo settore, che fa ancora uso di processi chimici spesso poco efficienti e di grandi volumi di solventi, è enorme. E qui entra in gioco il designer molecolare, colui cioè che progetta nuovi processi in grado di eliminare o ridurre i rifiuti, e di evitare l'uso di materiali tossici o pericolosi, attraverso tecnologie chimiche innovative. Consideriamo una delle misure dell'efficienza di un processo chimico, l'economia atomica. Usiamo un'analogia: supponiamo che per fare un farmaco di formula M.E.D.I.C.I.N.A., un "prodotto" che contiene otto lettere, occorra una serie di trasformazioni chimiche che fanno uso di quattro sostanze di partenza ("reagenti"): M.E.L.E., D.I.A.R.I., C.I.B.I., N.A.S.I. (in totale 17 lettere). La reazione si può schematizzare così: **M.E.L.E.+ D.I.A.R.I.+ C.I.B.I.+ N.A.S.I. → M.E.D.I.C.I.N.A.** Nell'esempio si vede che non abbiamo usato tutte le lettere di ciascun "reagente", ma solo le prime due,



buttando via le altre. L'efficienza di utilizzo dei "reagenti" (8/17) è dunque pari al 47%. Se uso i reagenti M.E.L.E.+ D.I.C.I.+ N.A.S.I. (8/12), l'efficienza aumenta al 67%. L'obiettivo dell'economia atomica è dunque utilizzare al meglio tutti gli atomi presenti nei reagenti per fare in modo che la maggior parte di essi venga incorporata nel prodotto finale, con meno sottoprodotti di reazione, dunque meno inquinamento e meno costi. Un bell'esempio di economia atomica lo offre il processo produttivo dell'ibuprofene (principio attivo di comuni antinfiammatori) realizzato dalla BHC (Boots-Hoechst-Celanese): cambiando le condizioni di reazione e il catalizzatore, si è passati da un processo in sei passaggi con un'economia atomica del 40% a uno in tre passaggi con economia atomica del 77%, che arriva al 99% riciclando il sottoprodotto della reazione.

Solventi verdi

Le reazioni chimiche avvengono di norma in soluzione, cioè sciogliendo le molecole in liquidi (solventi) perché possano venire in contatto. Spesso, però, i solventi sono sostanze tossiche: anzi, i più efficaci per le reazioni organiche, come il diclorometano o l'acetone che sciolgono praticamente tutto, sono proprio i più tossici, anche perché tendono a evaporare nell'ambiente sotto forma di composti organici volatili (VOC). Ecco allora un nuovo campo di lavoro per il designer molecolare, chiamato a individuare e costruire nuovi solventi eco-compatibili. E diverse soluzioni sono già state proposte, a partire dalla semplice... acqua (H₂O). Si tratta del solvente "naturale" per eccellenza: basti pensare che praticamente tutte le reazioni chimico-biologiche avvengono in acqua con un'efficienza inarrivabile al chimico di laboratorio. Naturalmente questa efficienza è il prodotto di millenni di evoluzione, quindi non dobbiamo abbatterci se non riusciamo a fare altrettanto. Possiamo però prendere spunto per sviluppare alcune reazioni in acqua come solvente. Già molte reazioni della chimica inorganica avvengono in acqua, come la sintesi dell'acido solforico a partire da zolfo e ossigeno. Altre reazioni per prodotti industriali alla base di detersivi, farmaci, cosmetici, insetticidi ecc. possono essere trasferite in acqua adattando il sistema di reazione. È il caso, per esempio, del processo

👉 Sistema di coltivazione di microalghe in tubi orizzontali al centro di ricerca AlgaePARC dell'Università di Wageningen, nei Paesi Bassi (www.algae.wur.nl/UK).



CORTESIA WAGENINGEN UR

industriale di idroformilazione del propene (di origine petrolchimica) per dare molecole di vasto impiego nell'ambito dei detersivi, proposto da Ruhrchemie/Rhône-Poulenc. In questo caso il ruolo dell'acqua è sia di contenere un catalizzatore che può quindi essere usato ripetutamente, sia di semplificare la separazione e il recupero dei prodotti della reazione che avviene per semplice smistamento del prodotto dall'acqua senza dover impiegare altri solventi. Non dimentichiamoci però che l'acqua ha un alto calore di vaporizzazione, e che quindi potrà essere costoso in termini energetici liberarsene per evaporazione-distillazione quando non serve più.

Il caffè con il CO₂

Anche il biossido di carbonio (CO₂), gas largamente disponibile a costi irrisori – oltre che uno dei maggiori responsabili dell'effetto serra – può essere utilizzato come solvente, una volta portato nel suo stato supercritico. È uno stato in cui una sostanza ha le caratteristiche sia di un liquido (è densa) sia di un gas (riempie tutto il volume). Il CO₂ ha la peculiarità che il suo stato supercritico è accessibile con facilità, poco oltre i 30 °C e le 70 atmosfere di pressione. Usato come solvente offre due vantaggi: il fatto che quando si sfiata il reattore, se ne va spontaneamente lasciando il prodotto sul fondo (me se siamo furbi lo recuperiamo e riutilizziamo), e la sicurezza, perché la

reazione di fatto avviene all'interno di un estintore (avete presente gli estintori a CO₂?). Attualmente il biossido di carbonio supercritico è usato nell'industria alimentare, per esempio per estrarre la caffeina dai chicchi di caffè nella produzione del decaffeinato (fino a poco tempo fa si usavano solventi clorurati tossici). Viene anche utilizzato per il lavaggio a secco, sempre al posto di solventi clorurati tossici (trielina): sono state costruite lavatrici in grado di lavorare alle pressioni richieste. E ancora: come liquido per ottenere una migliore polimerizzazione del Teflon (l'antiaderente delle pentole) e come solvente nella fabbricazione di microchip.

Liquidi con carica

Altra soluzione che al momento va per la maggiore nel campo dei solventi verdi è data dai cosiddetti liquidi ionici, liquidi che, a differenza dell'acqua, sono costituiti da una coppia di ioni, cioè da una componente con carica elettrica positiva e una con carica elettrica negativa. Mentre il sale da cucina (NaCl) diventa liquido (fonde) solo oltre gli 800 °C, i liquidi ionici vengono progettati e sintetizzati per essere liquidi anche a temperatura ambiente. Non avendo tensione di vapore, non sono volatili e non evaporano, evitando così il rilascio di vapori in atmosfera. A parte questa caratteristica, altre proprietà chimiche inaspettate dei liquidi ionici hanno



CAMPIONI DI INQUINAMENTO

Environmental factor per differenti settori chimici		
Settore	Tonnellate di prodotto / anno	E factor = $\frac{\text{kg rifiuti}}{\text{kg prodotto}}$
Petrochimica	10^6-10^8	0,1
Chimica degli intermedi	10^4-10^6	1-5
Chimica fine	10^2-10^4	5-50
Chimica farmaceutica	$10-10^3$	25-100

(per esempio cloruro di vinile per il PVC). I prodotti di chimica fine sono quelli che non vengono ulteriormente trasformati (il principio attivo di un farmaco, l'ingrediente di un detersivo, il polimero grezzo). Infine la chimica farmaceutica (*specialty*) si riferisce al prodotto nel suo complesso: le pastiglie di farmaco con tutti gli eccipienti oppure il sapone nel fustino con tutti gli aromi o il polimero finito colorato e sagomato.

Nonostante la pessima fama, il settore petrolchimico (*bulk chemistry*) è quello che produce meno scarto per kg di prodotto. Si tratta della chimica "primaria", in cui si producono enormi quantità di molecole semplici (propene, acido acetico, ammoniaca, acido solforico, etilene). La chimica degli intermedi produce molecole più complesse, "intermedie" per la produzione delle altre



ALVISE PEROSA

è ricercatore presso il Dipartimento di scienze molecolari e nanosistemi dell'Università Ca' Foscari di Venezia. Ha all'attivo varie esperienze all'estero e lavora nel campo delle sintesi organiche ecosostenibili, occupandosi di liquidi ionici, nuovi reagenti puliti, molecole di origine rinnovabile e sistemi di reazione più "green".

consentito lo sviluppo di una chimica molto variegata: un'applicazione consiste nell'impiego come pistoni per comprimere l'idrogeno nelle stazioni di servizio in cui viene erogato idrogeno per le auto. Infatti "tengono" senza bisogno di guarnizioni e non contaminano il gas idrogeno.

Superare il petrolio

Veniamo ora alla seconda questione: l'approvvigionamento energetico e il surriscaldamento globale. La popolazione mondiale in continua crescita e le richieste dei paesi emergenti come Cina, India, Brasile, faranno crescere progressivamente nei prossimi anni il consumo di energia e di risorse a livello mondiale, insieme alla produzione di CO_2 . Si pensi che se tutti i 7 miliardi (o quasi) di abitanti della Terra vivessero secondo i nostri standard non basterebbero le risorse di 3,5 pianeti analoghi per soddisfarli. Le fonti tradizionali di approvvigionamento, come petrolio e gas naturale, e anche il carbone, hanno due svantaggi. Il primo è che diminuiranno e bisognerà dunque inventarsene di nuove. Il secondo è che generano CO_2 più velocemente di quanto si rigenerino naturalmente, considerato che ci hanno messo milioni di anni per formarsi a partire dalle antiche foreste. Per non parlare delle tensioni internazionali che possono scatenare. Oltre alle tecnologie basate sulle fonti rinnovabili (fotovoltaico, solare termico,

eolico), sull'atomo, sull'idroelettrico, una fonte nuova (ma allo stesso tempo anche vecchia, visto che a molti di noi è capitato almeno una volta nella vita di accendere una stufa) di energia risiede nella biomassa vegetale. Già in molti paesi le auto viaggiano a bioetanolo e biodiesel (combustibili che funzionano nei motori a scoppio esistenti, e che derivano dalla trasformazione chimica di amidi e oli naturalmente presenti nelle piante e nei semi). Il problema di questi combustibili è che oggi vengono prodotti principalmente a partire da materia prima alimentare (semi oleosi di soia, colza, girasole e cereali): un metodo non proprio desiderabile in un mondo in cui la maggioranza degli abitanti non ha abbastanza da mangiare.

L'alga nel motore

La sfida, dunque, è cercare di produrre biocombustibili efficienti anche a partire da altri tipi di biomassa vegetale, che non siano in competizione con la produzione alimentare, come per esempio alcuni tipi di legno di scarto o le alghe. Il designer molecolare in questo campo conosce gli strumenti e le tecnologie che consentono di estrarre dalla biomassa di scarto o dalle alghe le molecole di combustibile, nella maniera più sostenibile ed energeticamente vantaggiosa possibile. In realtà esistono diversi sistemi per ottenere composti chimici e combustibili dalla biomassa, ma in prima

battuta questi composti sono spesso inutilizzabili come tali. Vanno trasformati e "raffinati" chimicamente, in modo da poter essere utilizzati. Uno dei modi che si sta studiando è quello di estrarre dalle microalghe la frazione di oli usando il biossido di carbonio supercritico (sì, quello di prima), come si fa con la caffeina dal caffè: questi oli vengono poi trasformati in biodiesel secondo tecnologie ben note. Il vantaggio sta nella sostenibilità di questo ciclo: il CO_2 può essere usato per nutrire le alghe artificialmente, queste crescono e vengono trasformate in combustibili e bruciando generano energia e CO_2 , che può essere imprigionato e riutilizzato per nutrire le alghe, in un ciclo virtuoso a impatto zero. ➔



IN RETE!

Green chemistry a Yale Pagina web del centro per la chimica e l'ingegneria verde dell'Università americana, fondato da uno dei guru della disciplina, Paul Anastas. Raccoglie i 12 principi della chimica e dell'ingegneria verdi, informazioni sulle linee di ricerca, materiali divulgativi e un'efficace rassegna stampa. <http://greenchemistry.yale.edu/policy-outreach>



Un passo in avanti

ALLA RICERCA DI ALTERNATIVE DEL PETROLIO

Lo sentiamo di continuo: trovare alternative al petrolio è indispensabile, ma non solo per questioni energetiche. La stragrande maggioranza dei prodotti che usiamo ogni giorno deriva infatti dal petrolio. Dal grezzo si derivano molecole semplici che poi il chimico modifica per ottenere le proprietà desiderate. Nascono così, per esempio, quasi tutte le plastiche (bottiglie, giocattoli, sacchetti, mobili), i detersivi (saponi, disinfettanti), le vernici, i coloranti, i prodotti per l'elettronica, le batterie per cellulari e laptop e così via.

Dal greggio alle biomasse il procedimento si inverte

Se il petrolio è in via di esaurimento, oltre a essere inquinante e legato a pesanti fluttuazioni di prezzo e a instabilità geopolitiche, è bene tentare nuove soluzioni, che partano da materie prime rinnovabili. Di nuovo, come succede sul fronte energetico, le biomasse vegetali. La sfida chimica è complessa,

perché si deve lavorare in modo inverso rispetto a quanto si fa con il petrolio: dalle biomasse infatti si ottengono molecole complesse che vanno smontate e semplificate, prima di passare alla successiva fase di modifica, in inglese *upgrading*, che significa banalmente arricchimento chimico e di funzione (e quindi di valore).

Esempi virtuosi

I risultati, però, non mancano. È il caso del famoso Mater-Bi® della Novamont di Novara, la bioplastica derivata dall'amido di mais completamente degradabile per compostaggio: è il materiale di cui spesso sono fatti i sacchetti per la raccolta dell'umido o le buste biodegradabili del supermercato. Sempre dall'amido di mais, a Novara, hanno derivato un additivo da aggiungere alla miscela dei pneumatici, in sostituzione di derivati del petrolio: la nuova "formula" riduce la resistenza al rotolamento e dunque il consumo di carburante. A Trieste, invece, l'azienda CimtecLab è riuscita a ottenere sostanze che possono facilmente sostituire i derivati del petrolio da un rifiuto molto particolare: il guscio dell'anacardio. Queste sostanze si ottengono attraverso un processo di distillazione del liquido estratto dai gusci e servono per la preparazione di adesivi, rivestimenti, schiume poliuretatiche e così via.

Il cosmetico dall'alga

Nel laboratorio di Alvise Perosa a Venezia, invece, si lavora con microalgahe contenenti elevatissime concentrazioni di composti pregiati per le industrie di cosmetici e alimentari (gli acidi omega-3, i resveratroli, l'acido ialuronico). Fino a oggi, queste algahe venivano utilizzate solo per la produzione di biocombustibili, in sostanza condannando all'incenerimento sostanze ad alto valore aggiunto. Perosa e colleghi, invece, cercano di mettere a punto nuovi sistemi per estrarre le molecole utili prima di trasformare il resto in combustibili. Il tutto nell'ottica di rendere più efficiente e sostenibile la loro produzione e di scoprire nuovi composti chimici che – si spera – potrebbero essere usati come sostituti efficaci dei derivati del petrolio.



ERIC GABA - WIKIMEDIA COMMONS USER:STING

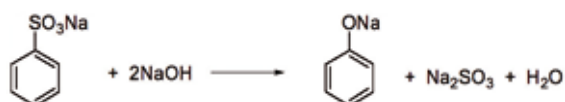
Frutto di anacardio.



Ora tocca a te

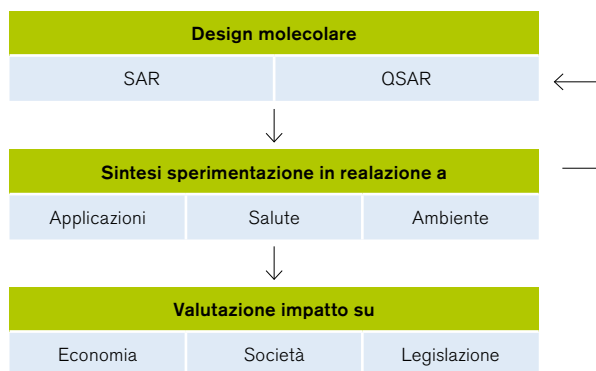
DOMANDE E ATTIVITÀ

1. In una reazione chimica, l'efficienza atomica è il rapporto tra la massa del composto desiderato e la somma totale delle masse di tutte le sostanze prodotte, moltiplicato per cento. Il fenolo, di formula C_6H_5OH , può essere ottenuto come sale sodico C_6H_5ONa da benzensolfonato di sodio secondo la seguente reazione:



Calcola l'efficienza atomica relativa alla produzione di fenato sodico per ogni mole di benzensolfonato di sodio reagita. Secondo te l'efficienza atomica di questa reazione può essere considerata soddisfacente?

2. Le linee di azione per la produzione di sostanze a basso impatto ambientale possono essere schematizzate nel seguente modo:



Dopo aver ricercato il significato delle sigle SAR e QSAR, commenta i passaggi di questo schema. Secondo te, in che cosa consistono le valutazioni di tipo economico, sociale e legislativo indicate nell'ultima parte del diagramma? Saresti in grado di riportare qualche esempio a riguardo?

3. Una delle migliori caratteristiche del sapone ottenuto da sostanze naturali è la biodegradabilità, di cui spesso difettano i saponi derivati da sostanze sintetiche. Il sapone si ottiene facendo reagire i trigliceridi contenuti nei grassi (o lipidi) con un idrossido (per esempio l'idrossido di sodio NaOH) secondo la reazione condotta in ambiente acquoso:



Per determinare la quantità di soda caustica necessaria occorre tenere conto del *coefficiente di saponificazione* (riportato nella

Coefficiente di saponificazione per diversi oli

Olio	Coefficiente (NaOH)
di arachidi	0,136
di cocco	0,190
di colza	0,124
di fegato di merluzzo	0,132
di girasole	0,134
di jojoba	0,159
di mais	0,136
di mandorle dolci	0,136
di nocciole	0,136
di noci	0,135
di oliva	0,134
di palma	0,141
di ricino	0,128
di riso	0,128
di semi di cotone	0,138
di semi di lino	0,136
di sesamo	0,133
di soia	0,135

tabella per alcuni oli). Se, per esempio, si vogliono saponificare 1000 g di olio di oliva sono necessari 134 g di soda caustica. Con l'aiuto dell'insegnante, scegli un metodo di preparazione del sapone, valuta le dosi occorrenti e appronta l'attrezzatura necessaria per eseguire una reazione di saponificazione in laboratorio.

SCIENZA E SOCIETÀ

Fai una ricerca sui componenti dei detergenti commerciali destinati all'igiene personale, analizzandone le etichette e indicando additivi come conservanti, profumi o ammorbidenti; raccogli dati sui possibili effetti nocivi sull'ambiente e sulla salute umana dei componenti individuati. Immagina di progettare una campagna di informazione per convincere i

consumatori a produrre il sapone in casa con un metodo semplice ed economico, enumerando tutti gli svantaggi dei prodotti in commercio. Fornisci un esempio di materiale informativo. Su quali aspetti dovresti maggiormente puntare perché l'operazione risulti efficace? Quali canali di informazione potresti sfruttare nel tuo territorio? Secondo te, un'informazione consapevole sarebbe sufficiente a convincere i consumatori a fabbricare il sapone in casa? Ipotizza gli ostacoli più rilevanti che potresti incontrare. Quali strategie potresti usare per superarli o aggirarli?

SCRIVERE DI SCIENZA

La biomassa acquatica, costituita dalle alghe, è più adatta di quella terrestre per la crescita sotto elevate concentrazioni di CO_2 e può contribuire alla produzione di grandi volumi di biocarburanti. Le alghe sono inoltre migliori convertitori di energia solare rispetto alle piante terrestri, oltre a offrire la possibilità, almeno potenziale, di produrre *biofuel* (biocarburanti) con composizione molto variegata a seconda della specie utilizzata. Dopo aver effettuato una ricerca, riporta un confronto sui possibili vantaggi e svantaggi nell'uso di biomassa acquatica e di biomassa terrestre per la produzione di carburanti in relazione a: tecnologie di produzione, costi, spazio necessario, efficienza e applicazioni.

Staminali tra scienza, politica e speranza

Esistono procedure precise per stabilire se una terapia è efficace, eppure continuano a proliferare centri che propongono terapie non verificate a base di cellule staminali. Le ragioni si collocano tra controversie etiche e politiche, vuoti normativi e umane speranze.

GILBERTO CORBELLINI

La ricerca sulle cellule staminali è in primo luogo un settore della scienza di base da cui ci si aspettano nuove conoscenze sui meccanismi molecolari che controllano il differenziamento cellulare. È un settore controverso, specie da quando è diventato possibile studiare anche le staminali embrionali, ottenute da embrioni umani (che, nel processo, vengono distrutti). Nella percezione pubblica, tuttavia, le staminali sono soprattutto una fonte di speranze per i malati. È un fatto che siano considerate una sorta di "Graal" della medicina e che si parli di *medicina rigenerativa* per definire una nuova era terapeutica, all'insegna appunto delle staminali, in cui i trattamenti avranno lo scopo di rigenerare i processi fisiologici compromessi nelle malattie dovute alla perdita di funzionalità dei tessuti, come infarto, diabete, morbo di Parkinson, traumi neurologici, tumori e altro.

Venditori di speranza

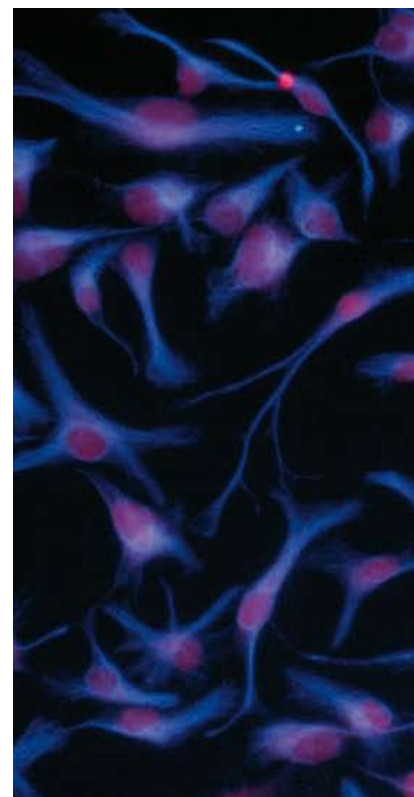
Siamo solo all'alba della medicina rigenerativa: un'alba per certi aspetti

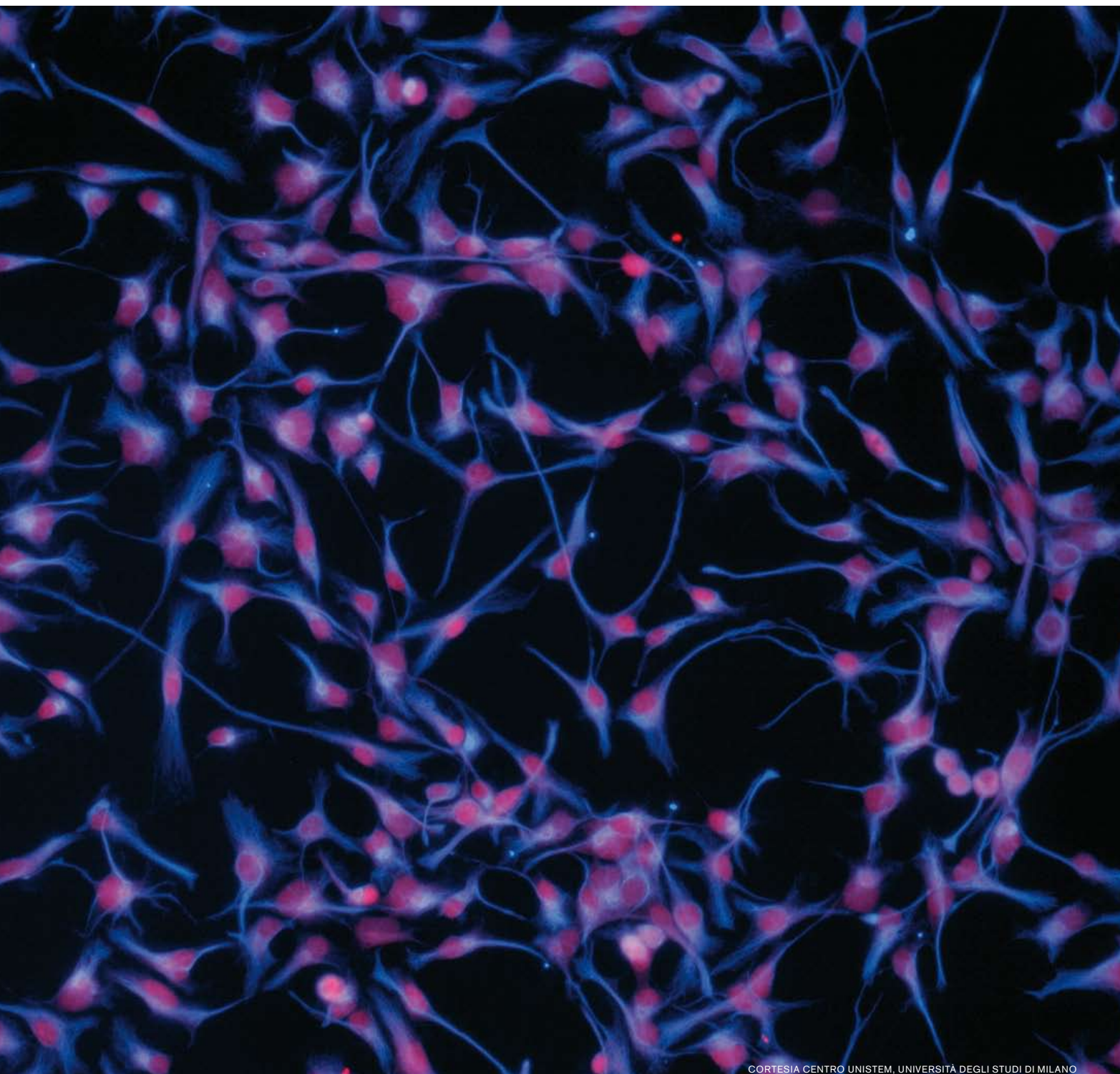
tragica. Infatti, benché non siano ancora disponibili trattamenti di provata efficacia per la maggior parte delle malattie degenerative, nel mondo si contano già circa 700 cliniche che dichiarano di poter curare i più diversi disturbi. E sono centinaia di migliaia le persone che si rivolgono a queste cliniche, concentrate soprattutto nei paesi asiatici (Cina, Corea e Thailandia), ma anche in Messico, Costa Rica e persino in Germania. Un turismo delle cellule staminali: viaggi della speranza che hanno costi economici ingenti e mettono a rischio la salute dei pazienti. Ma perché, nonostante i livelli scientifici e tecnologici molto elevati della ricerca sulle staminali e l'esistenza di metodologie internazionalmente riconosciute per controllare l'efficacia dei trattamenti, è possibile un abuso così diffuso delle attese di cura e guarigione? Se si vuole inquadrare efficacemente il problema, si devono prendere in esame diversi aspetti. Un'ipotesi da considerare è che il modo di governare la ricerca sulle staminali, sia dal punto di vista politico sia sul piano

della comunicazione pubblica, abbia generato eccessi di speranze e creato le condizioni geopolitiche per questo particolare "turismo cellulare".

Confusione staminale

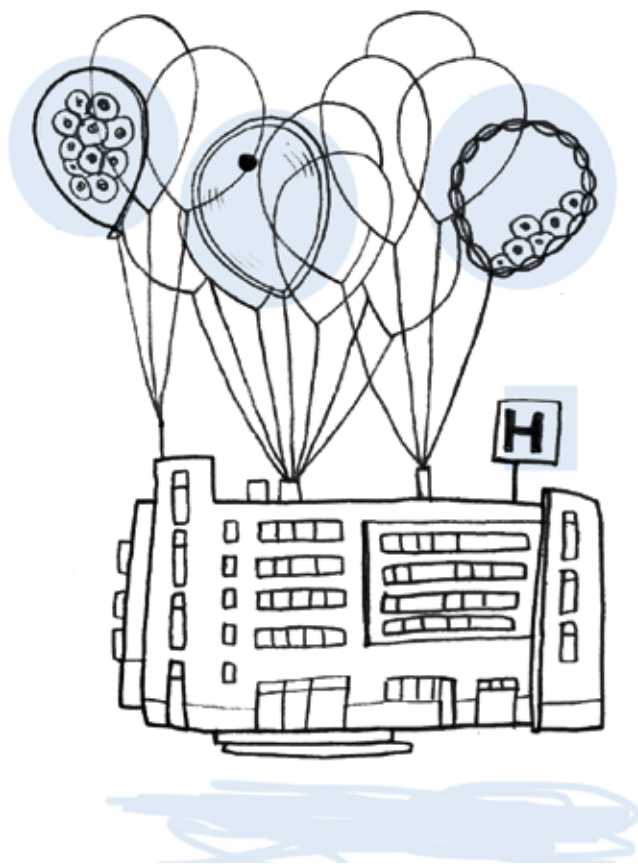
A introdurre un forte elemento di confusione in un'area scientifica che stava procedendo regolarmente sono state le controversie sull'uso delle cellule staminali embrionali per la ricerca e la diversificazione delle regolamentazioni nei diversi paesi. Solo la ricerca sulle staminali embrionali è oggetto di controversie e di legislazioni speciali, mentre non esistono discussioni sulla liceità di studiare e sperimentare sugli esseri umani le staminali cosiddette adulte. Le aspettative create dalla scoperta e dallo studio delle staminali embrionali, però, si sono automaticamente proiettate su quelle adulte. Il punto è che al momento è difficile lavorare con le staminali embrionali e sviluppare trattamenti che le contengano, eppure si è già diffusa l'idea che disponiamo di cellule del tutto *plastiche* (come sono appunto le





CORTESIA CENTRO UNISTEM, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

📍 Cellule staminali
neurali di topo.



I viaggi della speranza causano danni alla salute e all'economia dei pazienti e delle loro famiglie e producono conseguenze dannose per la credibilità della ricerca scientifica

embrionali), chiamate ormai genericamente staminali, con cui riparare tutte le funzioni compromesse. Da qui una vera e propria corsa a tentare di sfruttare le staminali adulte. Per di più qualcuno, in particolare chi vede un'irrisolvibile differenza morale tra staminali adulte ed embrionali, giudicando "etiche" solo le prime, ha tutto l'interesse a diffondere l'idea che le staminali adulte possono o potranno curare tutte le malattie degenerative. Il che può indurre a pensare da un lato che trattamenti efficaci siano disponibili già oggi e dall'altro che non vi sia bisogno di studiare le staminali embrionali.

Quando le staminali adulte funzionano

Alcune staminali adulte, in particolare quelle del sangue (emopoietiche), sono già una realtà terapeutica per malattie ereditarie e tumori del sangue e del sistema immunitario. Nel 1968 venne per la prima volta ottenuta, nell'ospedale di Minneapolis, la guarigione di una malattia immunitaria congenita in un bambino mediante trapianto di midollo osseo, che contiene staminali emopoietiche. Vent'anni dopo, a Parigi, un bambino

affetto da anemia di Fanconi, malattia ereditaria del sangue, venne curato con le staminali contenute nel cordone ombelicale del fratello, e nel 1992 un paziente con leucemia è guarito a seguito del trapianto di staminali del cordone ombelicale. Ogni anno vengono effettuati nel mondo almeno 30 000 trapianti autologhi (autotrapianti) e 15 000 trapianti allogenici (in cui ricevente e donatore sono geneticamente diversi) di cellule staminali emopoietiche derivate da midollo osseo, sangue periferico o cordone ombelicale. La diffusione dell'uso di staminali emopoietiche si è basata sul rigoroso controllo dell'efficacia e della sicurezza dei trattamenti.

Nonostante questi successi, però, le staminali adulte hanno un limite: possono trasformarsi solo in un numero limitato di cellule specializzate, a differenza delle staminali embrionali che possono differenziare in tutti i tipi di tessuto e quindi hanno potenzialità superiori, sia per la ricerca di base sia per eventuali trattamenti rigenerativi. Per questo molti scienziati ritengono importante e necessario studiarle.

Staminali embrionali: paese che vai, norma che trovi

Le staminali embrionali umane sono state isolate e coltivate in vitro nel 1998, l'anno dopo l'annuncio della nascita di Dolly, la pecora clonata, da James Thomson dell'Università del Wisconsin a Madison. Poiché esistono differenti sensibilità religiose ed etiche rispetto allo statuto morale dell'embrione umano, diversi paesi hanno deciso in modo differente circa la possibilità per gli scienziati di lavorare con queste cellule. Alcuni paesi, come Gran Bretagna, Svezia, Israele, Cina, India, Brasile e Singapore consentono sia la ricerca con staminali derivate da embrioni umani già esistenti sia la creazione di embrioni umani per scopi sperimentali, anche mediante la tecnologia del trasferimento nucleare (clonazione). Quest'ultima tecnica mira, dato un individuo (un malato), a produrre linee di staminali embrionali geneticamente identiche al paziente stesso, per evitare i rischi di rigetto in caso di trapianto. Altri paesi come Canada, Stati Uniti e Francia non consentono di creare embrioni per clonazione, ma permettono solo di derivare le staminali da embrioni

sovranumerari ottenuti durante le procedure di fecondazione assistita: questi embrioni devono essere donati dalle coppie esplicitamente per la ricerca. Infine ci sono paesi come Italia, Germania, Irlanda e Norvegia, in cui è vietato derivare staminali da embrioni umani ma può essere consentito lavorare con linee di staminali embrionali messe a disposizione da ricercatori stranieri.

Scarsi controlli, falsi risultati, false aspettative

Nei paesi in cui la ricerca con le staminali embrionali è ammessa, le procedure di regolamentazione e controllo sono di differenti. In Gran Bretagna, Olanda o Svezia, per esempio, esiste una rigida sorveglianza sulla qualità della ricerca e sull'etica della sperimentazione clinica, allo scopo di non far correre rischi ai pazienti. In paesi meno sviluppati a livello normativo, come la Cina o la Corea del Sud, questi controlli sono meno stringenti. Una delle conseguenze può essere la produzione di falsi risultati, magari anche attraverso esperimenti eticamente discutibili. In Corea del Sud, per esempio, è accaduto un gravissimo episodio, di cui è stato protagonista lo scienziato Hwang Woo-Suk. Questi, nel 2005, dichiarò di essere riuscito a ottenere linee cellulari di staminali a partire da embrioni clonati (il punto di partenza di tutto sarebbero stati oociti prelevati a donne sottoposte a trattamenti ormonali). Cellule che, in teoria, avrebbero potuto curare qualunque malattia degenerativa insorta nella persona dal cui materiale genetico era stato creato l'embrione. I risultati pubblicati da Hwang si sono però rivelati falsi.

Giro del mondo in cliniche

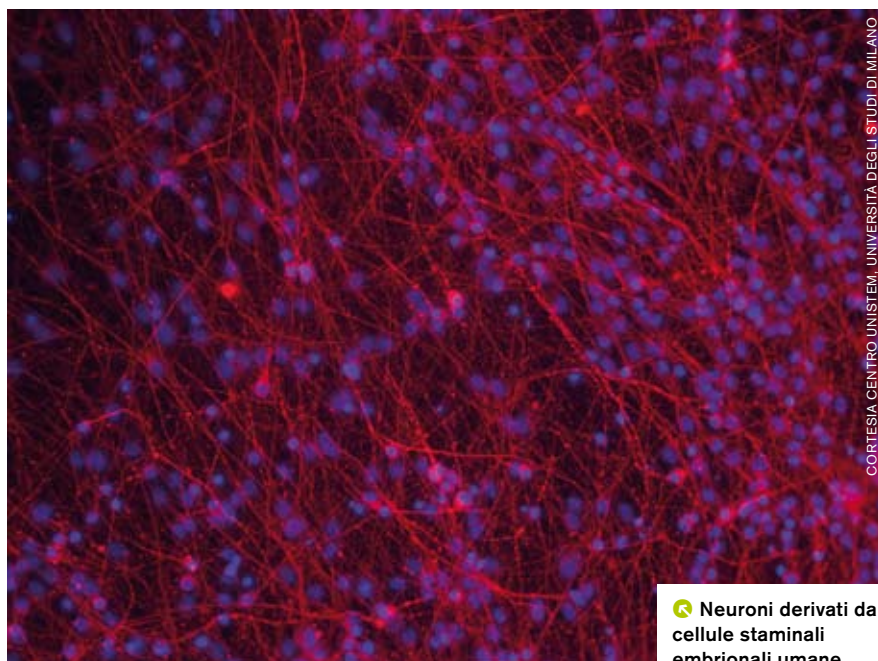
Proprio in Corea opera dal 2005 una delle cliniche (RNL Bio) che propongono trattamenti a base di staminali: praticamente ogni tipo di staminali adulte, emopoietiche, da midollo osseo, da feti abortiti, adipose, mesenchimali. I trattamenti riguardano qualunque genere di malattia degenerativa, ma anche condizioni estetiche. La RNL Bio ha anche diramazioni in Cina, Germania, Stati Uniti e Messico.

A proposito di Cina: è il paese in cui gli investimenti nel settore della medicina rigenerativa sono stati i più ingenti al mondo, il che ha portato a una forte concentrazione di centri di ricerca collegati con ospedali dove si praticano sperimentazioni su esseri umani di vari tipi di trattamento con staminali. Il centro più importante è Beicke Biotechnology di Shenzhen, fondato nel 1999 con capitali pubblici: il centro prepara diverse combinazioni di cellule derivate da cordone ombelicale e midollo osseo, che vengono quindi distribuite a decine di ospedali per il trattamento delle più varie malattie degenerative, senza escludere epilessia e autismo.

Altre cliniche "rinomate", spesso organizzate in reti internazionali sono: Vescell (creata in Thailandia con il nome di Thera-Vitae) che opera negli Stati Uniti praticando trattamenti per malattie cardiache con staminali autologhe; l'indiana Nutech Mediworld, che somministra già trattamenti con staminali embrionali per le lesioni spinali e diverse malattie degenerative; Medra Inc, che fa base nella Repubblica Dominicana e

utilizza cellule staminali fetali per trattare malattie cronic-degenerative; Regenocyte, con base in Florida, che effettua trattamenti con staminali autologhe per malattie cardiovascolari, polmonari e delle ossa. Una delle cliniche più famose in Europa, lo XCell Center di Dusseldorf in Germania, è stata chiusa nel maggio scorso, ufficialmente in quanto una nuova legge tedesca non consente più centri di questo tipo, ma verosimilmente a seguito dell'inchiesta aperta per la morte di un bambino e l'emorragia cerebrale di un ragazzo che si erano sottoposti a trattamenti con staminali adulte.

I costi dei trattamenti offerti da queste cliniche oscillano tra i 20 000 e i 30 000 dollari. Chi le gestisce si rende conto di dover dichiarare l'efficacia delle terapie praticate. In questo senso, spesso vengono riportati sui siti elenchi di esperti e consulenti e anche studi, che però riguardano principalmente la sicurezza delle terapie ma non hanno alcun valore come prova di efficacia. La maggior parte dei siti punta a proporre testimonianze, contando sull'effetto positivo su pazienti e



CORTESIA CENTRO UNISTEM, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Neuroni derivati da cellule staminali embrionali umane.



Solo la ricerca sulle staminali embrionali è oggetto di controversie e di legislazioni speciali: non ci sono discussioni sulla liceità di studiare e sperimentare sugli esseri umani le staminali adulte

familiari dei resoconti aneddotici di chi sembra aver tratto beneficio dai trattamenti.

L'importanza dei controlli

Le ragioni principali con cui pazienti e famiglie motivano più spesso il ricorso a questi trattamenti sono due: il fatto che la ricerca scientifica procede troppo lentamente e l'esistenza di presunti complotti a favore delle case farmaceutiche, che avrebbero tutto l'interesse a rallentare la sperimentazione di nuovi trattamenti nei paesi sviluppati. In realtà le cose non stanno proprio così. Ora: è vero che la sperimentazione di nuove terapie procede lentamente, ma questo serve anche a fornire maggiori garanzie ai malati. Nel corso del Novecento nei paesi più sviluppati ci si è resi conto della necessità di introdurre regole e sistemi di controllo per i prodotti farmaceutici immessi sul mercato, almeno per garantirne la sicurezza. Inoltre, subito dopo la seconda guerra mondiale, alla luce delle criminali sperimentazioni cliniche eseguite dai medici nazisti (ma anche in paesi democratici), è diventato un assioma della sperimentazione clinica umana il controllo etico sulla qualità delle procedure.

Nel tempo sono state definite linee guida internazionali di "buona pratica clinica" e standard etici per le sperimentazioni, adottati dai paesi sviluppati. Esistono agenzie – come la Food and Drug Administration (Fda) negli Stati Uniti e l'European Medicines Agency (Ema) in Europa – che devono approvare la commercializzazione di un trattamento, sulla base di dati che ne dimostrino l'efficacia per curare una determinata malattia. Le prove di efficacia accettate da queste agenzie devono a loro volta

basarsi su studi clinici svolti secondo particolari criteri, che garantiscano risultati scientificamente attendibili. Non solo: chi si propone di sperimentare e commercializzare nuovi trattamenti deve applicare anche buone pratiche di fabbricazione e di laboratorio, per garantire che i risultati siano stati ottenuti in modo affidabile. Queste ultime linee guida sono importantissime nel caso della lavorazione di tessuti e cellule.

La qualità etica della sperimentazione è un presupposto non meno importante del disegno sperimentale. Gli studi clinici devono essere approvati da comitati etici che hanno il compito di accertare che sia fatto il possibile per ridurre i rischi e aumentare i benefici dei trattamenti e che i partecipanti siano trattati rispettando la loro autonomia decisionale e senza discriminazioni sociali ed etniche nell'arruolamento.

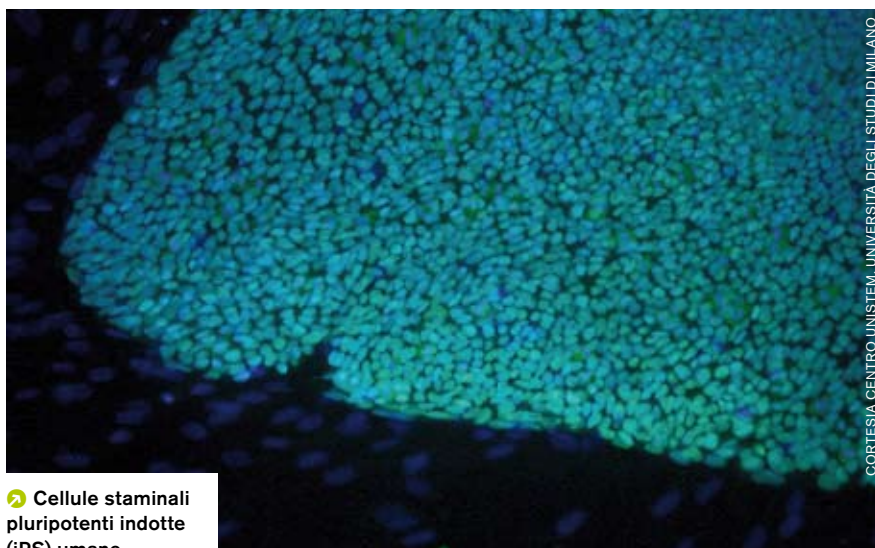
Un percorso lungo e complesso, insomma, mentre spesso le cliniche della speranza scelgono scorciatoie, offrendo terapie che non hanno superato controlli di efficacia e i cui effetti non sono prevedibili.

Un ruolo per gli scienziati

I viaggi della speranza non causano solo danni alla salute e all'economia dei pazienti e delle loro famiglie. Producono anche conseguenze dannose per la credibilità della ricerca scientifica, diffondendo l'idea che gli scienziati non siano davvero interessati a sviluppare applicazioni cliniche della ricerca, ma piuttosto a insistere sulle conoscenze di base e sul numero delle loro pubblicazioni. Senza contare che l'aumento dei pazienti che si rivolgono a centri inaffidabili potrebbe comunque contribuire a ridurre i finanziamenti pubblici e privati alla ricerca sulle staminali.

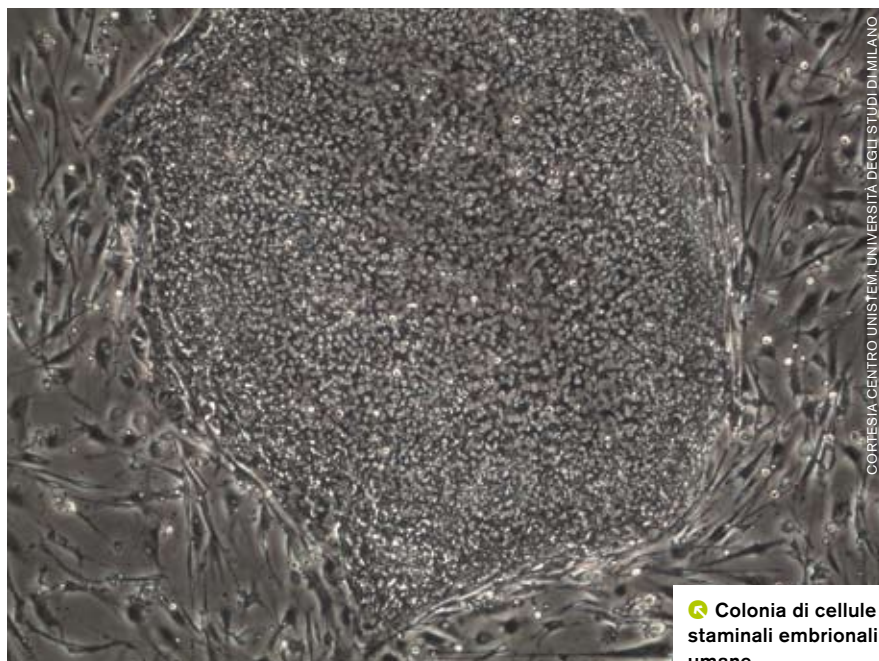
A questo punto, dati i vuoti normativi, le differenze legislative e i limiti del diritto internazionale che rendono possibile il proliferare di cliniche della speranza, tocca proprio agli scienziati – oltre che ai medici di base e alle associazioni dei pazienti – fornire a malati e familiari efficaci strumenti di difesa.

È quello che ha fatto l'International Society for Stem Cell Research (www.isscr.org) di Deerfield nell'Illinois. La società ha prodotto alcune linee guida che tentano di colmare i ritardi o l'indifferenza dei governi, spesso più




➤ **Cellule staminali pluripotenti indotte (iPS) umane.**

CORTESIA CENTRO UNISTEM, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



CORTESIA CENTRO UNISTEM, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

 **Colonia di cellule staminali embrionali umane.**

Le staminali adulte possono trasformarsi solo in un numero limitato di cellule specializzate, mentre quelle embrionali possono differenziare in tutti i tipi di tessuto e quindi hanno potenzialità superiori

preoccupati delle blastocisti che non di evitare che i cittadini siano ingannati dall'offerta di trattamenti con staminali non basati su prove di efficacia. In un sito dedicato a queste terapie (www.closerlookatstemcells.org) vengono suggerite le domande da rivolgere alle cliniche che le propongono, oltre a videointerviste con i massimi esperti di staminali, che spiegano perché questi trattamenti sono pericolosi, inefficaci e mettono a rischio la credibilità della ricerca scientifica. Ovviamente, vengono fornite le informazioni di base sulle cellule staminali e un manuale per il paziente scaricabile in sei lingue (compreso l'italiano), che aiuta a valutare le terapie con staminali che si stanno eventualmente prendendo in considerazione. Senza trascurare di spiegare in che modo le conoscenze scientifiche diventano trattamenti medici di provata efficacia.

Contro i ciarlatani organizzati

Il quadro descritto non è del tutto nuovo nella storia della medicina: la ciarlataneria è sempre esistita. Ci sono, però, delle novità. Nel caso dei trattamenti con staminali, oltre alle solite strategie comunicative la ciarlataneria utilizza anche tecnologie molto avanzate (spesso più di quelle dei centri che praticano solo

trattamenti di provata efficacia) per presentarsi con caratteristiche del tutto simili a quelle della medicina valida. Inoltre si tratta di una ciarlataneria organizzata, che approfitta dei vuoti regolativi, frutto soprattutto delle controversie riguardanti la ricerca sulle staminali embrionali. Il tema su cui vale la pena riflettere ha un duplice aspetto. Perché e come avviene la manipolazione dei fatti scientifici per far credere che alcune ricerche siano utili e altre no, e come può accadere che proliferino cliniche che offrono trattamenti con staminali la cui efficacia non è dimostrata? Oggi esistono procedure specifiche universalmente accettate per accertare la validità di un dato sperimentale o l'efficacia di un trattamento. Eppure, rimangono profonde disparità tra diversi paesi nel governo della ricerca sulle staminali e sul loro uso clinico. I paesi sviluppati dovrebbero aiutare la comunità scientifica nell'opera di informazione e supporto rivolta ai pazienti, alle loro famiglie e ai medici per limitare i danni che i viaggi della speranza provocano alle persone e alla credibilità della scienza. ●



MULTIMEDIA
<http://linxedizioni.it>



GILBERTO CORBELLINI

è professore ordinario di storia della medicina e bioetica alla Sapienza, Università di Roma, e condirettore della rivista "Darwin". Si occupa di diversi aspetti della storia, dell'epistemologia, dell'etica e della percezione delle scienze biomediche.



IN RETE!

Tutto (o quasi) sulle staminali

Raccolta approfondita di materiali (approfondimenti, notizie, video, animazioni, podcast) pensati appositamente per educatori e docenti.

www.stemcellresources.org



PER APPROFONDIRE

- L. Bonfanti, *Le cellule invisibili. Il mistero delle staminali nel cervello*, Bollati Boringhieri, Torino 2009.
- A. Massarenti, *Staminalia*, Guanda, Milano 2008.
- M. Sampaolesi, *Le cellule staminali*, Il Mulino, Bologna 2011.



Un passo in avanti

UN PONTE TRA UNIVERSITÀ E SCUOLA

UniStem, il Centro interdipartimentale di ricerca sulle cellule staminali dell'Università di Milano, organizza dal 2009 una giornata dedicata agli studenti delle scuole superiori, per avvicinarli al mondo della ricerca e illustrare loro non solo le sfide conoscitive della scienza, ma anche i modi, gli ambienti e i contesti sociali in cui lavorano i ricercatori. Si tratta di un'attività che risponde alle sollecitazioni della Comunità europea a dedicare una parte dei finanziamenti per la ricerca, e un po' di tempo per diffondere il senso culturale dell'attività scientifica, per stimolare le vocazioni giovanili a intraprendere la carriera di ricercatore e per far circolare informazioni utili a illuminare le controversie che spesso, nei mezzi di informazione, tendono a essere usate per gettare ombre sul ruolo della scienza e degli scienziati.

Un'iniziativa articolata

Nel 2011 l'iniziativa ha visto la partecipazione di altre tre università – Torino, Firenze e Roma Sapienza – che il 18 marzo hanno organizzato nelle loro sedi istituzionali quattro incontri tra scienziati e studenti, con conferenze e collegamenti audiovideo tra le sedi stesse, trasmessi in diretta streaming. Per preparare l'evento gli organizzatori, nelle diverse università, si sono mossi diversamente. A Milano e Firenze il contatto è stato soprattutto con i docenti, ai quali sono stati forniti materiali per preparare gli studenti sull'argomento. Dopo le conferenze, alcuni studenti hanno potuto visitare i laboratori dove si svolgono le ricerche sulle staminali. Torino e Roma, con la collaborazione rispettivamente di Agorà Scienza e dell'European Learning Laboratory for the Life Sciences dell'European Molecular Biology Laboratory di Monterotondo, hanno coinvolto direttamente gli studenti, stimolandoli con lezioni o attraverso l'organizzazione di attività sperimentali in laboratorio o a scuola. In tutto hanno partecipato oltre 2000 studenti, di oltre cinquanta licei e istituti tecnici d'Italia. Un resoconto della giornata si può trovare all'indirizzo: <http://users.unimi.it/unistem/index.php/attivita-per-le-scuole-superiori/litalia-unita-dalla-scienza>.

Scienza sì, ma anche educazione civica

La ricerca sulle staminali, dunque, è stata usata come occasione per parlare di scienza ai giovani. L'intento era ricordare loro l'impegno civile – non

sempre adeguatamente apprezzato e valorizzato – degli scienziati, attraverso il lavoro ordinario. Ragazzi e docenti hanno avuto modo di esaminare e confrontare con specialisti le loro attese e curiosità. Si è discusso anche dell'enfasi eccessiva rispetto alla ricerca scientifica cosiddetta "applicata". Gli incontri preparatori hanno mostrato che i ragazzi non sanno che per stabilire l'efficacia di un trattamento terapeutico si devono fare "esperimenti" clinici. Né hanno chiaro che esistono procedure standardizzate per garantire l'eticità e la qualità della sperimentazione clinica. I giovani sono colpiti anche dal fatto che in tutti i paesi democraticamente più avanzati, il peso politico-culturale della comunità scientifica è superiore rispetto a quanto non sia in Italia. E sono stimolati dall'idea che potrebbe non essere un caso che i paesi che stanno al di sopra di una certa soglia di investimenti in ricerca e sviluppo, e dove la comunità scientifica è più libera e influente, sono anche quelli che crescono di più economicamente. Non solo. Sono anche quelli dove i livelli di corruzione sono minori, ci sono più libertà economica e di stampa e, guarda un po', c'è anche più fiducia nella democrazia e in chi l'amministra.

Un bilancio positivo e un appuntamento

I risultati dell'esperienza sono stati molto soddisfacenti su tutti i piani: il lavoro merita di essere ulteriormente sviluppato perché forse i contenuti dell'offerta, ma soprattutto questa forma di interazione tra mondo accademico e scuole superiori, potrebbero costituire un nuovo modello di collaborazione, ai fini di migliorare la percezione della scienza e del suo mondo in giovani che stanno per diventare i futuri cittadini della società della conoscenza. Intanto, il prossimo appuntamento è fissato per il 9 marzo 2012 con *Venti regioni unite dalla scienza*. In ciascuna delle venti regioni italiane, presso una sede universitaria, si terrà un evento dedicato agli studenti delle superiori a partire dai problemi sollevati dalla ricerca sulle cellule staminali.

G.C.



Ora tocca a te

DOMANDE E ATTIVITÀ

1. Dopo aver letto attentamente l'articolo di Gilberto Corbellini, elenca le problematiche legate all'uso delle cellule staminali, embrionali e adulte. Traccia un diagramma di flusso che rappresenti queste problematiche e le loro interazioni.

2. Dopo esserti documentato sul tuo libro di testo, in biblioteca o su Internet (puoi

partire dalla lettura del post *Staminabilia* sul blog "Evolve or die": <http://www.evolvedie.blogspot.com/2011/07/staminabilia.html>), prova a rispondere alle seguenti domande:

- a. Qual è l'origine etimologica del termine *staminale*?
- b. Quali caratteristiche deve avere una cellula per essere definita staminale?

c. Quali sono le fasi del ciclo cellulare? Descrivile brevemente.

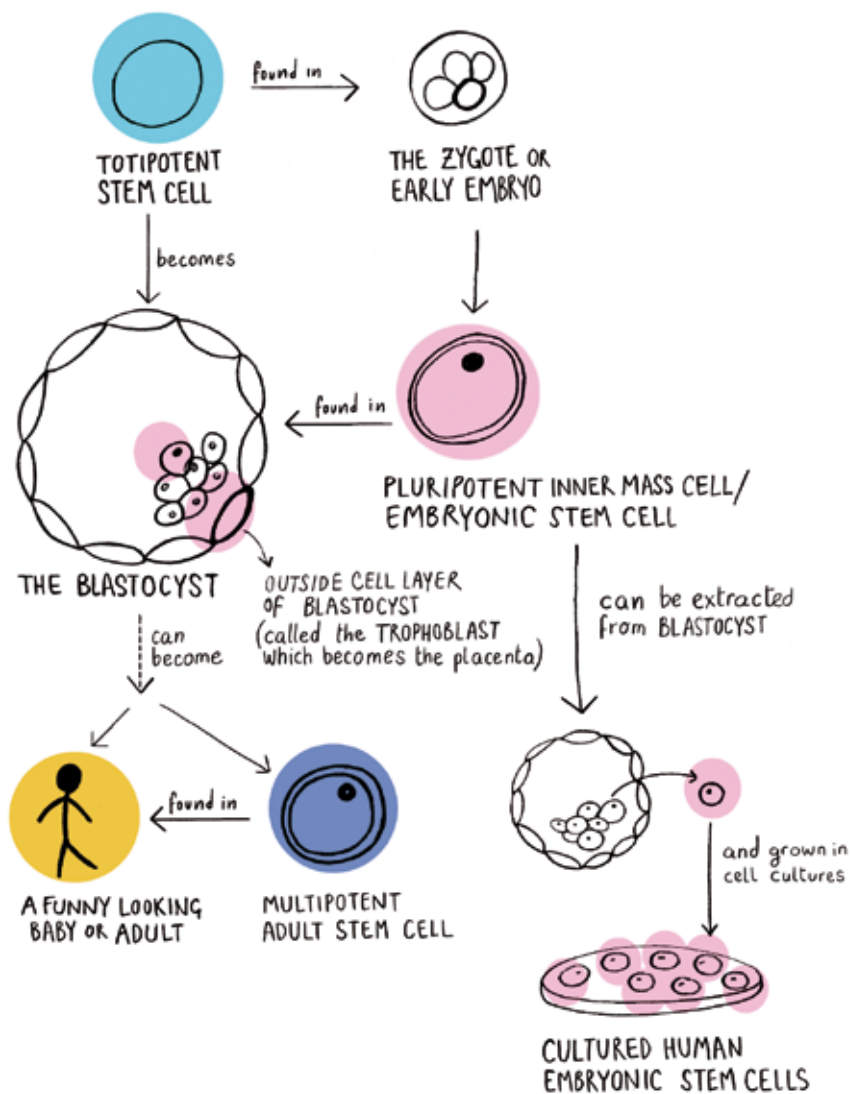
d. Che cosa sono le cellule *progenitrici* o *transit amplifying cells*?

e. Quali sono le principali caratteristiche delle cellule staminali unipotenti, pluripotenti, multipotenti e totipotenti?

f. Quali sono le caratteristiche delle cellule staminali adulte? E di quelle embrionali? Quali sono le questioni etiche legate al loro uso?

g. Quali sono le caratteristiche delle staminali amniotiche e di quelle fetali? Dove si trovano queste cellule?

TYPES OF STEM CELLS



3. *CLIL exercise.* Have an accurate look to the funny diagram in this page, that illustrates the relationships between all the different types of stem cells.

- a. From what embryo stage does the totipotent stem cell come from?
- b. Describe the structure of the blastocyst.
- c. The blastocyst outside layer of cells forms...
- d. The inner mass cells form...
- e. The whole blastocyst will generate...
- f. Now write a good description (500 words) of the diagram.

SCIENZA E SOCIETÀ

1. Scrivi un breve testo in cui esprimi il tuo parere in merito all'utilizzo delle cellule staminali embrionali e confrontalo con quello dei tuoi compagni. Probabilmente, la classe risulterà divisa in due gruppi, i favorevoli e i contrari. Insieme all'insegnante di scienze e magari a quello di filosofia cercate di costruire un dibattito costruttivo tra i due gruppi; un alunno potrebbe fungere da segretario per la stesura della relazione del dibattito.

LA VALLE DEL WEB

Nel magnifico paesaggio trentino alcuni dei migliori studenti italiani, insieme a colleghi americani, lavorano sul serio per tre settimane a un progetto di ricerca avanzato sulla gestione dei dati. Con risultati eccellenti.

TIZIANA MORICONI

CORTESIA FONDAZIONE BRUNO KESSLER



G In questa pagina e nelle seguenti, alcuni momenti dell'Internet camp dell'estate 2011.

A ttraversando Trento e proseguendo verso nord est, dopo circa un'ora e mezza di strada si arriva a Transacqua, paese di poco più di 2000 anime ai piedi delle Pale di San Martino, nella valle del Primiero. Un luogo bellissimo quanto isolato dal mondo. Di certo un posto insolito in cui stabilire una scuola, chiamando a partecipare una ventina di ragazzi tra i 17 e i 18 anni che hanno appena svuotato gli zaini, dopo l'ultima campanella dell'anno. E che pure sono pronti a ricominciare a lavorare, per tre settimane, con ritmi serratissimi e in lingua inglese. Senza discoteche il sabato sera, né relax la domenica pomeriggio. Da 11 anni a questa parte questa scuola estiva – niente a che vedere con una classica vacanza studio – riunisce docenti e studenti che hanno tutti una caratteristica in comune: il pallino per il Web e per il mondo dei computer. Benvenuti allora a WebValley (<http://webvalley.fbk.eu>).

In mezzo scorre il Web

In effetti, definire Transacqua "isolato dal mondo" non è corretto, dato che la connessione è il fulcro attorno al quale si muove WebValley, come suggerito dal nome che gli scienziati della Fondazione Bruno Kessler (Fbk) di Trento hanno dato al progetto, nato nel 2000. Anche i termini "docenti" e "studenti" non sono del tutto appropriati: il ruolo di insegnanti, infatti, è affidato ai ricercatori della fondazione stessa, che all'inizio di ogni estate si trasferiscono in blocco per lavorare insieme ai ragazzi, considerati più alla stregua di giovani colleghi che di alunni. Ma veniamo al dunque: che cosa fanno, esattamente, tutte queste persone per tre settimane, davanti a una schiera di monitor e lavagne interattive, in una scuola in legno e con i fiori alle finestre? Partecipano a un progetto di ricerca vero e proprio e realizzano – su commissione – sistemi informatici per la gestione, l'interpretazione e la visualizzazione di dati, di qualsiasi tipo. La missione di quest'anno

consisteva nel realizzare parte di un exhibit scientifico: un'installazione dedicata alle problematiche del cambiamento climatico per il Muse (www.muse2012.eu), il futuro Museo delle scienze di Trento, progettato dall'architetto Renzo Piano (l'inaugurazione è prevista entro il 2012). Ogni anno, il tempo concesso per realizzare il progetto è sempre lo stesso: i 21 giorni di durata dell'Internet camp estivo. Ecco perché non ci sarà mai tempo né per le discoteche, né (quasi mai) per il relax.

Una dura selezione

Circa 11 anni fa alcuni ricercatori dell'Fbk si sono ritrovati davanti a una macchinetta del caffè a pensare a come utilizzare al meglio un fondo di ricerca. Ed ecco l'idea: creare una copia del loro laboratorio in un posto che fosse il più isolato possibile e poi favorire l'istituzione di alcune borse di studio per i migliori studenti del penultimo anno delle superiori, perché potessero sperimentare sulla loro pelle ritmi, significato e anche "folclore" della ricerca. Il luogo sperduto tra le montagne serviva per provare una cosa: che se hai a

disposizione un buon collegamento Internet, ovvero una banda larga, puoi andare a lavorare anche in capo al mondo, coniugando qualità della vita e professione preferita.

Inizialmente il corso era riservato solo agli studenti del Trentino Alto Adige, mentre oggi è aperto anche agli studenti statunitensi finalisti dell'Intel® International Science and Engineering Fair® (Intel Isef), la più grande competizione scientifica internazionale "pre-college" (WebValley era tra gli *special awards* che i vincitori potevano scegliere).

«Le selezioni sono sempre più dure e il livello delle competenze degli studenti sempre più elevato», racconta Claudia Dolci, direttrice dell'edizione 2011. «I ragazzi italiani vengono candidati da un loro insegnante con una lettera di presentazione; in molti hanno già partecipato ad altri concorsi, come le olimpiadi della matematica o di robotica. La selezione avviene in base al curriculum scolastico e personale e all'esito di un colloquio motivazionale. Per i ragazzi statunitensi, abbiamo richiesto la

QUELLO CHE LA SCUOLA NON COGLIE

Sono tra i migliori delle rispettive scuole, hanno curiosità e motivazione a investire sul proprio futuro. Ecco un identikit degli studenti tipo che arrivano a WebValley. Ma che cosa trovano i ragazzi di speciale in questo Internet camp dalle caratteristiche uniche? Lo chiediamo a Cesare Furlanello, responsabile dell'Unità di ricerca MPBA della Fbk e tra i fondatori di WebValley.

Dottor Furlanello, c'è qualcosa a Transacqua che la scuola non offre?

Purtroppo, spesso la scuola non aiuta gli studenti a tirare fuori tutte le potenzialità e a chiarirsi le idee su ciò che possono davvero realizzare. Qui ci accorgiamo che più cose chiediamo, più loro ne realizzano. Non c'è quasi limite a ciò che possono apprendere e comprendere, se c'è motivazione. Credo che non sempre la scuola riesca a cogliere questo aspetto e che molte energie vadano di conseguenza sprecate.

C'è un modo, secondo lei, per riuscire a incanalarle?

Nel nostro caso, credo dipenda dal fatto di creare un progetto comune e coinvolgente. All'inizio vogliamo che facciano team tra di loro e che sfruttino bene i minicorsi intensivi. Ovviamente non si può evitare che vadano su Facebook senza passare per oppressori. Però si può creare una chat interna alla classe: di solito finisce che, durante le ore di lezione, la preferiscano a Facebook e così aumenta il livello di attenzione. Ogni volta bisogna trovare il modo di sfruttare la loro naturale propensione al collegamento e a stare su più fronti contemporaneamente. Due attitudini che nella ricerca scientifica sono senza dubbio grandi qualità.

Che cos'altro è importante per gli studenti?

La possibilità di lavorare in gruppo e di saper comunicare in inglese. Chi va a studiare un anno all'estero si fa un gran regalo.

Perché investite così tanto in questo progetto?

Perché abbiamo un grande ritorno. Le ragazze e i ragazzi che formiamo diventano una risorsa per tutti, a volte per la fondazione stessa negli anni seguenti. Ci dicono che ripropongono e diffondono in classe ciò che hanno imparato. La nostra esperienza conferma che la soluzione al problema dell'innovazione in Italia è nel capitale umano. È qui che bisogna investire.



presentazione di un progetto e abbiamo condotto i colloqui durante la premiazione a Los Angeles». I posti riservati agli statunitensi erano tre, ma altri quattro ragazzi erano troppo bravi per essere esclusi. A tutti i 22 studenti è stato fornito vitto, alloggio e un portatile. E, neanche a dirlo, il collegamento alla rete.

Via al progetto!

Una sfera speciale, acquistata dal Muse, su cui proiettare la superficie terrestre e il Kinect di Microsoft, il dispositivo per la consolle Xbox 360, sensibile ai movimenti dei giocatori: erano questi gli oggetti da cui partire e attorno ai quali sviluppare l'exhibit. Obiettivo dell'installazione: mostrare al pubblico del museo, in modo chiaro e coinvolgente, gli effetti su scala mondiale e locale del cambiamento climatico. La *mission* è stata affidata al team di ricerca (ragazzi compresi) dal direttore del museo, Michele Lanzinger, all'apertura del campus, lo scorso 19 giugno. Il timer era partito. «La prima settimana è sempre la più scolastica», racconta Cesare Furlanello, responsabile dell'Unità di ricerca MPBA (Modelli predittivi per la biomedicina e l'ambiente) della Fbk e tra i fondatori di WebValley. «Solo che qui le lezioni spaziano da linguaggi di programmazione

alla cartografia, alle scienze ambientali, al Webgis (i sistemi di georeferenziazione), al machine learning (apprendimento automatico), alla finanza». A volte in collegamento web con ospiti illustri. Le uniche gite previste sono servite a verificare gli effetti del riscaldamento globale nella valle, come i danni da parassiti alle piante.

Cervelli in gruppo

Tra una lezione e l'altra, serate comprese, i ragazzi si riuniscono per le sessioni di *brainstorming*, in cui cominciano a tirare fuori le idee per quello che dovranno realizzare. Viene eletto un moderatore e si affronta un problema alla volta: quali dati sono a disposizione? Come possono essere organizzati? Come possono essere estrapolati, correlati e mostrati? Come si può passare dalle informazioni globali a quelle locali? L'informatica e l'uso del Web come strumento per l'accesso alle informazioni e per la loro correlazione permeano ogni singola attività. Alcuni compiti richiedono che gli studenti si dividano in gruppi, ciascuno dei quali deve risolvere un problema (o semplicemente farsi venire una buona idea) e poi presentare il frutto del proprio lavoro agli altri, proprio come in un laboratorio di ricerca interdisciplinare.



PAROLE CHIAVE

Banda larga Connessione caratterizzata da una velocità elevata di trasmissione e ricezione dei dati.

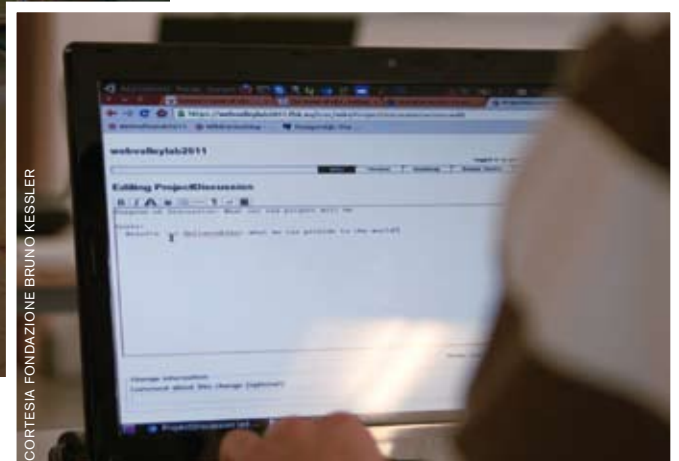
Open source Termine coniato nel 1998 per indicare un'iniziativa che promuove il libero studio e la libera modifica dei programmi, che devono essere rilasciati con un codice sorgente aperto.

Wiki Sito che viene aggiornato e modificato dai suoi utilizzatori e i cui contenuti sono sviluppati in collaborazione da tutti coloro che vi hanno accesso (vedi Wikipedia).

Per prendere appunti insieme usano un *wiki*, mentre per comunicare usano una chat interna.

Work in progress

L'ultima settimana bisogna portare a casa il risultato, ovvero le applicazioni per l'exhibit. Quest'anno i ragazzi sono stati divisi in quattro *équipe* per altrettante aree di lavoro: dati, modelli, interfacce e Kinect, mentre altri due studenti hanno sviluppato alcuni comandi per palmari, in modo da offrire al visitatore un sistema di interazione con l'exhibit alternativo alla Kinect. Tre i casi di studio considerati: la variazione della distribuzione della vite, l'impatto del clima sull'ecologia di una specie di farfalla endemica delle Alpi e le conseguenze sugli organismi di due eventi estremi per il territorio, le ondate di caldo e di gelo. Tutti i progetti che si realizzano qui sono



CORTESIA FONDAZIONE BRUNO KESSLER



A LEZIONE DI CLOUD COMPUTING

Il progetto dell'estate 2011 si è avvalso di uno degli strumenti informatici più popolari degli ultimi tempi: il *cloud computing*, altrimenti detto "la nuvola". Di che cosa si tratta? Di un'astrazione della struttura fisica, ovvero del computer, che può essere messa su una rete pubblica come Internet, o su una rete privata. Memoria, capacità di calcolo, unità di elaborazione: tutto può essere ricreato su una macchina virtuale e messo a disposizione dell'utente, che quindi può conservare i propri file direttamente sul Web. È l'ultima proposta di Apple: non è più necessario portarsi dietro la musica, ma vi si potrà accedere in qualsiasi momento dal proprio Mac o iPhone o iPad. «Il cloud di Apple è l'ultimo di una serie di servizi per l'archiviazione dei dati in rete», ha commentato Roberto Flor, responsabile dell'IT Infrastructure Design all'Fbk. «Un altro servizio del cloud computing di cui si sentirà parlare sempre più permette di ampliare la capacità di calcolo di un computer. Ho bisogno di molta capacità di elaborazione e il mio pc non ce l'ha? Non devo comprare un hardware nuovo: mi basta il servizio offerto da un qualche sito». Con gli studenti di WebValley, Flor ha realizzato una macchina virtuale e una nuvola privata per l'archiviazione e l'elaborazione dei dati climatici. «Nel mondo della ricerca», spiega Flor, «il cloud computing è importantissimo. L'immensa quantità di dati di cui disponiamo, infatti, richiede una crescente potenza, perché i calcoli sono sempre più difficili. Ma i computer che compriamo oggi tra un anno saranno vecchi e gli aggiornamenti costano. La nuvola, invece, permette di essere sempre all'avanguardia».



TIZIANA MORICONI

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

work in progress. Non ci si aspetta che si finisca il lavoro, ma che si lavori sul serio. «Quelli a cui collaboriamo sono progetti reali, che proseguono, e per i quali, negli anni a venire, si può avere bisogno delle competenze dei ragazzi. È stato così per più di uno studente», racconta Furlanello. Anche la presentazione finale, quest'anno alla presenza, tra gli altri, del rettore della Luiss di Roma, del sindaco di Transacqua, e dell'assessore all'Istruzione della Provincia autonoma di Trento, non è una recita scolastica.

Software per la società

Che non sia un gioco appare chiaro non appena si guarda ai frutti raccolti nella

valle del Web in tutti gli anni di attività. «Un punto chiave della scuola», spiega ancora Furlanello «è che siamo una specie di *software house* chiamata a creare una soluzione per un problema». Finora, in seno a questa "casa" sono partiti progetti europei e di area industriale che hanno portato anche alla nascita di aziende *spin off*. Per esempio, è stato realizzato un sistema per *smartphone* che mappa le caratteristiche di accessibilità dei luoghi pubblici di Trento (il progetto pilota realizzato per la cooperativa Handicrea in collaborazione con l'azienda Almaviva dovrebbe essere esteso alla Provincia a breve). Sono stati anche messi a punto una mappatura

della disponibilità della radiazione solare per pannelli fotovoltaici e un censimento degli spostamenti durante le emergenze umanitarie per i rifugiati del Darfur, del Ciad e dello Yemen, portato avanti con l'organizzazione non governativa InterSos. «Un aspetto interessante di WebValley», chiude Furlanello, «è che lavora su temi etici, importanti per la società. In questi problemi c'è un mondo di dati che deve essere organizzato e messo a disposizione dei cittadini e dei decisori politici con un'interfaccia adeguata». ➔

 **MULTIMEDIA**
<http://linxedizioni.it>



CORTESIA FONDAZIONE BRUNO KESSLER

Imparare per vivere.
Imparare per crescere.
Imparare sempre.



Chi siamo?

PEARSON E LA SCUOLA



Pearson è la casa editrice per l'apprendimento, nel mondo. Con i nostri libri scolastici, con le nostre pubblicazioni digitali, ma anche con i libri Penguin Books o con gli articoli del Financial Times.

Pearson è la casa editrice per l'apprendimento anche in Italia, con la tradizione e l'affidabilità dei libri Paravia e delle edizioni scolastiche Bruno Mondadori. Ma anche con gli altri nostri marchi, Archimede Edizioni, Lang e Longman nelle lingue moderne, Linx nelle scienze, Paramond e Thecna! per la formazione professionale.

Le nostre proposte, basate su un lungo rapporto con gli insegnanti italiani e la scuola, si arricchiscono grazie al confronto con molteplici esperienze di uso didattico delle nuove tecnologie nel mondo.

È una parte importante del nostro patrimonio, che integra oggi le nostre edizioni con utili strumentazioni digitali a supporto dell'insegnamento e dell'apprendimento.





🔍 Immagine al microscopio (ingrandimento di 350 volte) di muffe *Aspergillus niger*.

Scoprire se l'aula "soffre"

È ormai noto il ruolo che inquinanti aerodispersi negli ambienti confinati (per esempio formaldeide, benzene, diossido di carbonio, diossido di azoto, ma anche batteri e muffe), rivestono nello sviluppo di sindromi aspecifiche oppure tossinfettive e cancerogene denominate nel complesso "malattie da edificio malato" o SBS (Sick Building Syndrome) [1].

È quindi di grande interesse osservare la rilevanza di un eventuale inquinamento dell'aria nelle aule scolastiche, ambienti in cui i ragazzi trascorrono buona parte del tempo. Il nostro studio si è concentrato sull'analisi microbiologica, che ha permesso di sviluppare in maniera più approfondita, con una "indagine sul campo", gli aspetti teorici della microbiologia trattati nelle ore di scienze.

L'indagine

La ricerca è stata condotta tra aprile e maggio 2011 e ha interessato i quattro edifici del nostro istituto: scuola materna, primaria, secondaria di primo grado e secondaria di secondo grado. In ognuna di queste strutture sono state prese a campione due aule; inoltre sono stati analizzati alcuni locali a uso particolare come palestra, mensa, segreteria, aula magna.

Tutti i siti monitorati sono ad aerazione naturale e provvisti di impianto di riscaldamento centralizzato mediante pannelli radianti; la palestra è dotata di ventilazione forzata con bocchettoni. Al momento delle rilevazioni tutti gli impianti erano spenti. I campioni d'aria sono stati prelevati sia in presenza sia in assenza di persone, per un totale di 18 punti di prelievo e 90 rilevamenti complessivi. Per ogni edificio si è prelevato anche un campione d'aria esterna.

Prelevi standard

Per ottenere risultati comparabili abbiamo standardizzato le condizioni di raccolta dei campioni: tutti i rilievi con la presenza di alunni e personale sono stati effettuati in orario scolastico; gli altri in orario pomeridiano. Le misurazioni sono state eseguite a centro ambiente con un campionatore automatico, il SAS (Surface

Check up dell'aula

Microbiologia sul campo: resoconto di un'indagine scientifica sull'inquinamento microbico indoor in una scuola.



MARCO CRISPIATICO

Da alcuni anni, il liceo della comunicazione con opzione ambientale dell'istituto M. Immacolata di Gorgonzola conduce studi sul campo per rilevare la qualità dell'aria esterna nel territorio in cui è ubicato. Durante lo scorso anno scolastico è stato avviato un modulo facoltativo pomeridiano con un gruppo di studenti del triennio per monitorare

anche aspetti della qualità dell'aria in ambienti indoor. Ambiziosi gli obiettivi del progetto: sviluppare negli studenti comportamenti utili a ridurre l'inquinamento in ambienti confinati, far acquisire tecniche di prelievo e analisi di campioni con strumentazione specifica e abituarli a una metodologia di indagine fondata sull'uso delle conoscenze acquisite a lezione.



QUANDO L'EDIFICIO È "MALATO"

La pessima qualità dell'aria degli ambienti interni sta diventando un problema sempre più importante nei paesi economicamente sviluppati, accentuato dalla tendenza a trascorrere gran parte della giornata in ambienti confinati quali uffici, abitazioni, scuole, edifici pubblici o mezzi di trasporto. Nel 1991 il Ministero dell'ambiente ha definito l'inquinamento indoor come «presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità». I possibili inquinanti interni di abitazioni, locali ricreativi ed edifici industriali dipendono da vari fattori: l'ubicazione degli edifici, i materiali usati per la costruzione e l'arredamento, l'attività svolta all'interno, la presenza di impianti di condizionamento. Da tenere presente, per esempio, che per ottimizzare il risparmio energetico sono stati introdotti sistemi di riscaldamento e di condizionamento che riciclano l'aria e che, se non sono adeguatamente progettati, installati e revisionati, possono rappresentare una significativa fonte d'inquinamento. La cosiddetta "sindrome dell'edificio malato" è stata descritta negli anni settanta del secolo scorso, come una serie di sintomi riportati dagli occupanti di un edificio che presenta condizioni di cattiva qualità dell'aria indoor. I sintomi, aspecifici ma ripetitivi, comprendono irritazione degli occhi, delle vie aeree e della cute, tosse, senso di costrizione toracica, sensazioni olfattive sgradevoli, nausea, torpore, sonnolenza, cefalea, astenia. Si possono anche sviluppare patologie di maggiore gravità, fino ad arrivare alla polmonite acuta e a malattie tumorali.

Air System) dell'azienda PBI. È stata prelevata sempre la medesima quantità di aria (150 l), con la sola eccezione della scuola materna (100 l), annotando la temperatura del locale. Il campionatore automatico è indispensabile per ottenere valori confrontabili con i limiti di riferimento, ma si può effettuare anche un campionamento passivo, lasciando capsule Petri aperte a centro locale per un'ora. Questo rilevamento non permette un'analisi quantitativa e ha una sensibilità molto bassa, ma dal punto di vista didattico può fornire interessanti risultati e una metodologia di base per le indagini microbiologiche dell'aria.

Il protocollo di lavoro

Dopo il prelievo, i campioni devono essere incubati a 37 °C per 24-48 ore e analizzati con i test microbiologici per l'identificazione di batteri e funghi. Queste attività sono state svolte nel laboratorio di chimica e biologia della scuola, dove è presente l'attrezzatura necessaria (termostato, cappa aspirante, microscopi). In primo luogo abbiamo effettuato la conta delle unità formanti colonia (UFC) o tallo (UFT) su terreni di coltura di tipo rispettivamente PCA e Sabouraud, per poi passare all'analisi qualitativa tramite osservazione di crescita delle colonie su vari terreni (in particolare quelli selettivi come MSA), colorazione di Gram con osservazione microscopica e prove biochimiche (prova di catalasi per

differenziare eventuali stafilococchi da streptococchi). Il lavoro si è concluso con la tabulazione e rielaborazione statistica dei dati e stesura di una relazione finale, utilizzando come indicazioni le linee guida fornite dall'Inail [2] per questo tipo di campionamento, adattate alle esigenze della nostra ricerca.

I risultati

I risultati ottenuti sono presentati nella Tabella 1, mentre la Tabella 2 illustra le classi di qualità per i livelli di inquinamento microbiologico indoor in ambienti non industriali secondo l'European Collaborative Action [3], utilizzate anche dall'Inail per analisi simili. L'indagine ha rivelato la presenza di una

carica batterica totale su PCA pari a un livello di inquinamento tra "intermedio" e "molto alto" nei luoghi frequentati da persone: tra 133 e 3533 UFC per m³. Il primato assoluto spetta alla palestra, dove l'attività sportiva favorisce il rilascio dei contaminanti microbiologici presenti normalmente sull'epidermide, nonostante le maggiori dimensioni dall'ambiente. Tra le aule, caratterizzate da lunga permanenza di studenti in un luogo ristretto, due hanno mostrato valori di carica batterica estremamente elevati: una delle superiori e una della materna. Nei locali in cui la presenza di persone è esigua o limitata nel tempo (segreteria, sala professori e aula magna), il livello di UFC è apparso nettamente inferiore (133-540 UFC per m³). Nel caso di ambienti senza persone, abbiamo rilevato una carica batterica variabile tra 20 e 1520 UFC per m³, corrispondente a un livello di inquinamento tra "molto basso" e "alto". Infine l'esterno, con valori di carica batterica compresi tra 86 e 240 UFC per m³: come atteso, nettamente inferiori alle concentrazioni indoor.

Il conteggio di unità formanti tallo (UFT) ha mostrato un livello di inquinamento per carica micetica da "molto basso" ad "alto" per gli ambienti con persone e da "molto basso" a "intermedio" per quelli senza. I valori esterni di UTF sono risultati compresi tra 13 e 26 per m³ e quindi molto inferiori sia a quelli indoor, sia a quelli outdoor dei batteri.

Negli ambienti interni, dunque, sia la

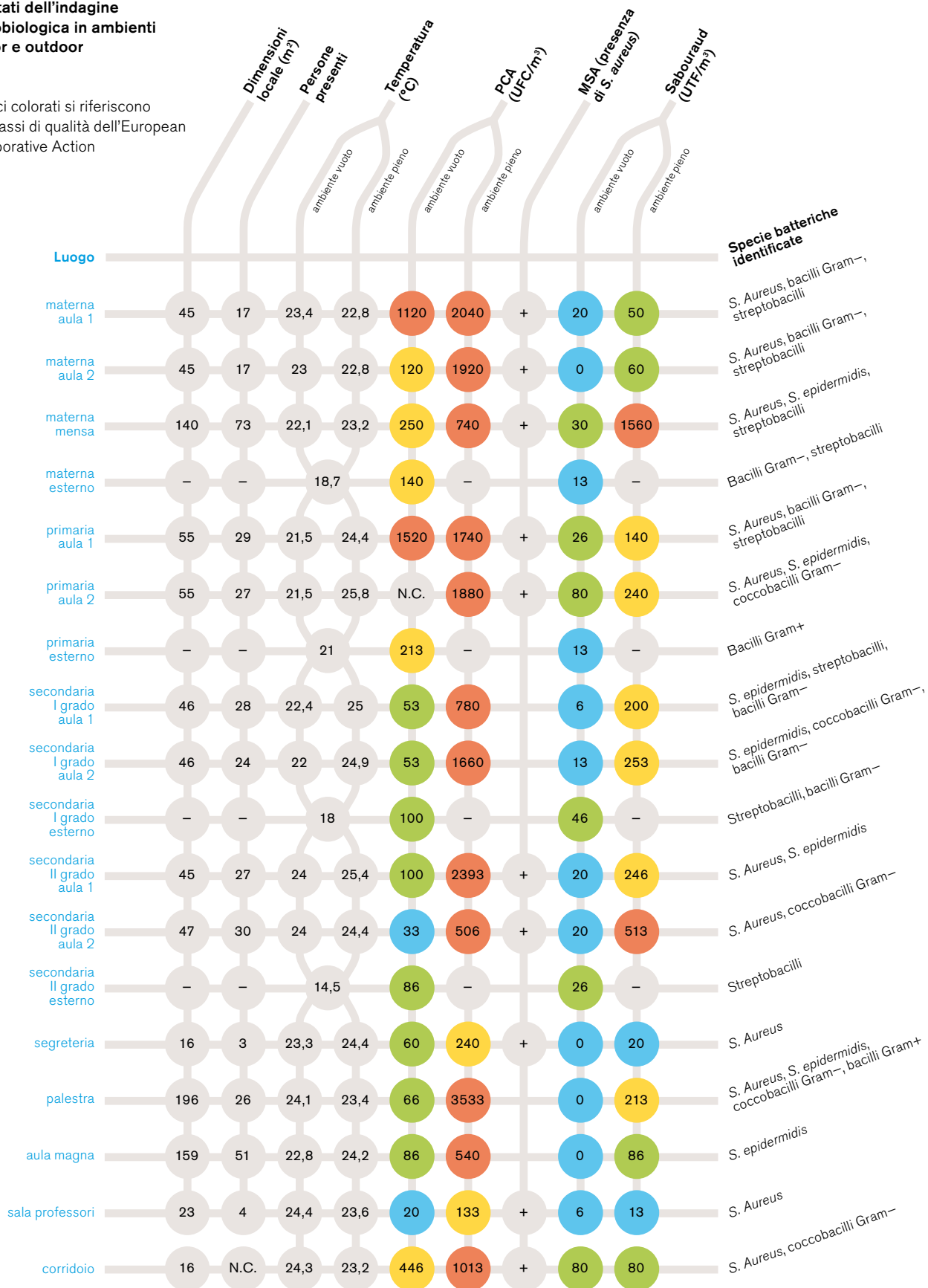


CORTESIA MARCO CRIVELLATO



TABELLA 1
Risultati dell'indagine
microbiologica in ambienti
indoor e outdoor

I codici colorati si riferiscono alle classi di qualità dell'European Collaborative Action





MARCO CRISPIATICO

dopo aver lavorato per alcuni anni nei laboratori di analisi microbiologiche di vari enti ospedalieri, dal 1996 è insegnante tecnico pratico presso l'istituto M. Immacolata di Gorgonzola, dove collabora al progetto Iqa (Imi Qualità Ambiente), promosso in collaborazione con il Comune allo scopo di approfondire temi di educazione ambientale. Dal 2005 insegna anche in un istituto professionale con indirizzo chimico-biologico di Milano.

TABELLA 2

Classi di qualità per valori di carica batterica (UFC/m³) e di carica micetica (UFT/m³) in ambienti non industriali

Livello di inquinamento	UFC/m ³	UFT/m ³
molto basso	< 50	< 25
basso	51 – 100	26 – 100
intermedio	101 – 500	101 – 500
alto	501 – 2000	501 – 2000
molto alto	> 2000	> 2000

Fonte European Collaborative Action, 1993.

carica batterica sia quella micetica sono apparse più elevate nei luoghi frequentati che in quelli vuoti, con differenze tra il 23% (per i batteri) e il 10,8% (per i funghi) nelle aule e tra il 15% (batteri) e il 5,8% (funghi) nei locali di servizio.

Identikit microbiologico

Nell'identificazione delle specie microbiche una particolare attenzione è stata dedicata alla ricerca di stafilococchi, quali possibili patogeni aerodispersi: i rilevamenti effettuati con terreno selettivo MSA, colorazione di Gram e catalasi hanno evidenziato nella grande maggioranza dei campioni la presenza di *Staphylococcus aureus* (specie patogena presente in particolare nelle vie aeree) e *Staphylococcus epidermidis*. Inoltre sono stati individuati coccobacilli Gram negativi (presumibilmente *Acinetobacter*), bacilli Gram positivi (*Bacillus*) e bacilli Gram negativi (coliformi).

Per quanto riguarda la classificazione delle specie micetiche, cresciute su Sabouraud, l'osservazione morfologica ha indicato la presenza di colonie di lieviti e muffe (*Penicillium* e *Aspergillus*).

Più gente, più microrganismi

I dati mostrano una notevole differenza di concentrazione batterica e micotica in ambienti indoor con presenza e assenza di persone: questo presuppone che il numero di studenti nell'ambiente confinato influisca in maniera determinante sulla presenza microbica, in quanto un maggior numero di persone

aumenta il rilascio di microrganismi, per esempio attraverso la desquamazione della cute, la fonazione, colpi di tosse ecc. Un'altra considerazione riguarda la differenza tra interno ed esterno della carica micetica, superiore nel primo caso. Le direttive ufficiali di rilevamento Inail prevedono infatti che i valori interni dei miceti debbano essere inferiori o uguali a quelli esterni: un più alto valore indoor è indice di "amplificazione fungina" e richiede una più accurata analisi per risalire alla causa. Al momento non è possibile trarre conclusioni su un'eventuale influenza delle temperature, omogenee in tutti gli ambienti campionati: sarebbe interessante eseguire rilevamenti anche con il riscaldamento acceso e in diverse stagioni.

Sviluppi e prospettive

I campionamenti effettuati in presenza di studenti hanno evidenziato una concentrazione di inquinanti elevata o molto elevata: è evidente che tale situazione non rappresenta l'ideale in quanto a salubrità. Anche se le normative vigenti non forniscono indicazioni precise, si potrebbe avviare a questa condizione con alcune semplici misure: un maggior ricambio d'aria tra una lezione e l'altra e una verifica delle modalità di pulizia degli ambienti, soprattutto rispetto agli elementi che veicolano più inquinanti, come i termosifoni.

Seppur con le limitazioni dovute a un primo accostamento a questa tematica, il lavoro ha offerto interessanti indicazioni



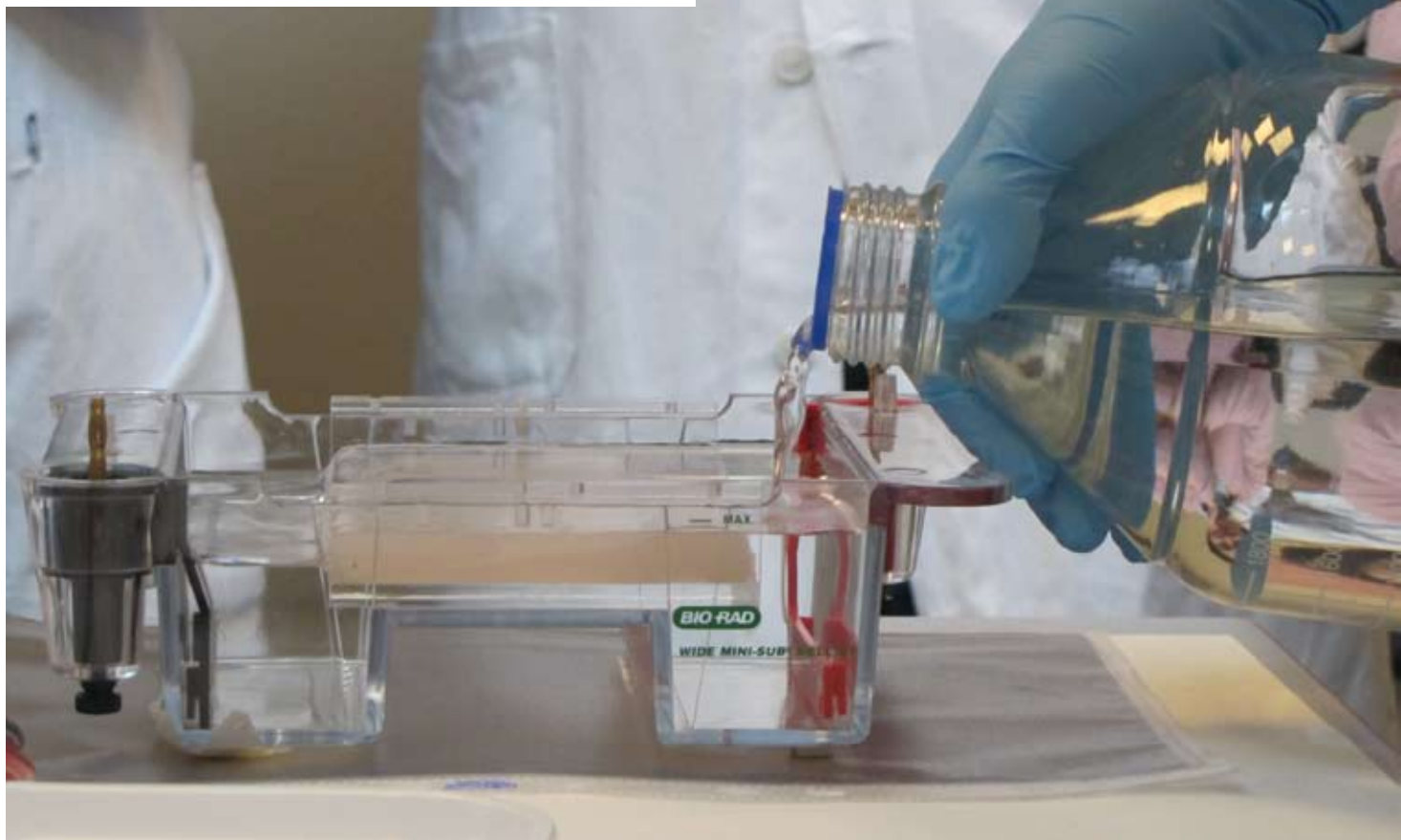
RISORSE

1. www.indoor.apat.it/site/it-IT/AMBIENTI_CONFINATI_E_SALUTE/Effetti_cancerogeni
2. *Il monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro. Campionamento e analisi*, Inail 2010. Scaricabile online dal sito www.inail.it.
3. *Biological particles in indoor environments*, European Collaborative Action, Report n. 12, 1993. Scaricabile online dal sito www.aivc.org.

sulla qualità dell'aria negli ambienti scolastici, oltre alla possibilità di sviluppare un metodo di analisi che si presta anche ad approfondimenti interdisciplinari con le materie di diritto (per le normative) e di informatica, per la rielaborazione dei dati. Sul fronte scientifico, per il futuro sarebbe opportuno prevedere ulteriori indagini di identificazione microbiologica, come la crescita su un terreno selettivo per *Pseudomonas*. Certo sarebbe interessante procedere anche con un'analisi dei principali contaminanti chimici indoor, come benzene, formaldeide, polveri sottili: va detto però che questa richiede una strumentazione sofisticata e costosa, difficile da adottare a scuola. ➔

Per proporre attività, progetti, riflessioni: linxedizioni.it/contatti

Seminare esperienza



COPYRIGHT © 2011 IFOM

È partito in Sicilia il primo polo didattico-scientifico di IFOM per la scuola, che così esporta sul territorio la sua competenza nell'attività didattica laboratoriale. Con l'obiettivo preciso di catalizzare l'innescò di esperienze analoghe.

■ ■ ■ ■ ■
VALENTINA MURELLI

Mettiamo un centro di ricerca in oncologia molecolare che, tra le sue eccellenze, ha anche un programma didattico sviluppato apposta con e per gli insegnanti, gli studenti, le scuole. Mettiamo docenti geograficamente lontani da questa eccellenza, ma pieni di voglia di fare e decisi a portare i loro ragazzi in laboratorio, perché capiscano sul campo che cosa significa "fare scienza". Mettiamo una scuola virtuosa, che grazie a un finanziamento della Comunità europea dispone di un laboratorio di biologia ampio, ben ristrutturato, già parzialmente attrezzato. Se tutto questo



Il laboratorio non è solo un luogo fisico per sperimentare metodi e principi della ricerca scientifica, ma anche un approccio didattico particolare, in cui si insegna a ragionare, a farsi domande, ad appassionarsi all'approfondimento

si incontra, interagisce, discute, progetta e sviluppa, quello che si è ottenuto è l'esperienza pilota del primo polo didattico-scientifico sul territorio, avviato nel 2009 da IFOM, Istituto Firc di oncologia molecolare di Milano, presso i licei Vittorio Emanuele II (classico) e Cannizzaro (scientifico) di Palermo. L'idea è semplice: per IFOM si tratta di "seminare" sul territorio le proprie competenze relative alla conduzione di laboratori di scienze per le scuole, in modo che possano diffondersi in autonomia, in un'ottica di condivisione di pratiche e saperi.

Un programma da esportare

Scintilla di questo bell'esempio di scuola che funziona è dunque il Programma per la scuola di IFOM: ne avevamo già parlato, nel secondo numero di "Linx Magazine" [1]. All'IFOM si fa ricerca, tanta e importante: non per nulla, insieme all'Istituto europeo di oncologia costituisce il più grande campus di ricerca in oncologia molecolare in Europa. Però si fa anche altro: si cerca di trasferire conoscenze e passione per la scienza ai più giovani, attraverso la scuola. Allo scopo servono una vasta serie di attività: corsi teorico-pratici di genetica, biologia molecolare, citologia, bioetica e così via, seminari, scuole estive per docenti o studenti. La maggior parte di queste attività ruota attorno a un laboratorio didattico: una struttura analoga a un laboratorio di ricerca, ma nella quale diventano protagonisti insegnanti e studenti. «Il laboratorio ha avuto nel tempo uno straordinario successo, soprattutto tra le scuole della Lombardia e delle regioni limitrofe», afferma Assunta Croce, responsabile del programma. «Negli ultimi anni sono arrivate anche richieste di docenti di altre regioni, che magari hanno frequentato da noi qualche corso intensivo, lamentando il fatto di non

poter portare i loro studenti, per ovvie ragioni logistiche». Da qui l'idea: se non tutti possono andare a Milano all'IFOM, perché non è l'IFOM a spostarsi per raggiungere scuole lontane?

Progetti per il territorio

«Abbiamo subito pensato al Sud come primo destinatario di un eventuale progetto di esportazione del nostro modello di laboratorio didattico», racconta Croce. «Da un lato, infatti, è noto che le regioni meridionali sono quelle con livello di scolarizzazione inferiore. Dall'altro, però, sapevamo dell'esistenza di un gran numero di docenti molto dedicati al loro lavoro e interessati a esperienze di approfondimento». Dopo un confronto con il Ministero dell'istruzione è arrivata l'indicazione di due scuole da contattare: il liceo classico Vittorio Emanuele II di Palermo, che aveva a disposizione un buon laboratorio, e lo scientifico Cannizzaro. In realtà, l'attività è partita in modo ancora più articolato, visto che sono stati coinvolti anche i docenti di altre due scuole del capoluogo siciliano: l'istituto Regina Margherita (liceo delle scienze sociali) e l'Istituto Vittorio Emanuele III, «con l'obiettivo di mettere a punto esperienze utili e spendibili non solo nei licei, ma anche in altre scuole e dunque sul territorio», precisa Croce.

Come nella ricerca vera

In tutto, il progetto ha coinvolto 18 docenti di scienze, che come primo passo hanno partecipato a una scuola estiva presso il laboratorio didattico di IFOM a Milano nel 2010. Intanto nell'autunno del 2009 avevano preso il via le attività presso il liceo classico palermitano, a partire dall'allestimento del laboratorio. IFOM ha donato la banconatura, «infatti sembra di stare in uno dei laboratori di ricerca della sede milanese», commenta Croce, e una macchina per la PCR.

In virtù del finanziamento europeo, la dotazione inoltre comprende microscopi, pipette, bilance di precisione, un pHmetro, alcune celle elettroforetiche, una centrifuga, un vortex. E nei prossimi anni arriveranno uno spettrofotometro, oltre a una cappa sterile e un'autoclave per le indagini microbiologiche. Docenti ed esperti IFOM, infine, hanno messo a punto i protocolli sperimentali per lavorare con i ragazzi: una decina, a partire da un modulo su come funziona un laboratorio di biologia, quali sono le procedure di sicurezza da seguire e quali le attività chimiche di base. La parte del leone nei protocolli la fa la biologia molecolare, la più amata dai ragazzi che, con attività quali estrazione di DNA dalla mucosa buccale, PCR, corse elettroforetiche su gel di agarosio, si sentono catapultati sul set di CSI. Non mancano comunque esperienze di biologia cellulare (attività su mitosi e meiosi), di istologia (colorazione di vetrini e osservazione al microscopio delle cellule del sangue), di scienza dell'alimentazione (individuazione dei principi nutrizionali degli alimenti e misurazione della capacità antiossidante della vitamina C).

I pilastri del laboratorio

«Il progetto sviluppato per il liceo palermitano ruota attorno ai cardini fondamentali che reggono il Programma per la scuola di IFOM», precisa la responsabile. «Anzitutto, l'importanza del laboratorio come luogo fondamentale per sperimentare di persona metodi e principi della ricerca scientifica». E quando Croce parla di laboratorio non si riferisce soltanto a un luogo fisico, ma soprattutto a una *didattica laboratoriale*, in cui si insegna a ragionare, a farsi domande, ad appassionarsi all'approfondimento. Secondo cardine: il rapporto con i docenti. «Abbiamo sempre cercato di non lavorare dall'alto, ma di costruire le nostre



RISORSE

1. V. Murelli, M. Bottino, S. Cadirola, *Una giornata in camice...*, in "Linx Magazine" n. 2, 2009, p. 40.

COPYRIGHT © 2011 IFOM

attività fianco a fianco con gli insegnanti a partire dalle loro esigenze, per offrire un servizio che sia davvero utile». Una modalità di lavoro che sembra anche molto gratificante per gli insegnanti: chi ha partecipato alle attività di IFOM per la scuola dichiara di aver preso parte a uno scambio alla pari. E di essersi sentito di nuovo ai tempi della ricerca in università.

Un'impresa collettiva

Dopo mesi di intenso lavoro preparatorio, con l'anno scolastico 2010/2011 il laboratorio di scienze del liceo Vittorio Emanuele II apre finalmente le sue porte per una sperimentazione pilota: si decide che parteciperanno gli studenti delle classi III e IV del classico e dello scientifico: in tutto sono 38, quasi 800 ragazzi. Per tutto l'anno scolastico, ogni classe entrerà in laboratorio almeno una volta al mese, per svolgere diverse attività sperimentali. Lo sforzo organizzativo e logistico è stato immenso: il corpo docente dei due istituti ha dovuto trovare accordi per facilitare la partecipazione dei ragazzi e in alcuni casi è stato necessario rivedere la programmazione. «È chiaro che un progetto del genere funziona solo se c'è accordo e collaborazione tra colleghi, anche di diverse discipline», precisa Luciana Lopiano, docente di scienze del classico: «Così è stato

effettivamente nel nostro caso». Molte ore di laboratorio, specialmente per gli studenti dello scientifico, sono state fissate al pomeriggio: «Il lavoro extra, però, non è pesato», ricorda Lopiano. «Anzi, spesso erano gli studenti a incitarci a tornare al pomeriggio per finire un esperimento». In questo primo anno di attività, la presenza e la collaborazione degli esperti del Programma di IFOM per la scuola sono state costanti, ma nel prossimo futuro dovrebbero ridursi sempre più, in modo che la scuola diventi completamente autonoma.

Pipetta in mano e il voto migliora

L'impressione generale è che il laboratorio abbia fatto un gran bene ai ragazzi: «Li ha aiutati a sviluppare capacità di ragionamento e di approfondimento autonomo, li ha stimolati allo studio, li ha facilitati nella fase di consolidamento», racconta l'insegnante. Per molti ha svolto anche un ruolo di orientamento: c'è chi dopo questa esperienza ha deciso che intraprenderà studi universitari di tipo scientifico, e chi invece ha capito di preferire altro. Soprattutto, sembra migliorato il rendimento. Certo, per verificare che è davvero così serve qualche indagine strutturata e il gruppo di lavoro di Assunta

Croce ha pensato anche a questo: «Abbiamo costruito un test di monitoraggio analogo ai test Ocse-Pisa, dunque volto più a valutare competenze che nozioni, e l'abbiamo somministrato agli studenti prima dell'inizio del programma in laboratorio e al termine della scuola. Ora stiamo elaborando i risultati». In ogni caso, a trarre beneficio dell'esperienza non sono stati solo i ragazzi: «Nella mia carriera ho seguito diversi corsi di aggiornamento, ma questa è stata una delle poche volte in cui ho verificato con mano l'utilità di un progetto per la mia professione in classe», racconta Lopiano. «Attività di questo tipo ti costringono ad abbandonare la routine e a rimetterti in gioco e consentono di promuovere il senso di coesione e di collaborazione tra colleghi, anche di scuole diverse».

Le mete di domani

E per il futuro? Il programma è davvero denso: le attività al Vittorio Emanuele II continueranno, coinvolgendo anche il liceo delle scienze sociali e l'Itis e in un secondo momento tutte le scuole della regione che lo vorranno. Intanto, il gruppo di IFOM per la scuola sta già pensando di spostarsi altrove: molto probabilmente, la prossima tappa sarà in Puglia. L'obiettivo rimane lo stesso, e lo ricorda ancora una volta Assunta Croce: «Mostrare che esperienze di questo tipo possono funzionare ed essere un esempio per altre scuole e centri di ricerca sparsi sul territorio, perché cerchino di instaurare collaborazioni e sinergie». ➔

● Per proporre attività, progetti, riflessioni:
linxedizioni.it/contatti



VALENTINA MURELLI

è giornalista ed editor scientifica freelance. Collabora con varie case editrici e testate, tra cui "L'Espresso", "OggiScienza", "Le Scienze", "Mente & Cervello" e "Meridiani".

ALGEBRA PER CONFRONTO

Una ricerca americana mostra i benefici per l'apprendimento della matematica di un metodo didattico basato sul confronto di problemi e strategie risolutive.



LORETTA SALINO

Uno degli obiettivi dell'insegnamento della matematica è assicurare agli studenti alcune competenze chiave che permetteranno loro di effettuare scelte e prendere decisioni in modo consapevole, anche e soprattutto al di fuori del contesto scolastico. Spesso ci si trova a dover confrontare varie strategie risolutive di uno stesso problema e ad analizzarle per individuare la migliore. L'arte del confronto può risultare perciò molto utile, e di questo si accorge presto Jon R. Star durante la sua attività di insegnante di matematica in una *high school* americana, dove osserva che i suoi studenti comprendono meglio alcuni argomenti del programma di algebra se stimolati a confrontare problemi e strategie risolutive. L'osservazione diventa intuizione, l'intuizione approfondimento, ed è così che Star incontra Bethany Rittle-Johnson, ricercatrice impegnata nello studio degli aspetti psicologici della pratica del confrontare. Da questo incontro nasce l'idea che porta a un progetto di ricerca patrocinato dalle università di Harvard, Temple e Vanderbilt, finalizzato alla messa a punto e alla sperimentazione di un metodo di insegnamento dell'algebra basato sul confronto (<http://gseacademic.harvard.edu/contrastingcases/index.html>).

Un'equazione, tante strategie e modi per presentarle

Prendiamo un tipico problema di matematica: risolvere l'equazione di primo grado $5(y + 1) = 3(y + 1) + 8$. Supponiamo di sottoporre agli studenti materiale didattico che pone a confronto

Figura 1. Tipologie differenti di presentazione del materiale didattico.

A. CONFRONTO

1

Soluzione di Silvia

$5(y + 1) = 3(y + 1) + 8$	proprietà distributiva
$5y + 5 = 3y + 3 + 8$	somma
$5y + 5 = 3y + 11$	sottrazione
$2y + 5 = 11$	sottrazione
$2y = 6$	divisione
$y = 3$	

2

Soluzione di Erica

$5(y + 1) = 3(y + 1) + 8$	sottrazione
$2(y + 1) = 8$	divisione
$y + 1 = 4$	sottrazione
$y = 3$	

1. Silvia ed Erica hanno risolto il problema in modo diverso, ma hanno ottenuto lo stesso risultato. Perché?
2. Per quale motivo sceglieresti la strategia di Erica?

B. SEQUENZA

1

Soluzione di Silvia

$5(y + 1) = 3(y + 1) + 8$	proprietà distributiva
$5y + 5 = 3y + 3 + 8$	somma
$5y + 5 = 3y + 11$	sottrazione
$2y + 5 = 11$	sottrazione
$2y = 6$	divisione
$y = 3$	

1. Sceglieresti il metodo di Silvia per risolvere problemi di questo tipo? Motiva la tua risposta.

2

Soluzione di Erica

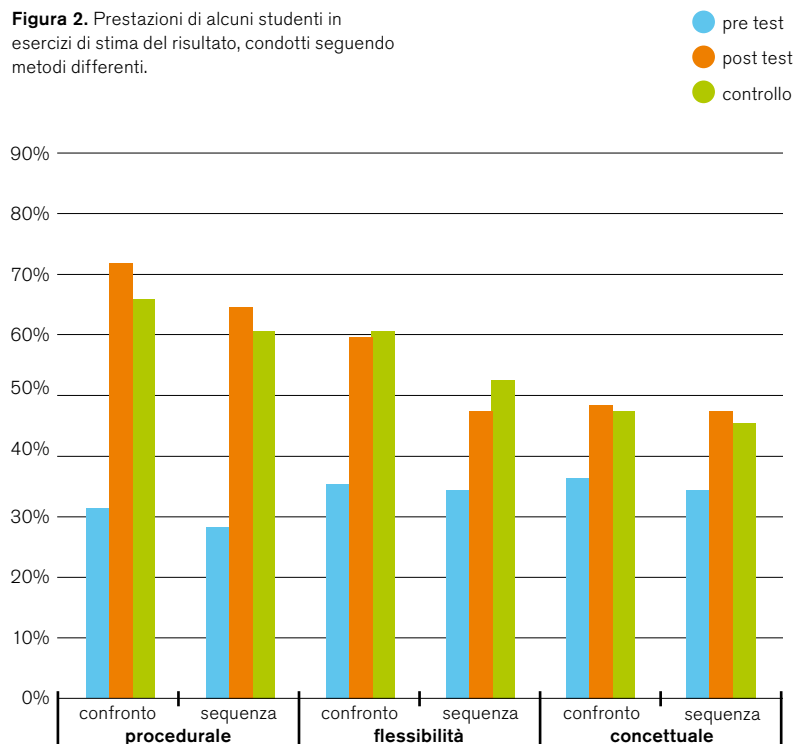
$10(x + 3) = 6(x + 3) + 16$	sottrazione
$4(x + 3) = 16$	divisione
$x + 3 = 4$	sottrazione
$x = 1$	

2. Esegui la verifica della soluzione di Erica sostituendo il risultato ottenuto nell'equazione. La soluzione trovata è corretta?

Fonte: Rittle-Johnson and Star (2007)



Figura 2. Prestazioni di alcuni studenti in esercizi di stima del risultato, condotti seguendo metodi differenti.



diversi procedimenti risolutivi. Tale materiale può essere strutturato in più modi, come illustrato nella Figura 1. Nel materiale didattico di tipo A (confronto) le strategie risolutive di Silvia ed Erica sono disposte fianco a fianco (*side by side*) e le domande proposte stimolano al confronto. Nel caso B (sequenza), invece, le equazioni sono leggermente differenti e presentate su pagine diverse, con domande su ciascuno dei due esempi presi separatamente.

Metodologia della ricerca

Star e Rittle-Johnson hanno testato la validità dei due metodi attraverso diverse sperimentazioni "sul campo". La ricerca è stata effettuata ogni volta sottoponendo a un primo gruppo (*treated group*) materiali didattici di tipo A e a un secondo gruppo (*control group*) materiali di tipo B sullo stesso argomento.

L'analisi si è basata su tre tipologie di esercizi: 1) esercizi che testano la capacità di applicare i differenti metodi di risoluzione (conoscenza procedurale); 2) esercizi che mirano a riconoscere la capacità di scegliere tra diversi metodi risolutivi (flessibilità); 3) esercizi volti a valutare l'acquisizione dei principi alla base delle strategie risolutive

(conoscenza concettuale). Tre anche le fasi in cui è stata articolata l'analisi, con un test preliminare (pre test), uno finale (post test) e uno di controllo tenuto ad alcune settimane da quest'ultimo, allo scopo di verificare la permanenza dei risultati raggiunti.

Un risultato positivo

In una delle analisi, per esempio, agli studenti (157 a cavallo tra il quinto anno della scuola primaria e il primo anno della scuola secondaria inferiore) è stato presentato un certo quantitativo di moltiplicazioni "non immediate", con lo scopo di mettere a confronto differenti metodi per la *stima del risultato* (per esempio, arrotondare entrambi i fattori al multiplo di 10 più vicino, oppure arrotondarne uno solo, oppure ancora troncarsi alla decina inferiore).

La Figura 2 rappresenta il risultato del test. Per ogni tipologia di esercizio è riportato il confronto tra le prestazioni degli studenti nel pre test, nel post test e nella fase di controllo, indicando la percentuale di risposte corrette (una stima numerica è considerata corretta se differisce dal risultato della moltiplicazione per non più del 30%).

Si può notare, in questo caso, la migliore

LORETTA SALINO

è lo pseudonimo di un gruppo di matematici, ex studenti della Scuola Normale di Pisa, che unisce esperienze nel campo dell'editoria digitale, della didattica e della ricerca pura.

efficacia del metodo di confronto. La Figura 3 infine riporta la ripartizione dei metodi risolutivi applicati dai due gruppi di studenti ("altro" include anche i casi in cui gli studenti abbiano calcolato direttamente il risultato senza effettuare approssimazioni). Si vede come gli studenti sottoposti al metodo di confronto rispetto a quelli sottoposti al metodo sequenziale abbiano calcolato più spesso tramite troncamento (che ha l'indubbio vantaggio di essere più veloce da applicare).

Sono state effettuate altre analisi analoghe a quella descritta, variando la tipologia di problemi, il numero di studenti e il tipo di scuola, ed è stato riscontrato in generale che gli alunni sottoposti al metodo di confronto esibiscono migliore capacità di valutare differenti strategie per la risoluzione di un problema.

Suggerimenti di applicazione

Per garantire l'efficacia del metodo è necessario progettare l'attività didattica in modo attento. Star individua tre ingredienti essenziali per il successo.

1. Come confrontare

Lo studio dimostra che il confronto di esempi è più efficace se questi sono presentati fianco a fianco, come nel modello A. Questa disposizione aiuta a mettere a fuoco in modo veloce e immediato analogie e differenze, risparmiando allo studente lo sforzo della "giustapposizione" mentale degli elementi da confrontare e permettendogli di concentrarsi sulla comprensione degli argomenti proposti.

2. Che cosa confrontare

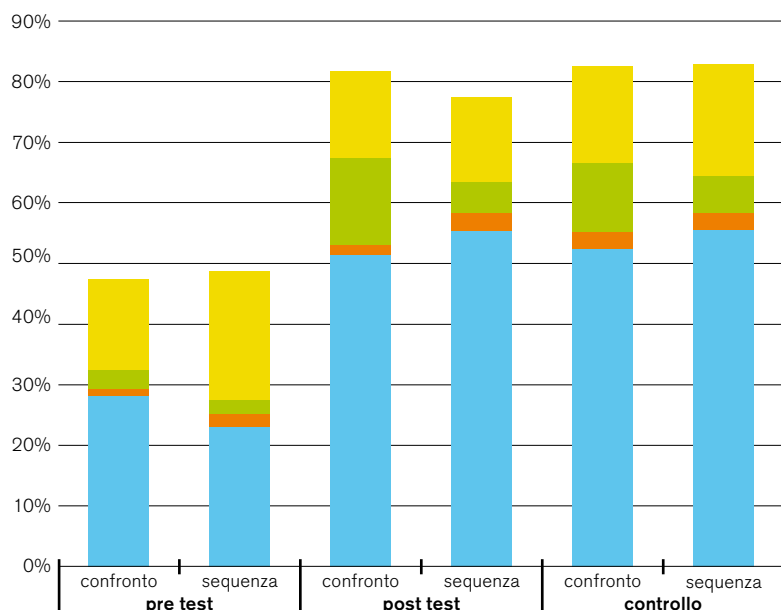
I casi da confrontare devono essere diversi ma non troppo, in modo che le differenze siano facili da individuare ma anche significative dal punto di vista didattico. Ecco alcuni spunti per strutturare i materiali didattici:

a. Qual è quello giusto? Lo stesso problema viene risolto in due modi simili, dei quali uno corretto e uno errato.



Figura 3. Ripartizione dei metodi risolutivi applicati dagli studenti del campione di Fig.2.

● due arrotondamenti ● troncamento
● un arrotondamento ● altro



PER APPROFONDIRE

— J.R. Star, M. Kenyon, R. Joiner & B. Rittle-Johnson, *Comparing Pays Off!*, in "Mathematics Teacher", 2010, vol. 103, pp. 608-612.

— J.R. Star, B. Rittle-Johnson, *Making Algebra Work: Instructional Strategies that Deepen Student Understanding, Within and Between Representations*, in "ERS Spectrum", 2009, vol. 27, pp. 11-18.

— J.R. Star, B. Rittle-Johnson, *It Pays to Compare: An Experimental Study on Computational Estimation*, in "Journal of Experimental Child Psychology", 2009, vol. 102, pp. 408-426.

— B. Rittle-Johnson, J.R. Star, *Does Comparing Solution Methods Facilitate Conceptual and Procedural Knowledge? An Experimental Study on Learning to Solve Equations*, in "Journal of Educational Psychology", 2007, vol. 99, pp. 561-574.

Gli studenti devono individuare il metodo giusto e spiegare in quale modo è giusto e perché l'altro non lo è. Questa pratica aiuta a prendere coscienza della natura di certi errori e a evitarli.

b. Qual è il migliore? Lo stesso problema viene risolto in due modi leggermente diversi, entrambi corretti. Gli studenti devono spiegare quale delle due strategie adotterebbero e perché. Così facendo, imparano a interrogarsi sulla bontà di un metodo risolutivo e a contemplare diverse possibilità per la risoluzione di un problema. L'esempio di Silvia ed Erica può essere ricondotto a questa tipologia.

c. Perché funziona? Lo stesso problema viene risolto in due modi, uno standard, più attinente alle regole, e uno non standard, entrambi corretti. Prendiamo come esempio questo esercizio: calcolare $(x^3)^5$. Per svolgerlo possiamo "applicare la regoletta" e scrivere:

$$(x^3)^5 = x^{3 \cdot 5} = x^{15}$$

oppure esplicitare i prodotti:

$$(x^3)^5 = (x \cdot x \cdot x)^5 = (x \cdot x \cdot x) \cdot \dots \cdot (x \cdot x \cdot x) = x \cdot x \cdot x \cdot \dots \cdot x \cdot x \cdot x = x^{15}$$

Attraverso l'analisi del metodo non standard gli studenti possono comprendere più a fondo perché il metodo standard funziona.

d. In che cosa sono diversi? Vengono

presentati due problemi leggermente diversi, risolti nello stesso modo, utili per stimolare una riflessione sulle differenze delle due situazioni iniziali. Consideriamo i due esercizi seguenti: traccia il grafico di $y = x^2$ e di $y = -x^2$. Osservando i due grafici posti fianco a fianco gli studenti possono dedurre e comprendere il ruolo del segno negativo e l'impatto che questo ha sul grafico della funzione.

3. Come strutturare la lezione

Le attività in classe andrebbero organizzate in tre fasi:

a. Comprensione. Gli esempi vengono presentati dall'insegnante alla lavagna, uno alla volta e separatamente. In seguito gli studenti provano a descrivere le caratteristiche di ciascun esempio.

b. Confronto. Gli stessi esempi vengono ora presentati fianco a fianco e gli studenti hanno occasione di individuare analogie e differenze. È questo il momento della lezione che si avvale dei vantaggi derivanti dal confronto *side by side*.

c. Sintesi. La classe discute i risultati emersi durante la lezione e prova a sintetizzare quanto discusso. È il momento in cui lo studente capitalizza l'esperienza didattica e dà significato a quanto svolto in classe.

Conclusioni

Dall'analisi dei dati numerici emerge che l'applicazione del metodo del confronto può portare gli studenti al raggiungimento di migliori risultati. Nell'applicazione del metodo risultano di cruciale importanza i materiali didattici da sottoporre agli studenti, che devono essere strutturati secondo certe regole grafiche (disposizione fianco a fianco degli esempi) e ideati con grande attenzione e seguendo precisi obiettivi. Oltre a questo, è però anche fondamentale una progettazione adeguata delle attività didattiche da proporre alla classe, in cui è necessario dare il giusto spazio alla discussione e al confronto tra gli studenti. Osserviamo pertanto che, al di là della validità della ricerca scientifica, il ruolo dell'insegnante e la sua volontà a sperimentare nuovi approcci sono di centrale importanza nella buona riuscita di qualsiasi metodo innovativo. 🟢

Si ringrazia Jon R. Star per la disponibilità dimostrata a condividere dati e informazioni relativi al suo lavoro di ricerca.

● Per proporre attività, progetti, riflessioni:
linxedizioni.it/contatti



DEBORAH LO CASTRO

Urrà per la squadra italiana!

Dal 5 al 14 settembre 2011 si sono tenute a Modena le Olimpiadi internazionali di scienze della Terra: un breve racconto di come sono andate le cose.

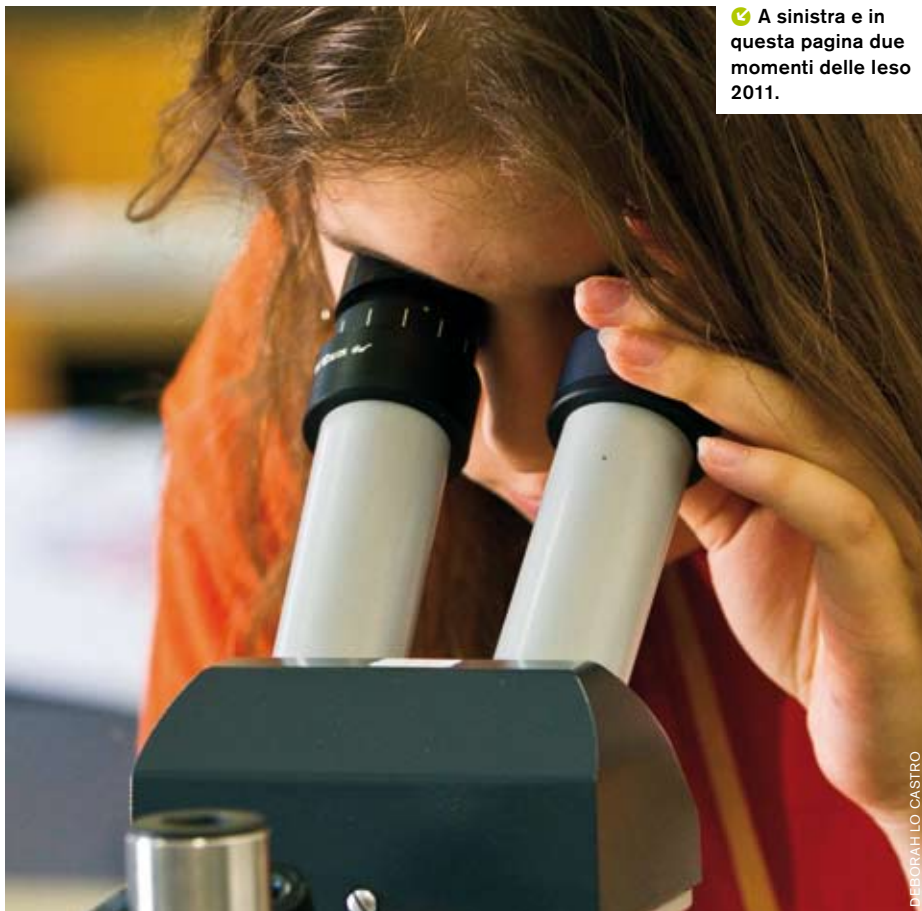
■ ■ ■ ■
ROBERTO GRECO

Si chiama Sang Woo Ryoo, viene dalla Corea del Sud, ha 16 anni e sogna di studiare a Yale, come già sta facendo suo fratello: è lui il miglior studente delle Olimpiadi internazionali di scienze della Terra (Ieso), competizione nata in Oriente nel 2007 e tenutasi per la prima volta quest'anno fuori dai confini dell'Asia. A Modena, per la precisione, ma con diverse attività anche altrove in Italia. Per la squadra italiana si è registrata la miglior performance di sempre, con tutti e quattro i partecipanti andati a medaglia e con una prova degna di nota per il liceo scientifico Banzi Bazoli di Lecce. Studiano infatti in questo istituto sia

Alessandro Manieri, una delle undici medaglie d'oro, sia Giuseppe Licci, medaglia d'argento. Bronzo per Stefano Roberti, del liceo scientifico Galilei di Trieste e per Giorgio Cocomello, dello scientifico Mamiani di Roma. Ottimo, dunque, sia il lavoro di selezione svolto dall'Associazione nazionale insegnanti di scienze naturali, Anisn, sia quello di preparazione, condotto in collaborazione con il polo di scienze della Terra dell'Università di Camerino. Libro ufficiale di riferimento per la squadra italiana è stato *Corso di geografia generale* di Edward Tarbuck e Frederick Lutgens (Linx Edizioni).

Un po' di numeri

Le Ieso sono una competizione internazionale per studenti delle scuole superiori, tra i 15 e i 17 anni: ogni paese partecipante svolge la propria selezione nazionale – in Italia se ne occupa l'Anisn – per portare alla fase finale i quattro studenti migliori (più eventuali "ospiti", che possono gareggiare, ma non concorrono alle medaglie), accompagnati da due *mentor*. L'edizione di quest'anno è stata organizzata dall'Università di Modena e Reggio Emilia, in collaborazione con il Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca e con numerosi altri enti. Da record la partecipazione: sono arrivate squadre da 26 paesi, mentre altri otto hanno inviato osservatori con il compito di raccogliere informazioni utili a organizzare, nei prossimi anni, le proprie selezioni interne. Ancora qualche numero: 104 studenti in gara, 11 studenti ospiti, 51 *mentor*, 46 osservatori. Menzione speciale per i 48 ragazzi dello staff, giovani volontari con compiti di assistenza all'organizzazione, che si sono



👉 A sinistra e in questa pagina due momenti delle lesò 2011.



ROBERTO GRECO

laureato in scienze naturali, insegna scienze dal 2005. Ha svolto un dottorato di ricerca sulla didattica laboratoriale per le scienze della Terra all'Università di Modena e Reggio Emilia. Da settembre 2010 è in servizio al Miur. È segretario dell'International Geoscience Education Organisation e presidente della sezione Anisn dell'Emilia Romagna; è stato chairman delle lesò 2011.

dimostrati eccellenti: per loro, l'evento è stata un'occasione unica e indimenticabile di crescita.

Non solo test

Che cosa si fa, dunque, durante le lesò? Semplice: le olimpiadi mettono alla prova i ragazzi su tematiche riguardanti geosfera, idrosfera, atmosfera e astronomia. Non pensate a compartimenti stagni: alla base di questa competizione c'è anche l'idea di aiutare a sviluppare l'approccio sistemico e olistico alla materia. Per ottenere buoni risultati non basta essere appassionati di rocce, fossili, o meteorologia, ma occorre avere ottime basi in matematica, fisica e chimica e buone conoscenze di biologia. Ecco allora che le lesò permettono di concretizzare il concetto di scienze integrate, applicandolo a un contesto reale. Le olimpiadi, però, sono anche occasioni di conoscenza del paese ospite. Per questo, gli studenti hanno potuto partecipare a numerose uscite culturali e naturalistiche: hanno visitato i vulcani di fango della riserva naturale

Salse di Nirano, il sito archeologico delle terramare di Montale Rangone, il castello di Spezzano. Inoltre hanno passato un pomeriggio nella sede della Protezione civile di Modena, dove hanno assistito a simulazioni di situazioni di emergenza.

Le prove

I ragazzi si sono confrontati su due tipologie di attività: una prova scritta, che si è svolta nel campus universitario di Modena, e diverse prove pratiche, effettuate anche in altri luoghi. La prova pratica sull'idrosfera, per esempio, si è svolta in barca nella laguna di Venezia, con gli studenti che dovevano tracciare il profilo termico di alcuni punti della laguna e poi rispondere a una serie di domande in merito. Una delle prove pratiche di meteorologia e geosfera si è svolta invece nel centro di Modena, per la precisione di fronte al Duomo. Il compito assegnato, infatti, era quello di riconoscere i materiali lapidei utilizzati per la costruzione del Duomo stesso, sulla base di una raccolta di campioni di rocce messa a disposizione di ciascuno.

Mischiare gli... studenti

Non è tutto, perché le lesò sono anche le uniche olimpiadi scientifiche a valorizzare, oltre alla competizione, la cooperazione. Comprendono infatti una prova che deve essere sostenuta da squadre di nazionalità mista, l'International Team Field Investigation (Itfi), in cui gli studenti devono analizzare una situazione ambientale complessa, proporre ipotesi di interpretazione o soluzioni a problemi concreti ed esporli sotto forma di presentazione scientifica alla giuria internazionale. La prova si è svolta in varie località della Valle d'Aosta, dove è stato possibile affrontare ben sette tematiche differenti, dalla geomorfologia dei ghiacciai alla misurazione dell'altezza delle montagne, alle frane. Per saperne di più su tutto quello che è stato fatto nei dieci giorni delle olimpiadi e per curiosare nelle gallerie di video e immagini, invito a visitare il sito www.leso2011.unimore.it. Per il prossimo anno, invece, appuntamento in Argentina. ➔

L' acronimo CLIL (*Content and Language Integrated Learning*, cioè "apprendimento integrato di lingua e contenuto") si riferisce a iniziative in cui l'apprendimento delle lingue straniere e quello dei contenuti sono integrati nel curriculum. Il CLIL, per esempio, può riguardare l'insegnamento delle scienze naturali in lingua inglese, ma può essere introdotto anche per l'insegnamento di una seconda lingua in un ambiente bilingue. David Marsh, professore dell'Università di Jyväskylä in Finlandia, uno dei massimi esperti mondiali di CLIL, nella sua definizione indica bene il legame tra lingua e disciplina non linguistica: «CLIL si riferisce a situazioni in cui le materie, o parte di esse, sono insegnate attraverso una lingua straniera con un doppio obiettivo, cioè l'apprendimento del contenuto e il contemporaneo apprendimento di una lingua straniera» [1]. Il metodo CLIL è stato subito recepito nel documento *Teaching and learning. Towards the learning society*, il cosiddetto libro

bianco sull'educazione realizzato dalla Commissione europea nel 1995 [2], in cui la conoscenza di tre lingue comunitarie è posta come principale obiettivo educativo europeo e l'insegnamento di contenuti disciplinari in una lingua straniera è indicato come uno dei modi efficaci per raggiungerlo.

Una presentazione dettagliata degli obiettivi connessi alla metodologia CLIL è contenuta nella pubblicazione *Apprendimento integrato di lingua e contenuto (CLIL) nella scuola in Europa*, realizzata nel 2006 dal network informativo sui sistemi educativi Eurydice (<http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice>) con il finanziamento della Direzione generale istruzione e cultura della Commissione europea [3]. Il documento evidenzia diverse categorie di obiettivi, riportati nella Tabella a pag. 48.

Imparare parlando, parlare imparando

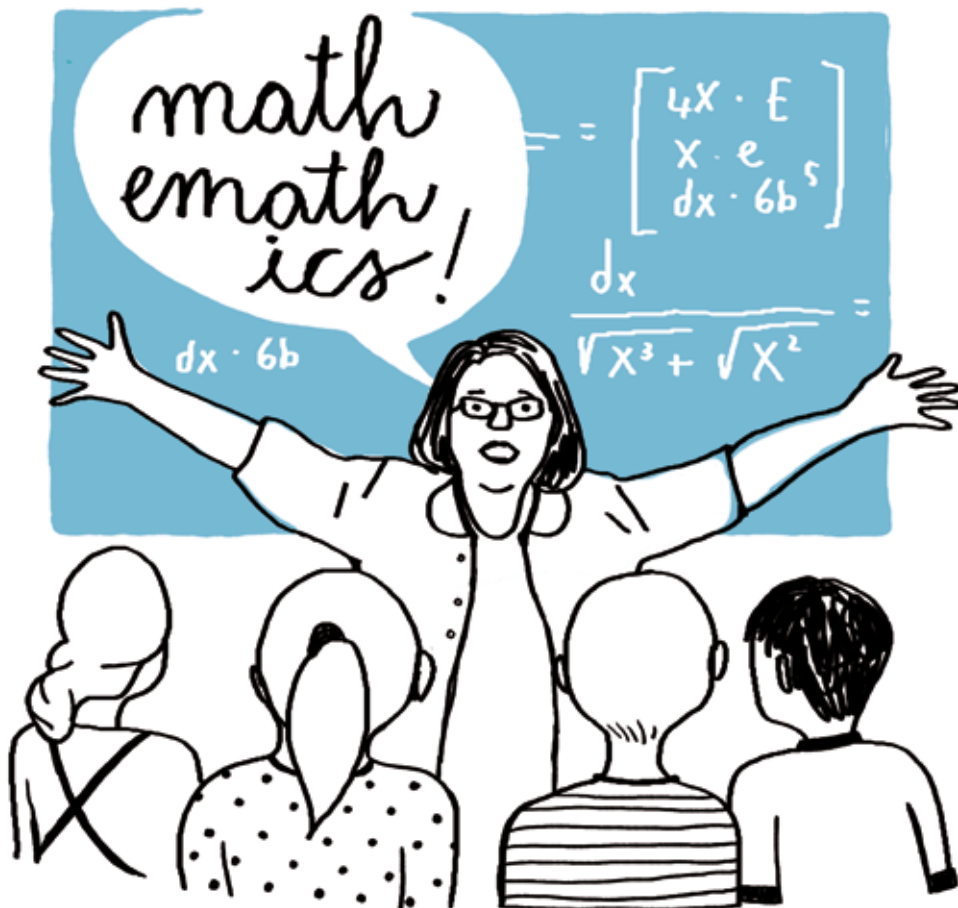
Riassumendo, nella metodologia CLIL la lingua straniera è intesa sia come

strumento didattico da utilizzare per imparare un contenuto differente dalla lingua stessa, sia come obiettivo da raggiungere mentre l'alunno la utilizza. In questo senso, l'apprendimento della lingua e del contenuto passa attraverso un vero e proprio *learning by doing*: si impara la lingua usandola e si usa la lingua mentre si impara, con una modalità incrociata che sembra accrescere la motivazione degli studenti all'apprendimento stesso. Inoltre, non è irrilevante evidenziare che il CLIL permette lo sviluppo di una mentalità multilinguistica e di un'abilità alla comunicazione interculturale nel curriculum delle classi coinvolte. Questi concetti sono chiaramente illustrati da David Marsh e Gisella Langé nel breve volume *Usare le lingue per apprendere e apprendere a usare le lingue*: «Immaginate di imparare a suonare uno strumento musicale come il pianoforte senza poter mai toccare la tastiera, o a giocare al calcio senza avere l'occasione di dare un

INSEGNARE SCIENZE IN INGLESE

Piccola guida alla metodologia CLIL: obiettivi, strategie, caratteristiche dei materiali, competenze dei docenti.

FIENZA CONGEDO





IL CLIL E LA RIFORMA

Nella circolare del 9 dicembre 2010 (prot. 10872) del Ministero per l'istruzione, l'università e la ricerca si ufficializza l'avvio di «attività per la formazione dei docenti di disciplina non linguistica (DNL) in lingua straniera secondo la metodologia Content and Language Integrated Learning (CLIL)», precisando che il requisito di accesso ai percorsi di formazione è il possesso di competenze linguistico-comunicative nella lingua veicolare di livello almeno B1 del Quadro comune europeo di riferimento per le lingue del Consiglio d'Europa (per maggiori informazioni sul Quadro consultare la voce su Wikipedia). La circolare ministeriale sottolinea chiaramente che «il docente CLIL è in grado di progettare percorsi CLIL in sinergia con i docenti di lingua straniera e/o di altre discipline». L'obiettivo della formazione è far acquisire ai docenti CLIL sia competenze linguistico-comunicative relative alla lingua straniera veicolata, sia competenze metodologico-didattiche specifiche per il CLIL; docenti già in possesso di competenze linguistiche certificate di livello C1 potranno accedere da subito alla formazione metodologica.

calcio alla palla. Per padroneggiare uno strumento musicale o il pallone è necessario acquisire sia conoscenze sia abilità. In altre parole, si impara efficacemente se si acquisiscono conoscenze e se nel contempo si fa pratica usando lo strumento. Ciò vale tanto per il calcio e per la musica quanto per la lingua. Si possono trovare occasioni

per suonare il pianoforte a scuola o fuori dalla scuola, ma quali occasioni si offrono a voi o ai vostri figli di usare la lingua a scuola o a casa? Se la risposta è negativa, ciò che è stato appreso durante le lezioni di lingua straniera può andare completamente sprecato. Con il CLIL abbiamo l'opportunità di evitare che ciò accada dando la possibilità ai giovani di

mettere in pratica ciò che apprendono mentre stanno apprendendo» [4].

I ferri del mestiere

CLIL non significa semplicemente spiegare un contenuto in una lingua straniera anziché nella lingua madre degli alunni. CLIL significa ripensare tutto l'approccio didattico relativo all'insegnamento di quel contenuto e di quella lingua straniera ed essere in grado di mettere in pratica una metodologia didattica innovativa. Per questo, in genere l'insegnamento CLIL prevede la partecipazione degli alunni ad attività pratiche e di gruppo che presentano anche attività divertenti, al fine di favorire buone relazioni di collaborazione nell'ambiente classe e maggiore motivazione degli studenti all'apprendimento. Anche in questo senso, possiamo dire che almeno alcuni approcci del CLIL si ispirano direttamente alla teoria pedagogica del *learning by doing*, intesa come momento di sperimentazione

1. Match these words to their definitions

Circle

- A line forming a closed loop, every point on which is a fixed distance from a center point

Area enclosed by a circle

- A line from the center of a circle to a point on the circle

Diameter of a circle

- The distance across a circle through its center point

Radius of a circle

- The number of square units it takes to exactly fill the interior of a circle

➡ A fianco e nelle pagine seguenti, esempi di esercizi di matematica e informatica da utilizzare in una classe CLIL in inglese.

UN DOCENTE COMPETENTE

Il docente CLIL deve avere una conoscenza specifica della letteratura riguardante la metodologia CLIL e le competenze necessarie per pianificare una lezione CLIL attraverso la diversa organizzazione della classe e l'utilizzo di materiali autentici e di nuove tecnologie. Un quadro completo sulle competenze del docente CLIL è offerto dal documento *The CLIL teacher's competences grid* (<http://ccn-clil.eu/index.php?name=Content&nodeIDX=3857>).

Un altro documento che delinea chiaramente le competenze CLIL è *European Framework for CLIL Teacher Education*: <http://clil-cd.ecml.at/LinkClick.aspx?fileticket=C0kUO%2bvEc6k%3d&tabid=2254&language=en-GB>. Infine, è interessante segnalare anche il test *Teaching Knowledge Test: CLIL* dell'Università di Cambridge (ESOL Examinations), che offre ai docenti la possibilità di conseguire una certificazione metodologica CLIL. L'esame verifica tutte le abilità "trasversali" richieste per insegnare qualsiasi materia ed è suddiviso in due parti: conoscenza del CLIL e dei suoi principi; progettazione, insegnamento e valutazione. Informazioni sul test all'indirizzo www.cambridgeesol.org/exams/teaching-awards/tkt.html.



Obiettivi della metodologia CLIL

Generali	Trasmettere conoscenze di contenuti specifici del programma sviluppando contemporaneamente competenze linguistiche in una lingua diversa da quella usata di norma come lingua di insegnamento
Didattici	Incoraggiare l'apprendimento dei contenuti con un approccio didattico innovativo
Linguistici	Facilitare l'acquisizione di competenze linguistiche di tipo comunicativo e motivare gli alunni all'apprendimento delle lingue usando le abilità linguistiche per scopi concreti
Socioeconomici	Preparare gli alunni al mondo del lavoro offrendo migliori prospettive occupazionali
Socioculturali	Trasmettere agli alunni valori di tolleranza e di rispetto nei confronti di altre culture

Fonte: Apprendimento integrato di lingua e contenuto (CLIL) nella scuola in Europa, Eurydie 2006.

attiva da parte dell'alunno. Ponendo lo studente al centro del processo di apprendimento, la lezione CLIL promuove modalità di lavoro *tasked-based*, oltre che una *cooperative learning*.

Altro "strumento" tipico della lezione CLIL dovrebbe essere la presentazione dei contenuti disciplinari in modo concreto e visivo, se possibile attraverso supporti multimediali che aiutino a focalizzare meglio le parole chiave di un testo e a memorizzare parole associate a immagini e dunque concetti riguardanti l'argomento trattato.

Il CLIL e le scienze

La decisione di utilizzare la metodologia CLIL applicata alle scienze – scienze naturali, matematica, fisica, chimica, informatica e tecnologia – è sicuramente vincente. Gli alunni, infatti, sono ben consapevoli di quanto sia importante, ai fini di un futuro inserimento nel mondo del lavoro, apprendere un linguaggio specialistico in una lingua straniera, che è tipicamente la lingua inglese. Nel caso di CLIL applicato alle discipline scientifiche e tecnologiche, gli obiettivi che il docente dovrà porsi sono: lo sviluppo di un lessico



FIorenza CONGEDO

insegna inglese all'Itis Marconi di Verona. È responsabile del gruppo Lend-Lingua e Nuova didattica di Verona e coordinatrice nazionale dell'associazione Iatef-International Association of Technical English Trainers. Si interessa di CLIL, dell'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nella didattica delle lingue straniere e della realizzazione di progetti formativi nazionali ed europei.

2. Complete the sentences with the correct words from the box

| open sourced | project platform (2) | applications (2) | environment | versions | software | file | module | companies | Java

NetBeans

NetBeans refers to both a _____ for the development of _____ desktop, and an integrated development _____ (IDE) using the NetBeans Platform.

The NetBeans Platform allows applications to be developed from a set of modular _____ components called modules. A module is a Java archive _____ that contains Java classes written to interact with the NetBeans Open APIs and a manifest file that identifies it as a _____. Applications built on modules can be extended by adding new modules. Since modules can be developed independently, _____ based on the NetBeans _____ can be easily and powerfully extended by third party developers.

NetBeans began in 1997 as Xelfi, a student _____ under the guidance of the Faculty of Mathematics and Physics at Charles University in Prague. A company was later formed around the project and produced commercial _____ of the NetBeans IDE until it was bought by Sun Microsystems in 1999.

Sun _____ the NetBeans IDE in June of the following year. The NetBeans community has since continued to grow, thanks to individuals and _____ using and contributing to the project.

(Testo riadattato da Wikipedia)



specialistico, l'utilizzo in un contesto nuovo di strutture linguistiche già apprese, l'utilizzo di materiale originale in lingua straniera, la partecipazione a esperimenti scientifici, con relativa comprensione del metodo scientifico, condotti in lingua straniera e inoltre lo sviluppo di competenze specialistiche nella lingua madre e nella lingua straniera, spendibili in un'esperienza professionale sia in Italia sia all'estero.

In classe!

Come costruire una lezione CLIL in modo efficace? Per prima cosa può essere utile iniziare la lezione con un'attività di *brainstorming*, in modo da permettere agli alunni di recuperare nozioni già acquisite e al docente di presentare una scaletta degli argomenti che intende trattare, magari fornendo un elenco di parole e frasi chiave.

È importante che gli alunni partecipino alla lezione CLIL in maniera collaborativa e che durante l'attività didattica abbiano spazio per esprimere le proprie idee, chiaramente in lingua straniera, e per confrontarsi con i compagni e l'insegnante, ricevendo quando possibile

chiari segnali del miglioramento del proprio percorso formativo. In questo senso può essere utile ed efficace ricorrere al lavoro di gruppo o a coppie, che stimola non solo la motivazione all'apprendimento, ma anche l'autonomia e la responsabilità degli alunni e all'utilizzo di supporti multimediali. Infatti, attraverso questa metodologia e il diverso utilizzo dell'ambiente classe, il lavoro può essere organizzato in modo da promuovere attività didattiche differenti in base alle conoscenze e capacità di apprendimento di ciascuno. Un altro suggerimento è quello di stimolare attività di ricerca e approfondimento sugli argomenti trattati, da condurre da soli o in gruppo, su materiali in lingua straniera e magari utilizzando laboratori informatizzati.

Materiali ad hoc

La didattizzazione del materiale CLIL è sicuramente un punto cruciale in un percorso di insegnamento integrato di lingua e contenuto. Alcuni passi da seguire possono essere individuati nella preparazione del materiale tenendo in considerazione i prerequisiti degli studenti rispetto ai contenuti e alla competenza

linguistica. È anche importante utilizzare, indipendentemente dalla materia veicolata, supporti grafici, mappe concettuali, ripartizione in paragrafi e glossari, a sostegno della comprensione in lingua straniera, e preparare attività didattiche prediligendo esercizi di completamento, a scelta multipla, vero-falso, cruciverba, individuazione di parole chiave e riordino di paragrafi. In particolare, il materiale da utilizzare sarà creato di persona dal docente CLIL grazie a una formazione che necessariamente dovrà riguardare non solo un utilizzo certificato della lingua straniera, ma anche competenze metodologiche didattiche per la gestione della classe e dei materiali didattici. ➔



IN RETE!

Commissione europea, multilinguismo e CLIL http://ec.europa.eu/education/languages/language-teaching/doc236_en.htm

International CLIL Research Journal
Giornale elettronico peer reviewed tutto dedicato alla metodologia CLIL.
www.icrj.eu

Fermata CLIL Ricca raccolta di risorse e materiali per la metodologia CLIL applicata alle scienze.

www.onestopenglish.com/clil

British Council e BBC Insieme per offrire attività CLIL e approfondimenti sulla metodologia.

www.teachingenglish.org.uk/clil



RISORSE

1. D. Marsh, *Bilingual Education & Content and Language Integrated Learning*, International Association for Cross-cultural Communication, Language Teaching in the Member States of the European Union, Paris 1994.

2. Documento completo reperibile online: http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com95_590_en.pdf

3. Documento completo reperibile online: www.indire.it/eurydice/content/index.php?action=read_cnt&id_cnt=1186

4 Documento completo, in italiano, reperibile online: www.clilcompendium.com/books.htm

3. Are the following statements about matrices and determinants true or false?

1. A square matrix with an order of 3 has 9 elements.

T F

2. A matrix type (3, 4) has 3 rows and 4 columns.

T F

3. Given any 2 matrices A and B it is always possible to calculate their sum.

T F

4. The product of rows and columns between two matrices is possible only if the matrices are of the same type.

T F

5. Given any matrix A and a real number h it is always possible to calculate the product h*A.

T F

6. The product between two matrices cannot result in a cancellation of the matrix.

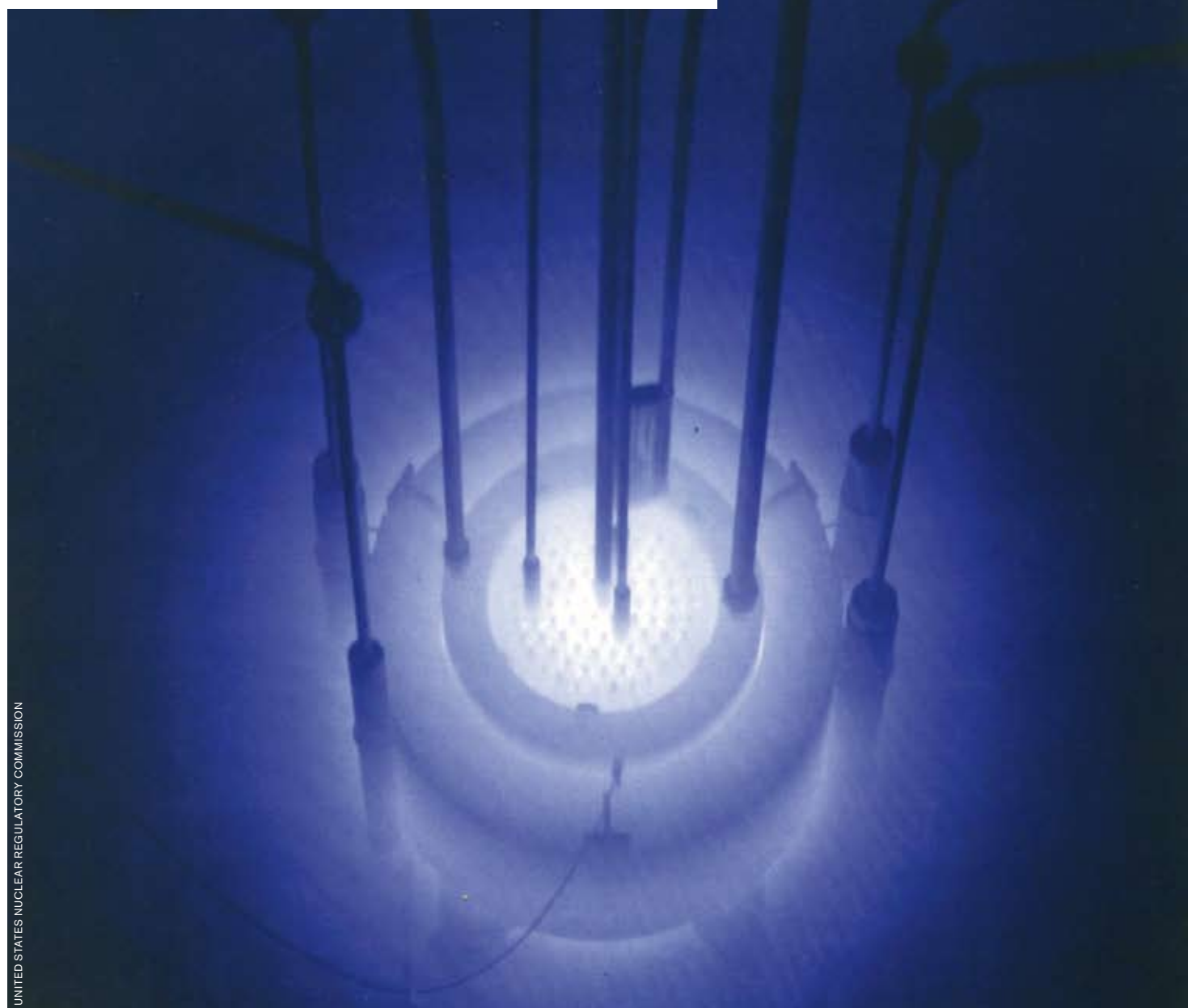
T F

NUCLEARE: IL NOCCILO DELLA QUESTIONE

L'ambiente "protetto" della scuola può essere un buon luogo in cui affrontare in modo scientifico il controverso tema del nucleare. Piccola guida alle tante prospettive possibili per inquadrarlo.



GIULIA GIONCHETTA E STEFANIA MINUTO



UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION

Lo tsunami dell'11 marzo 2011 ha travolto la costa nordorientale del Giappone compromettendo la sicurezza dei reattori della centrale nucleare Fukushima Daiichi, nella prefettura di Fukushima. Il dibattito che ne è scaturito potrebbe portare alla fine dell'energia atomica nel mondo, come pure a una sua rinascita con nuovi criteri di sicurezza. Tutti i media hanno rimandato le immagini del disastro giapponese e dei controlli di radioattività sulla popolazione, ma alcuni hanno anche diffuso l'invito a non considerare, spinti dall'emotività, le centrali nucleari come una tecnologia di cui sia meglio privarsi. In Germania, però, il parlamento ha già deciso il definitivo spegnimento delle centrali tedesche entro il 2022. L'Italia è l'unica nazione tra le 14 più ricche al mondo a non possedere centrali nucleari attive, dopo il referendum del 1987 [1].

Nel 2008 è stata approvata una legge (133/2008) che prevedeva la possibilità di tornare a edificare impianti nucleari anche nel nostro paese: questa legge è stata abrogata con il referendum del 12 e 13 giugno 2011, al quale ha partecipato il 54,8% degli italiani, che hanno votato in massa (94%) per l'abrogazione.

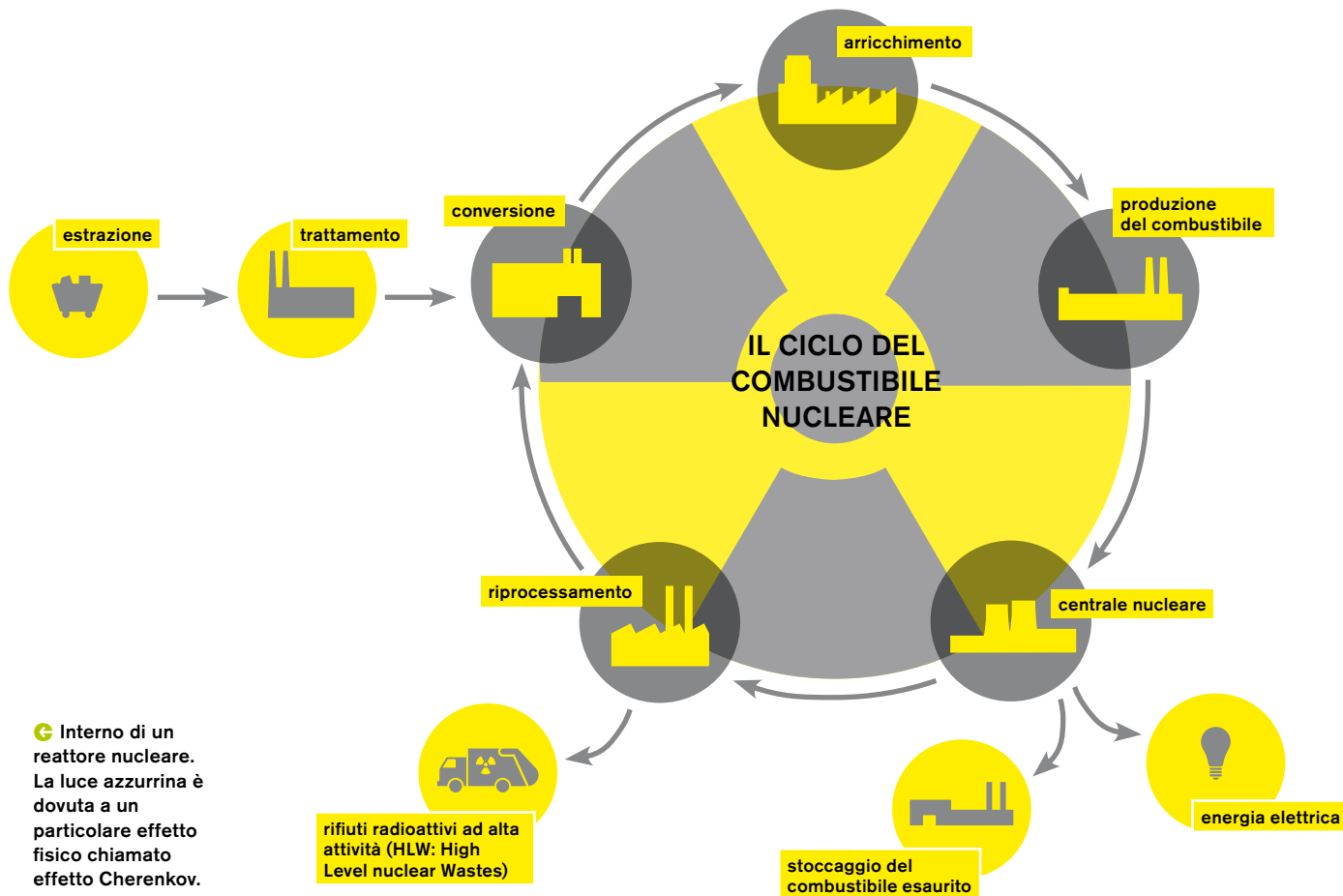
Studenti informati, cittadini attivi

Da insegnanti ed educatrici scientifiche ci siamo chieste come i bambini e gli adolescenti facciano o dovrebbero fare i conti con l'industria nucleare. In che modo i più giovani leggono gli avvenimenti di questo periodo, in che modo vivono e interpretano la tensione sociale, ambientale e politica che dilaga a livello mondiale sulla tecnologia nucleare per uso civile? Siamo d'accordo: non dobbiamo lasciar spazio né all'emotività né al rifiuto della possibilità di un

incidente nucleare imprevisto. Dobbiamo, piuttosto, conoscere i dati riguardanti questa tecnologia per spiegare agli studenti, nell'ambiente "protetto" della scuola, perché alcuni paesi decidono di avvalersene, a quale rischio e a quale prezzo. Così potranno sviluppare una coscienza scientifica critica, base fondamentale per una cittadinanza attiva. Il compito non è semplice: noi stesse abbiamo riscontrato la difficoltà di accedere a un'informazione scientifica completa che esuli dal dibattito politico. Il nostro intento, quindi, è fornire ai colleghi informazioni, suggestioni e fonti bibliografiche che abbiamo raccolto per sviluppare l'argomento ed esortare la discussione in classe.

Geografia del nucleare

Nel mondo sono in funzione 442 reattori in 29 paesi, costruiti da una decina di





aziende tra cui la francese Areva, le americane General Electric e Westinghouse, le giapponesi Toshiba e Hitachi. La produzione mondiale complessiva di energia nucleare è pari a 375 000 GW, corrispondente al 14% del fabbisogno globale di elettricità. L'Europa occupa un ruolo di primo piano, con 148 reattori in 16 paesi, mentre il primato mondiale per numero di impianti nucleari in funzione spetta agli Stati Uniti (105 più uno in costruzione), dove la situazione è comunque variegata: in alcuni stati sono in corso grandi opposizioni all'industria nucleare; in altri si cercano fondi per costruire nuovi reattori. Agli impianti già attivi nel mondo ne vanno aggiunti 65 in realizzazione, otto dei quali in Europa (due in Bulgaria, Romania e Slovacchia, uno in Finlandia e in Francia). È in Cina tuttavia che in questo momento si conta il maggior numero di cantieri, ben 27 [2].

Oltre a quelli "nuclearizzati", esistono anche paesi con governi ostili all'energia nucleare (Norvegia, Malesia, Thailandia) o in cui è ostile l'opinione pubblica (Italia e Turchia). Un recente studio condotto dalla rivista "Nature" in collaborazione con la Columbia University ha permesso di realizzare la prima mappa mondiale delle centrali nucleari, rivelando che in 21 casi queste sono poste in territori densamente popolati (più di un milione di persone nelle immediate vicinanze); in sei casi, i "vicini di centrale" superano i tre milioni [3].

Un tema scottante

I punti cruciali del dibattito mondiale sullo sviluppo del nucleare riguardano, oltre ai costi effettivi (occorrono ingenti finanziamenti pubblici per la realizzazione delle centrali) e al problema irrisolto della gestione delle scorie, la questione della

sicurezza e dei possibili effetti della radioattività sull'ambiente e la salute umana. In ambito didattico la questione può essere affrontata da un numero anche maggiore di punti di vista. Vediamo quali.

Breve identikit dell'uranio

Le *fonti* di energia sono entità fisiche da cui possiamo ricavare una o più *forme* di energia. Spesso, ma non sempre, le varie forme di energia possono convertirsi una nell'altra. Per esempio possiamo trasformare l'energia luminosa del Sole in energia elettrica, attraverso un pannello fotovoltaico, mentre non possiamo trasformare direttamente l'energia nucleare in energia elettrica. Le centrali nucleari sono, infatti, sofisticatissimi bollitori d'acqua che convertono l'energia nucleare in energia termica, a sua volta convertita in energia meccanica e infine



PAROLE CHIAVE

Fissile

Materiale in grado di sviluppare una reazione a catena di fissione nucleare.

Fissionabile

Materiale contenente atomi che possono essere posti in fissione. Tutti i materiali fissili sono fissionabili, ma non tutti quelli fissionabili sono fissili (è il caso dell'uranio 238).



➔ La centrale nucleare di Gundremmingen, in Germania.

FELIX KÖNIG



in elettrica [4].

L'energia nucleare deriva dalla frammentazione del nucleo atomico dell'uranio, un metallo bianco-argenteo, tossico e radioattivo che si rinviene nella crosta terrestre (in rocce, terreni e acque) in basse concentrazioni. Per essere utilizzato come alimento dei reattori nelle centrali nucleari, l'uranio deve anzitutto essere trattato: gli isotopi dell'uranio sono separati per aumentare la concentrazione di ^{235}U (isotopo fissile) rispetto a quella di ^{238}U (isotopo fissionabile, più abbondante in natura), in un processo chiamato arricchimento [5]. Questo produce come scarto grandi quantità di uranio impoverito, cioè uranio a cui manca la corrispondente quantità di ^{235}U .

Nel cuore della centrale

Il combustibile uranio genera calore tramite fissione nucleare. La reazione ha

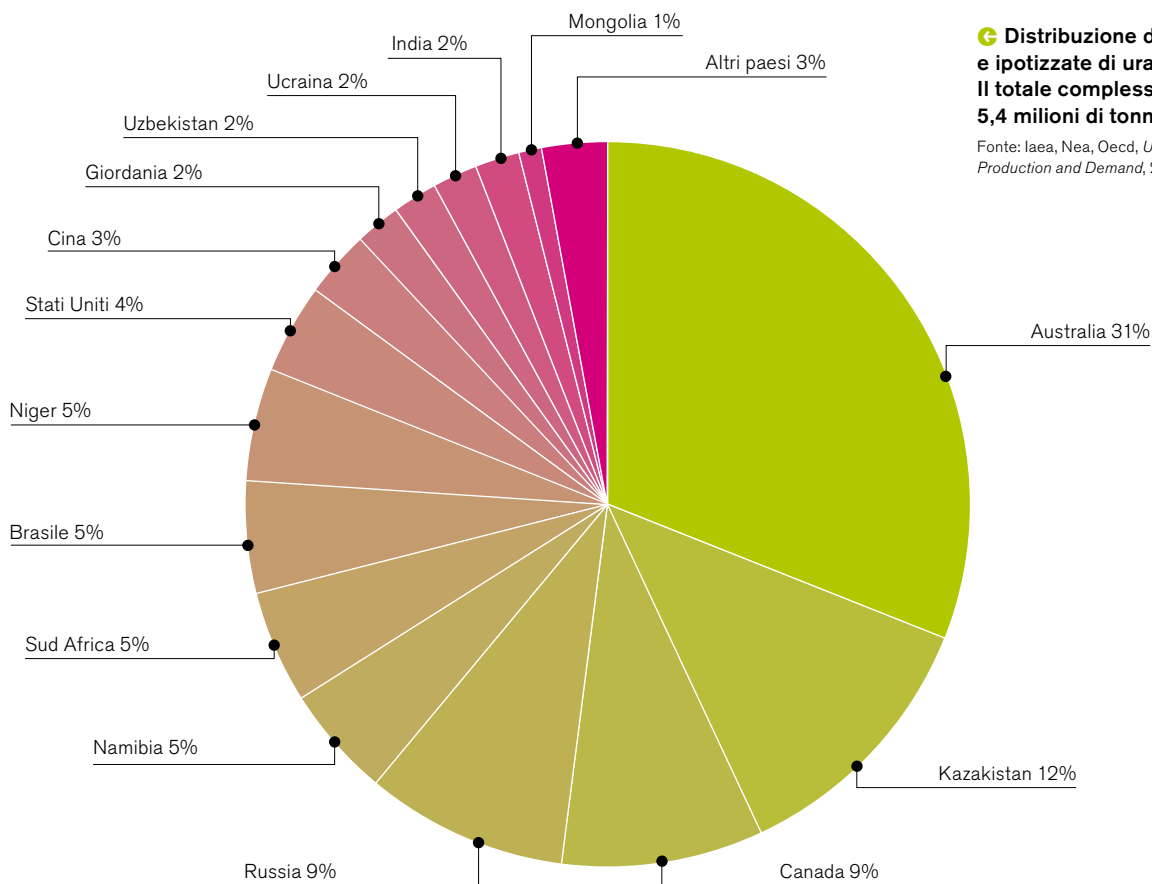
origine con lo scontro tra un neutrone e un nucleo fissile di un atomo di ^{235}U , che si spezza in due frammenti liberando neutroni che a loro volta colpiscono altri atomi, determinando così una reazione a catena. Il processo deve essere continuamente monitorato per evitare che la reazione a catena diventi incontrollabile. In questo caso il calore generato sarebbe troppo elevato per il reattore e per le strutture della centrale. Esistono diverse tipologie di reattori, caratterizzate da modi differenti di utilizzare il combustibile e mantenere la reazione [5].

La fissione nucleare converte materia in energia in modo molto efficiente: un kg di uranio, in una centrale nucleare, può generare 50 000 kWh di energia, mentre un kg di carbone, in una centrale termica, produce soltanto 3 kWh [4]. Al termine del processo, rimane il problema

dell'uranio impoverito: in parte, esso è dirottato al settore militare come principale elemento detonante per la produzione di armi nucleari, in parte stoccato in permanenza in depositi nel sottosuolo.

Niente gas serra?

In anni recenti, il fenomeno del riscaldamento globale ha portato grandi benefici all'industria nucleare, che stava conoscendo momenti di crisi. Per molti, il nucleare è una buona risposta al problema, perché non genera gas serra ed è a buon mercato. Di certo, però, in pochi si sono messi a calcolare il vero costo energetico e l'impatto sul riscaldamento globale della produzione di elettricità dal nucleare. Non vanno dimenticate, infatti, le emissioni di gas serra che si realizzano nel corso di tutto il processo produttivo, che richiede l'utilizzo



Distribuzione delle riserve certe e ipotizzate di uranio nel mondo. Il totale complessivo ammonta a 5,4 milioni di tonnellate.

Fonte: Iaea, Nea, Oecd, *Uranium 2009: Resources, Production and Demand*, 2010.



GIULIA GIONCHETTA

è biologa e collabora con Linx come redattrice multimediale. Si interessa di educazione e volontariato ambientale. Ha collaborato e collabora con diversi enti e associazioni tra cui l'Acquario civico di Milano, il Thetys Research Institute e il Tanzania Wildlife Research Institute.



STEFANIA MINUTO

è biologa e appassionata di mare e subacquea. Dopo la laurea ha conseguito un master in Gestione sostenibile delle risorse marine e costiere a Barcellona. È stata ricercatrice e guida subacquea nella riserva marina di Ses Negres (Begur, Girona) e, tornata in Italia, educatrice ambientale. Oggi insegna matematica e scienze in una scuola media di Milano.

Gionchetta e Minuto sono fondatrici dell'associazione Koru per promuovere la conservazione della biodiversità terrestre e marina.

di un'infrastruttura industriale alimentata a carbon fossile per estrarre l'uranio e arricchirlo, per bonificare il terreno, per costruire, raffreddare e dismettere i reattori, per trasportare e stoccare in modo protetto (anche se non definitivo) migliaia di tonnellate di rifiuto radioattivo [6]. Da considerare anche il fatto che le riserve conosciute di minerale con alte concentrazioni di uranio (maggiore dello 0,1%) sono in esaurimento: significa che bisognerà rivolgersi a riserve a bassa concentrazione, dalle quali si potrà preparare il combustibile solo utilizzando grandi quantità di energia.

Ci sono pareri contrastanti tra gli studi fatti sulla quantità di emissioni di gas serra derivanti da energia nucleare. Secondo l'organizzazione Oxford Research Group, queste emissioni si attestano su valori intermedi tra quelli delle fonti fossili e quelli delle rinnovabili [7]: rimane comunque la necessità di effettuare revisioni indipendenti sull'argomento.

Nel contesto "clima e riscaldamento globale", va ricordato che tutti i paesi

dell'Unione europea, compresi quelli che ricorrono al nucleare, devono rispettare l'accordo detto "20-20-20" del "pacchetto clima-energia" approvato nel dicembre 2008. L'accordo prevede entro il 2020 la riduzione del 20% delle emissioni di gas serra, l'aumento dell'efficienza energetica del 20% e il raggiungimento della quota del 20% di fonti di energia alternative [8].

Sicurezza su più fronti

Primo requisito fondamentale di sicurezza di una centrale nucleare è la sua costruzione in un luogo adatto: il sito è selezionato in base ad alcuni parametri standard che riguardano le sue caratteristiche fisiche (sismologia, meteorologia, geologia e idrologia), la densità di popolazione dell'area, la distanza da grandi centri abitati, la facilità di transito [9]. Altri principi irrinunciabili sono la difesa in profondità, cioè l'articolazione in più livelli di sicurezza che possano resistere a diversi scenari di catastrofi immaginabili, e la ridondanza, cioè la separazione e la diversificazione

Vecchi Barili contenenti scorie radioattive.



MARKUS SCHIEDER



dei sistemi adottati, così che se si verifica un incidente mentre uno dei sistemi non è disponibile, ce ne sarà un altro pronto a gestire la situazione e a riportare il reattore in uno stato sicuro [10, 11]. Ogni volta che si verifica un incidente nucleare i parametri di sicurezza vengono rimessi in discussione. Succederà anche a seguito di quanto accaduto a Fukushima Daiichi: gli standard esistenti garantivano sicurezza con terremoti di magnitudo 8 (scala Richter), ma non con un conseguente tsunami con onde alte fino a dieci metri.

Il tema della sicurezza coinvolge anche altri aspetti, come quello dell'attività delle centrali più "datate", spesso causa di rilasci di materiale radioattivo: incidenti "minori", meno noti, ma per i quali è stata necessaria l'evacuazione della popolazione limitrofa [12]. Ancora, c'è la preoccupazione che le centrali possano diventare obiettivo di attacchi terroristici, al punto che molte sono sottoposte a controlli di tipo militare; per i reattori di nuova generazione (e per altri edifici sensibili dell'impianto, come la sala controllo) si richiede che siano in grado di sostenere l'impatto di un aereo di linea.

Cassaforti per scorie

Al termine del processo di fissione nucleare la materia fissile è diventata uno scarto altamente radioattivo da stoccare per migliaia di anni in depositi di sicurezza. Le scorie radioattive si classificano in base al grado di radioattività: nel caso delle più pericolose, possono volerci anche centinaia di migliaia di anni perché la radioattività decada [13].

Esistono quattro tipi di siti per lo stoccaggio delle scorie: depositi di superficie; depositi di superficie con opera ingegneristica; cavità o miniera; depositi geologici. Tutti i centri di

stoccaggio europei hanno una natura "temporanea" per rispondere al criterio di reversibilità: questo perché, non conoscendo con precisione le conseguenze dello stoccaggio di scorie radioattive nel tempo, può essere necessario un loro trasferimento in altri luoghi. Nel caso dei siti geologici questo non sarebbe più possibile: una volta sottoterra, i materiali dovranno restarci definitivamente. I depositi di scorie presenti oggi nel mondo sono circa ottanta, per la maggioranza in grado di ospitare scorie a bassa o media attività radioattiva [14].

Per il futuro, l'Unione europea auspica la costruzione di depositi geologici definitivi. A questo proposito, in Finlandia è in progetto la realizzazione di Onkalo (letteralmente "luogo nascosto" in finlandese), che nel XXII secolo dovrebbe diventare il primo deposito permanente di scorie nucleari al mondo. Inevitabile che il progetto susciti reazioni emotive molto forti: ne è un esempio il visionario documentario *Into eternity* del regista Michael Madsen.

Conclusione

I vari aspetti del nucleare che abbiamo toccato costituiscono solo una parte di una più ampia discussione su temi energetici: quanta energia ci serve? Quali rischi si è disposti a correre per ottenerla? Quanto le abitudini del singolo incidono sull'esigenza energetica di una nazione? Come affrontare il piano energetico nazionale? È interessante porre in classe alcune domande per avviare una riflessione collettiva o una ricerca di gruppo. Senza dimenticare mai gli ambiti fondamentali del risparmio e dell'efficienza energetica, anche questi da analizzare da differenti punti di vista: politiche, abitudini quotidiane, pratiche aziendali, nuove tecnologie. ➔



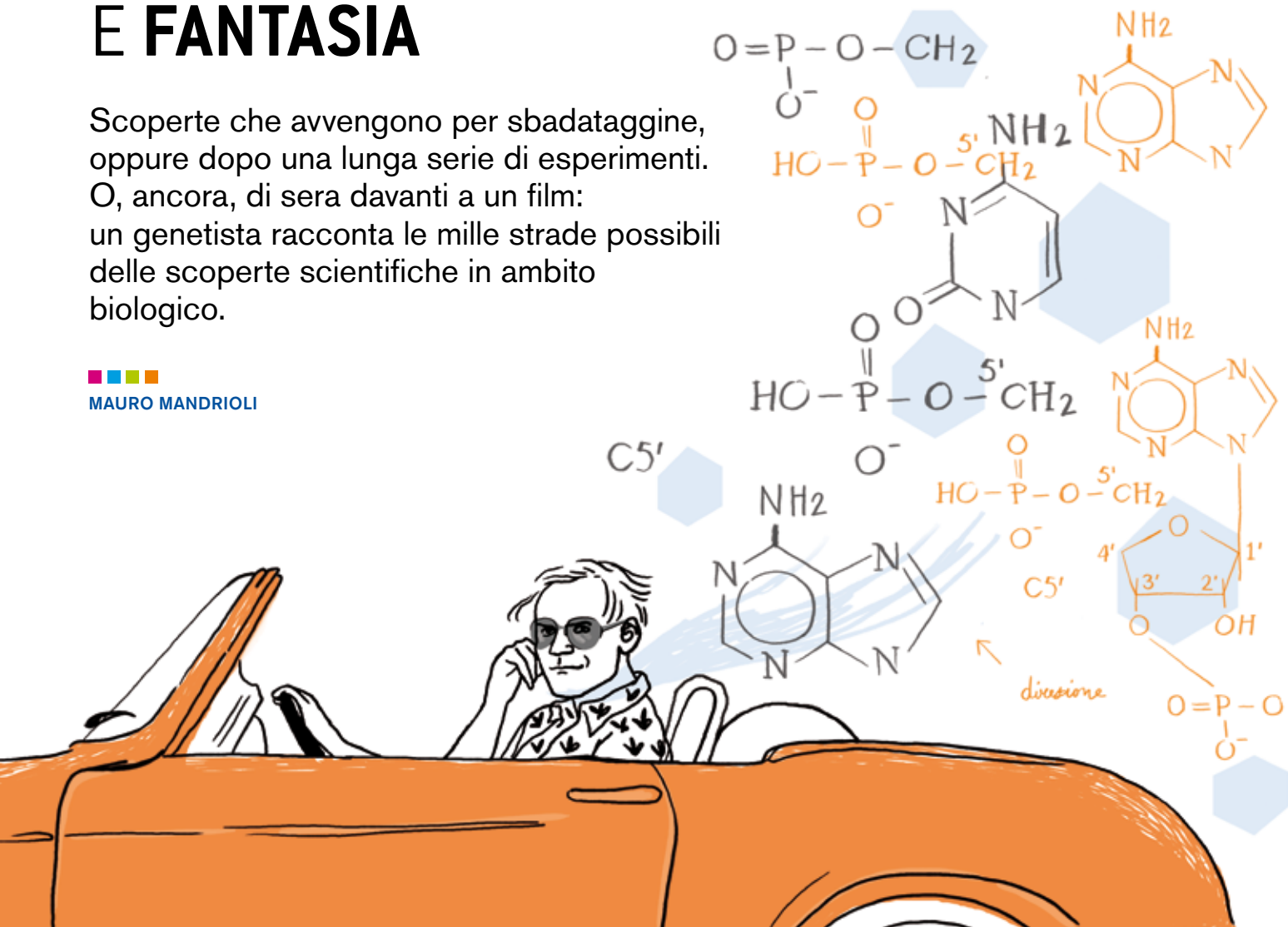
RISORSE

1. Per un veloce "ripasso": P. Fornara, *Vent'anni fa l'Italia votò il referendum sul nucleare*, ne "Il Corriere della Sera", 2 novembre 2007, disponibile online.
2. www.ansa.it/scienza/notizie/rubriche/energia/2011/04/13/visualizza_new.html_902468013.html
3. D. Butler, *Reactors, residents and risk*, in "Nature", vol. 472, 28 aprile 2011.
4. N. Armaroli e V. Balzani, *Energia per l'astronave Terra. Quanta ne usiamo, come la produciamo, che cosa ci riserva il futuro*, Zanichelli, Bologna 2008.
5. R. Renzetti, *Elementi di fisica nucleare*, in "Fisicamente". Disponibile online all'indirizzo www.fisicamente.net/DIDATTICA/index-437.htm
6. H. Caldicott, *Il nucleare non è la risposta*, Gammarò editori, Sestri Levante 2010.
7. Oxford Research Group, *Secure Energy? Civil Nuclear Power, Security and Global Warming*, 2007.
8. http://ec.europa.eu/climateaction/eu_action/index_it.htm
9. A.B. Salman, *Nuclear power plant site selection*. Disponibile online dal sito www.aiea.org
10. www.enel.com/it-IT/group/production/nuclear_power/safety/deph.asp?it=0
11. www.sni.enel-edf.com/it-IT/european_pressurized_reactor/sicurezza
12. S. Pisani, *Usa, un'inchiesta denuncia "Centrali nucleari vecchie e insicure"*, ne "Il Fatto Quotidiano", 22 giugno 2011, disponibile online.
13. L. Marin, *Roba da scorie*, in "Oggi Scienza", 17 maggio 2011: <http://oggiscienza.wordpress.com/2011/05/17/roba-da-scorie>
14. L. Marin, *La storia (quasi) infinita*, in "Oggi Scienza", 10 maggio 2011: <http://oggiscienza.wordpress.com/2011/05/10/la-storia-quasi-infinita>

CASO, IMPEGNO E FANTASIA

Scoperte che avvengono per sbadataggine, oppure dopo una lunga serie di esperimenti. O, ancora, di sera davanti a un film: un genetista racconta le mille strade possibili delle scoperte scientifiche in ambito biologico.

■ ■ ■ ■
MAURO MANDRIOLI



Metodo scientifico, scoperte, esperimenti: nelle lezioni di scienze, ma anche sui giornali e in tv se ne parla continuamente. Ma come nascono le scoperte scientifiche? C'è un metodo da applicare per essere sicuri di scoprire qualcosa? Non proprio: come vedremo in questa breve rassegna, le scoperte scientifiche sono il frutto di percorsi molto differenti in cui passione, preparazione, impegno e fortuna formano ogni volta un mix unico.

Antibatterici per caso

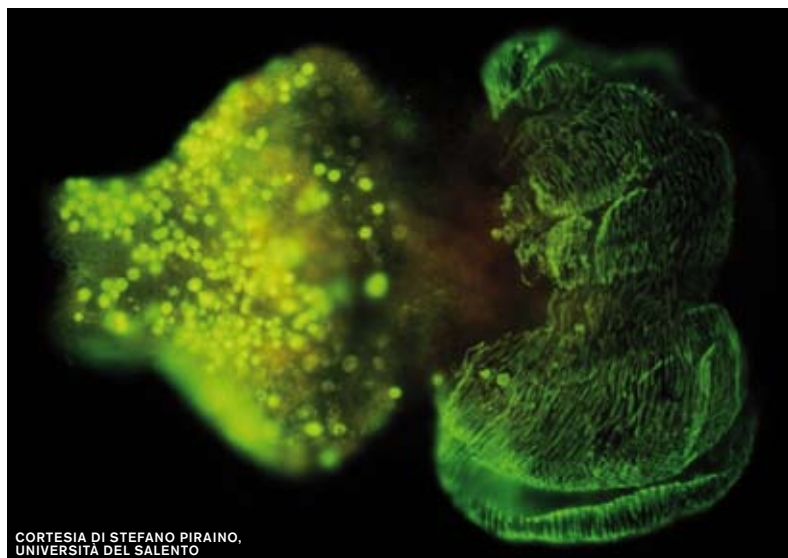
All'inizio dell'estate scorsa è stato al centro dell'attenzione dei media un nuovo ceppo di *Escherichia coli* e in molti si sono chiesti quali antibiotici potessero servire per debellare

l'infezione. La ricerca di sostanze antibatteriche ha una lunga storia, che annovera tra i protagonisti Alexander Fleming, batteriologo scozzese premio Nobel per la medicina nel 1945. Un giorno, mentre stava studiando alcuni cloni batterici, una lacrima gli cadde inavvertitamente sulla piastra di coltura. La maggior parte degli scienziati avrebbe eliminato la piastra contaminata, ma non Fleming che decise di metterla a incubare per scoprire il giorno seguente che, in corrispondenza del punto in cui era caduta la lacrima, si era formata un'area circolare priva di batteri. Fleming pensò che le lacrime potessero contenere una sostanza con attività antibiotica ed effettivamente scoprì al loro interno un enzima capace di distruggere i batteri tramite lisi (lisozima). Alcuni anni più tardi, Fleming stava svolgendo

ricerche sugli stafilococchi, per capire se fossero coinvolti nell'influenza (oggi sappiamo che l'influenza ha origine virale). Terminati gli esperimenti, Fleming partì per le vacanze estive lasciando alcune piastre accatastate in laboratorio. Al suo ritorno si mise a ripulirle, notando che la prima piastra della pila era stata contaminata da una muffa e che in prossimità di questa si era formato un alone simile a quello notato al momento della scoperta del lisozima, a indicare che la muffa aveva lisato le cellule batteriche. Fleming scoprì che la muffa contaminante apparteneva al genere *Penicillium*, una muffa rara, ma coltivata in un laboratorio al piano di sotto. Il bello è che, di norma, *Penicillium* si riproduce a temperature piuttosto basse, più basse di quelle presenti di solito a luglio a Londra; durante le vacanze dello scienziato, però, vi erano state numerose giornate insolitamente fredde, che avevano permesso alla muffa di svilupparsi. E al ricercatore di scoprire la penicillina. Più fortunato che bravo? Fleming fu di sicuro baciato (più volte!) dalla fortuna, ma fu anche attento e scrupoloso nel capire che cosa fosse accaduto: molti batteriologi prima di lui probabilmente avevano ottenuto risultati simili, senza capirne l'importanza.

La medusa che non muore

Una situazione analoga è alla base della scoperta all'inizio del 1992 del particolare ciclo vitale della medusa *Turritopsis dohrnii*, nota come "medusa immortale", da parte di Giorgio Bavestrello, da allora approfondita a livello cellulare e molecolare da Stefano Piraino dell'Università del Salento, a Lecce. Le meduse hanno di norma un ciclo vitale che inizia con la nascita da un uovo fecondato. Dopo le fasi embrionale e larvale, si arriva alla formazione di polipi che vivono sul fondo del mare. Da questi derivano le meduse, che si muovono libere e si riproducono sessualmente per generare nuovi polipi. Terminata la fase riproduttiva le meduse degenerano e muoiono. In condizioni di stress ambientale, però, *T. dohrnii* può ritornare allo stadio di polipo. Un po' come una farfalla che a un certo punto torna a essere bruco. Ma come si è giunti a questa inattesa scoperta? I ricercatori stavano studiando il ciclo riproduttivo di questi animali in piccoli acquari sperimentali: uno di loro dimenticò alcune meduse in un acquario senza cibo e senza ricambio di acqua. Con grande sorpresa di tutti le meduse, invece di morire, tornarono allo stadio giovanile, dimostrando la possibilità che cellule differenziate (e quindi specializzate per svolgere una data funzione) si resettino e diano origine a cellule con altre funzioni.



CORTESIA DI STEFANO PIRAINO, UNIVERSITÀ DEL SALENTO

Esperimenti a tavolino

In biologia alcuni esperimenti rappresentano veri e propri esempi da manuale per mostrare come procede la ricerca scientifica; tra questi vi è senza dubbio la decifrazione del codice genetico, che dobbiamo prevalentemente al lavoro dei biochimici Marshall Nirenberg e Heinrich J. Matthaei all'inizio degli anni sessanta del secolo scorso. Per prima cosa, i due "costruirono" un sistema per la sintesi *in vitro* di proteine: lisando in un modo particolare cellule di *Escherichia coli*, infatti, Nirenberg e Matthaei riuscirono a isolare in provetta tutto il "macchinario" molecolare utilizzato dai batteri per sintetizzare proteine. A questo punto cominciarono a lavorare con molecole di RNA messaggero (mRNA) prodotte in laboratorio, e dunque di sequenza nota. In pratica, mettevano queste molecole nel loro sistema di sintesi *in vitro* e poi analizzavano le proteine ottenute. Confrontando la sequenza di amminoacidi di queste proteine con la sequenza di nucleotidi degli mRNA sintetici di partenza, riuscirono infine ad appaiare differenti triplette di nucleotidi agli amminoacidi corrispondenti. Questo lavoro rappresenta un ottimo esempio di esperimento "pianificato a tavolino" sulla base dei dati disponibili sino a quel momento nella letteratura scientifica e combinato allo sviluppo di una nuova metodica per la sintesi *in vitro* di proteine.

La giusta intuizione

La definizione della struttura della molecola di DNA, comunicata al mondo nel 1953 da James Watson e Francis Crick, allora in forze al Cavendish Laboratory dell'Università di

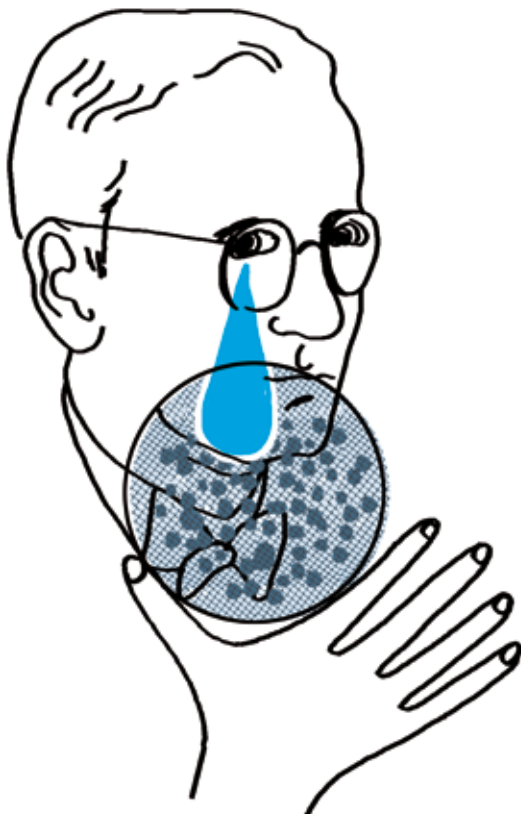
📍 Una medusa *T. dohrnii* durante il processo di inversione del ciclo vitale: la medusa sta replicando parte delle proprie cellule (i puntini gialli sono nuclei in replicazione) per trasformarsi nuovamente in polipo.

Quali esperimenti fecero Watson e Crick per arrivare a definire la struttura del DNA? In realtà nessuno!



... la maggior parte degli scienziati avrebbe eliminato la piastra contaminata, ma non Alexander Fleming che decise di metterla a incubare...

Cambridge, rappresenta una delle tappe fondamentali della storia della biologia moderna. Ma quali esperimenti fecero Watson e Crick per arrivarci? In realtà nessuno: la scoperta fu resa possibile grazie ad alcuni indizi sulla composizione chimica del DNA ottenuti da altri scienziati. Era già noto, per esempio, che il DNA è un polimero composto da nucleotidi e nel 1950 il biochimico Erwin Chargaff, analizzando la composizione del DNA di diversi organismi, aveva osservato che la concentrazione di timina era sempre uguale a quella di adenina e lo stesso accadeva per citosina e guanina. Anche i dati ottenuti tramite cristallografia a raggi X da Rosalind Franklin, i primi a mostrare in modo chiaro che la molecola di DNA aveva una forma elicoidale, furono importanti. Mettendo insieme tutte queste informazioni, Watson e Crick costruirono un modello tridimensionale del DNA. Come lo stesso Watson racconta: «Il 28 febbraio 1953, tutti gli aspetti chiave del modello del DNA divennero improvvisamente chiari. Le due catene erano tenute assieme da forti ponti idrogeno tra le coppie di basi – precisamente tra adenina e timina o tra guanina e citosina (...). Fu un grande momento. Avevamo la certezza di avere fatto centro» [1].



La scoperta di Watson e Crick non mancò di destare stupore (e rabbia) in chi aveva partecipato agli esperimenti precedenti; nella sua biografia *Il fuoco di Eralito*, Chargaff non esita a sottolineare “l'estrema ignoranza” dei due in fatto di chimica. Un giudizio indubbiamente frutto dell'amarrezza di chi si è sentito derubato di una scoperta, anche se resta il fatto che solo Watson e Crick intuirono la giusta via della doppia elica.

Geni incompresi

La scoperta della struttura della molecola del DNA ebbe subito un grande successo, ma non sempre le cose vanno in questo modo. Lo dimostra la vicenda di Gregor Mendel al quale, ormai lo sappiamo, si devono le leggi che regolano l'ereditarietà, ovvero la trasmissione dei caratteri ereditari dai genitori ai figli: una scoperta frutto di grandi capacità osservative abbinate a una rigorosa analisi numerica dei risultati ottenuti. Mendel pubblicò il suo trattato sull'ereditarietà nel 1866, ma il lavoro passò inosservato. Come più storici della scienza hanno sottolineato, la comunità scientifica della seconda metà dell'Ottocento non era pronta per capirne la portata e solo all'inizio del Novecento le conoscenze in biologia raggiunsero un livello tale da renderla chiara. Nel 1900 il tedesco Carl Correns, l'olandese Hugo de Vries e il tedesco Eric von Tschermak giunsero indipendentemente alle stesse conclusioni di Mendel lavorando su incroci tra piante e ciascuno pensò di essere il primo a scoprire le leggi dell'ereditarietà. Solo in seguito scoprirono che Mendel li aveva preceduti e il Novecento diede all'abate quel riconoscimento che gli scienziati del secolo precedente non erano stati in grado di tributargli.

Il catalizzatore John Wayne

La ricerca scientifica è un'attività impegnativa e il più delle volte le scoperte giungono alla fine di un'attenta analisi dei dati. È vero però che il cervello di un ricercatore non necessariamente smette di cercare la soluzione a un problema una volta chiusa alle spalle la porta del laboratorio; anzi, la ricerca continua in modo “sotterraneo” anche mentre si fanno altre cose, portando a quella che alcuni hanno definito la “scienza di notte”. In questi casi la soluzione arriva quando il cervello è lasciato libero di pensare ad altro, come se il problema in questione venisse solo in apparenza messo da parte, ma fosse in realtà oggetto di un lavoro in *background*, così come accade per alcune applicazioni del computer, che lavorano anche se noi non ce ne accorgiamo.



📷 **Fotografia al microscopio elettronico di un raggruppamento di *E. coli*.**



Sidney Altman, vincitore nel 1989 del premio Nobel per la chimica per aver mostrato che le molecole di RNA sono in grado di agire come catalizzatori biologici, ricorda nella sua biografia *La rivoluzione dell'RNA* che guardare in tv partite di football americano e film di John Wayne lo aiutava a rielaborare quanto accadeva in laboratorio. A quanto pare, i film di John Wayne devono aver catalizzato in modo utile le idee del ricercatore, visto che la sua scoperta ha aperto le porte a una vera e propria rivoluzione. Per molto tempo, il ruolo delle molecole di RNA è stato sottovalutato: si è pensato a lungo che fossero coinvolte solo nel trasferimento delle informazioni genetiche dal DNA alle proteine (RNA messaggeri) e nella sintesi proteica (RNA ribosomiali e di trasporto). Nel corso degli anni è divenuto invece sempre più evidente che esiste una varietà incredibile di molecole di RNA coinvolte in numerosi processi, tra i quali la rimozione degli introni dalle molecole di mRNA in fase di maturazione e la regolazione dell'espressione genica a livello trascrizionale e post trascrizionale (compito svolto dai cosiddetti piccoli RNA).

Idee al volante

Il caso di Altman non è certo isolato e uno degli esempi di "scienza di notte" che preferisco riguarda Kary Mullis, inventore all'inizio degli anni ottanta del secolo scorso della reazione a catena della polimerasi (PCR, dall'acronimo inglese *Polymerase Chain Reaction*). La PCR è una metodica che permette di amplificare il DNA, cioè di sintetizzare numerosissime copie di un frammento di DNA scelto dall'operatore. Grazie alla PCR oggi possiamo fare analisi molecolari

partendo da esigue quantità di DNA, come quelle contenute in una minuscola macchia di sangue o in un capello: senza questa tecnica, non esisterebbe la genetica forense. Mullis ricorda bene il momento della scoperta, e lo ha descritto nella sua biografia *Ballando nudi nel campo della mente*. Allora lo scienziato lavorava alla Cetus Corporation di Berkeley e un giorno si stava recando nella Anderson Valley per una breve vacanza, ma «mentre le mani seguivano la strada e le curve, la mente tornava al laboratorio». All'altezza della pietra miliare 46,50 della Highway 128 giunse l'intuizione: il DNA può essere

replicato *in vitro*. «Ero in discesa e la macchina si infilò a ruota libera in curva. Mi fermai (...). Avevo appena percepito una nuova meravigliosa opportunità. Fermai la macchina in una bella piazzola tranquilla e mi dedicai a riflettere sulle conseguenze: questa semplice tecnica avrebbe consentito di produrre copie di DNA a volontà, e chiunque al mondo se ne occupasse avrebbe voluto utilizzarla. Si sarebbe diffusa in tutti i laboratori di biologia del mondo. Sarei diventato famoso: avrei vinto il Nobel»[2]. E così è stato. Mai un viaggio in autostrada ha portato un uomo tanto lontano!

Le scoperte scientifiche come impresa collettiva

Le scoperte scientifiche sono sempre attribuite agli scienziati che hanno dato risposte definitive a quesiti di rilievo, come Watson e Crick con la scoperta della struttura del DNA. Va detto però che le scoperte scientifiche sono in realtà possibili solamente grazie al lavoro di tutti coloro che nel corso del tempo hanno fatto esperimenti in un certo ambito e suggerito ipotesi e teorie. La scienza è un'impresa collettiva in cui alle intuizioni dei grandi geni, si affianca il paziente lavoro di équipe. Come dice il filosofo della scienza Giulio Giorello: «Questo lavoro paziente non può essere dimenticato, nella speranza che arrivi lo scienziato e trovi la soluzione immediata di tutto quello che ci tormenta, perché fare dello scienziato un nuovo mago, o fare dello scienziato un nuovo sacerdote, è fare un pessimo servizio a noi stessi, ma soprattutto alla scienza, soprattutto a quello spirito critico e coraggioso, ma anche modesto, che è quello dei migliori scienziati» [3]. 🟢



RISORSE

1. J.D. Watson, *DNA*, Adelphi, Milano 2004, p. 65.
2. K. Mullis, *Ballando nudi nel campo della mente*, Baldini & Castoldi, Milano 2000, p. 3.
3. G. Giorello, intervista ne "Il Grillo", Rai Educational, 11 febbraio 1999. Disponibile online all'indirizzo www.emsf.rai.it/grillo/trasmisioni.asp?d=337.



MAURO MANDRIOLI

è professore associato e docente di genetica e genomica comparativa presso il Dipartimento di biologia dell'Università di Modena e Reggio Emilia. Coordina il Laboratorio di genetica evolutiva. I suoi principali interessi riguardano l'evoluzione del genoma e del cariotipo di insetti di interesse agrario.

CREATION

Chiara Ceci critico cinematografico per un giorno



Titolo* Creation
Genere Biografia, drammatico
Anno 2009
Paese Regno Unito
Produzione Recorded Picture Company (RPC), BBC Films, HanWay Films, Ocean Pictures, UK Film Council, MSM Studios
Regia Jon Amiel
Cast Paul Bettany, Jennifer Connelly
Soggetto scientifico Charles Darwin, teoria dell'evoluzione

*L'unica edizione disponibile è quella originale, britannica.

LA TRAMA

In un intreccio di narrazioni di diversi momenti della vita privata e del lavoro di Charles Darwin, *Creation* racconta la storia dei travagliati anni in cui il naturalista inglese riflette sulla trasformazione delle specie nel tempo. Rientrato in Inghilterra nel 1836 dopo il viaggio attorno al mondo a bordo del brigantino *Beagle*, Darwin comincia a elaborare l'idea alla quale avrebbe lavorato per i due decenni successivi: l'idea che le specie siano tutte imparentate tra loro e si siano differenziate a partire da un antenato comune nel corso delle ere geologiche, attraverso il meccanismo di selezione naturale.

Il film ci mostra molto bene come la pubblicazione dell'*Origine delle specie*, avvenuta solo nel 1859, sia la fine di un lungo percorso intellettuale e biografico, che vede Darwin da un lato tormentato dalla portata delle implicazioni delle sue scoperte e dall'altro sconvolto dalla morte prematura, a soli dieci anni, della sua secondogenita Annie, nel 1851. Il tragico evento è al centro anche della narrazione di *Creation*, costruita come un turbinio di flashback attorno alla figura di Annie.

Nei ricordi e nelle visioni del padre, la bambina si fa raccontare delle storie: per lei Darwin rievoca alcuni momenti del suo viaggio sul *Beagle*, come il fallito tentativo del capitano Fitzroy di "civilizzare" alcuni bambini della Terra del Fuoco, o il suo rapporto speciale con Jenny, una piccola orangutan catturata nelle foreste del Borneo e poi trasferita allo zoo di Londra. Intanto, nella sua casa di Down, a sud di Londra, arrivano a trovarlo gli amici-colleghi che lo spronano a pubblicare le sue idee. Darwin, però, è combattuto e solo quando lo raggiunge la lettera di un altro naturalista, Alfred Russell Wallace, giunto alle sue stesse conclusioni, si decide a uscire allo scoperto. Sembra esserci un ultimo ostacolo: la fede dell'amata moglie Emma, con cui Darwin si confronta sull'opportunità di pubblicare l'*Origine delle specie*. Il naturalista le consegna l'opera, lasciando a lei la scelta se mandarla in stampa o meno. Nonostante alcune implicazioni delle scoperte del marito non le piacciono Emma, colpita dalla potenza delle sue idee e conscia della loro importanza scientifica, ci stupisce. E il pacco con il manoscritto viene finalmente inviato all'editore.

IL COMMENTO

Creation è la storia di come Darwin è arrivato alla meta. È la storia del viaggio, questa volta solo mentale, che lo ha portato a scrivere uno dei libri più importanti del pensiero umano.

Il film, che ci regala un bellissimo ritratto di Darwin come uomo, padre, marito e scienziato, nasce come adattamento del libro *Casa Darwin* di Randal Keynes (Einaudi, 2007), che dei Darwin è un nipote, e ne segue da vicino lo sguardo familiare.

Il grande naturalista inglese non è stato il primo a sostenere che le specie cambiano nel tempo: anche suo nonno Erasmus si era occupato della questione. È il primo, però, ad avere intuito quale sia il meccanismo che spiega questo cambiamento: la selezione



CHIARA CECI

È naturalista e si occupa di comunicazione della scienza. Dottoranda presso l'Università di Milano Bicocca, sta completando le sue ricerche in storia della scienza e dell'educazione scientifica all'University College di Londra. È stata la coordinatrice scientifica della mostra Darwin 1809-2009, è membro del consiglio direttivo della Società italiana di biologia evolutiva ed è redattrice di Pikaia, il portale italiano dell'evoluzione (www.pikaia.eu).



WEBPHOTO

naturale. Si tratta di un'idea destinata a cambiare il modo con cui l'essere umano guarda alla natura e al posto che egli occupa al suo interno. Nella scena in cui gli amici Joseph D. Hooker e Thomas H. Huxley raggiungono Darwin a Down per convincerlo a pubblicare le sue scoperte, Huxley si complimenta per il lavoro, aggiungendo l'espressione «lei ha ucciso Dio». Certo, sostenere che gli esseri umani e gli altri organismi non sono il frutto di una creazione divina, ma di una serie lunghissima di eventi casuali guidati da meccanismi naturali non significa necessariamente "uccidere Dio" (ancora oggi molti scienziati conciliano posizioni evoluzioniste e fede religiosa); è però indubbio che un'affermazione del genere non sia priva di implicazioni che trascendono i suoi contenuti scientifici.

Oltre che la sua straordinaria idea, il film ci mostra anche il metodo di lavoro del naturalista, alle prese con esperimenti quotidiani. Scopriamo così la routine delle osservazioni e nel racconto dell'indagine sulla selezione artificiale nei colombe seguiamo anche le fasi più crude del lavoro, con l'uccisione degli animali e la preparazione degli scheletri per l'analisi.

Da un punto di vista didattico, questa parte è interessante perché mostra "il duro lavoro" dello scienziato. Non si tratta "solo" di avere qualche idea brillante per interpretare ciò che si vede in natura: oggi come allora bisogna essere pronti a lavorare con pazienza e dedizione su esperimenti, misurazioni, descrizioni.

Un aspetto della narrazione che colpisce profondamente è la tenerezza espressa da Darwin nei confronti della piccola orangutan. Quando Darwin racconta ad Annie la storia di Jenny lo fa con un carico affettivo che forse non ci si aspetterebbe dallo scienziato che ne studiava i comportamenti. Invece, dalle rievocazioni emerge la grande empatia che si è creata con

IN RETE!

Il Film Scheda dell'Internet movie database. www.imdb.com/title/tt0974014
Sito ufficiale. <http://creationthemovie.com>



l'animale, a testimonianza di come quel grande scienziato che sapeva essere un freddo osservatore era prima di tutto un essere umano pieno di calore.

Il Darwin affettuoso e premuroso emerge,

ovviamente, anche nei confronti dei suoi bambini. Ma in questo caso è l'uomo che sfuma nello scienziato, preoccupato di annotare i vari comportamenti dei figli fin dalla nascita. E una volta cresciuti sono i bambini a incuriosirsi del lavoro del padre. Lo seguono nelle sue esplorazioni nel bosco, imparano i nomi degli organismi che incontrano e insieme a lui cercano di capire i meccanismi della natura.

Se vogliamo trovare un difetto al film, diciamo che forse a tratti non è immediato seguire il filo temporale delle vicende e che se da un lato la presenza del "fantasma" di Annie in quasi tutte le scene ci permette di entrare con efficacia nelle angosce del padre, dall'altro può anche confondere.

Creation, comunque, è coerente alle vicende biografiche (anche in alcuni piccoli dettagli come l'accento scozzese della tata Brodie, che scozzese lo era davvero) e, nonostante alcune piccole "licenze poetiche" (come il fatto che i bambini rimangono uguali per tutto il film, mentre la storia abbraccia un certo numero di anni), dipinge sicuramente un quadro fedele di quello che possiamo immaginare come il Darwin privato. Per saperne di più il materiale non manca: ci sono centinaia di libri sulla vita di Darwin e della sua famiglia e tutte le sue opere sono liberalmente consultabili su Internet (<http://darwin-online.org.uk>). ●



IN GIRO PER LA RETE

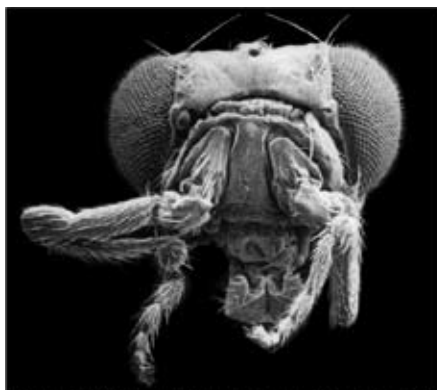
Internet è una vera miniera di pagine di scienza: siti istituzionali, blog, canali video, riviste online e altro ancora. Pagine che parlano di scienza o che, con la scienza, ci giocano. Anche voi lettori – docenti, studenti o classi intere – avrete sicuramente i vostri “preferiti”. Potete inviarci le vostre segnalazioni, accompagnate da un commento originale, all’indirizzo linxmagazine@pearson.it.

Il Dna dal principio

Tutta la genetica in un sito: è *DNA from the beginning*, il manuale animato messo a punto dal Dolan DNA Learning Center degli Stati Uniti. Settantacinque esperimenti che hanno segnato la genetica suddivisi in tre sezioni, nelle quali i concetti chiave sono affrontati con brevi spiegazioni, animazioni, gallerie di immagini e video interviste. Si comincia dalla *Classical Genetics*, con l’ereditarietà dei caratteri, i criteri della loro trasmissione, gli studi di Gregor Mendel e la scoperta dei geni, i fattori “discreti”. Alle molecole deputate alla conservazione e al trasferimento dell’informazione genetica è dedicata la sezione *Molecules of Genetics*, in cui si affrontano DNA, RNA, proteine e mutazioni. Infine, sul funzionamento dei geni e sul controllo della loro attività c’è *Genetic Organization and Control*. Oltre a un ricco materiale multimediale, il sito mette a disposizione le biografie degli scienziati che hanno contribuito alla definizione della genetica moderna e molti link per approfondimenti utili a studenti e insegnanti. Non basta? Ci sono anche un blog e una mailing list.

www.dnafb.org

Foto: Copyright, Cold Spring Harbor Laboratory. All rights reserved.



Scienza con i Simpsons

C’è l’episodio in cui Homer vola in assenza di gravità e quello in cui Bart sperimenta la forza di Coriolis. C’è la sigla che ripercorre la storia dell’evoluzione e l’esperimento di Lisa per dimostrare che suo fratello è più ottuso di una cavia di laboratorio. Che *I Simpsons* non fosse soltanto un cartone animato pensato per intrattenere è noto da tempo. Oltre all’intrattenimento, per esempio, offre moltissimi spunti di scienza, come mostra questo sito: una preziosa raccolta degli episodi più significativi dal punto di vista scientifico. Gli spezzoni, in formato MPEG e facilmente riproducibili, possono essere scaricati, conservati e utilizzati in classe come materiale didattico per introdurre alcuni concetti di chimica, fisica e biologia. E se si è grandi appassionati di scienza e di Simpsons, si possono anche segnalare nuovi episodi ai curatori del sito.

www.lghs.net/ourpages/users/dburns/scienceonsimpsons/clips.html

Foto: Webphoto

Moebius on air

Moebius ha tante anime. È un grande contenitore che si occupa di scienza: un po’ rivista online un po’ blog, mette insieme i temi dell’attualità scientifica, le recensioni sulle novità in libreria, le domande all’esperto e la scienza in cucina. Ma è anche una trasmissione radiofonica che va in onda il sabato alle 20, su Radio24. In cinque anni di programmazione la trasmissione, ideata e condotta dal giornalista Federico Pedocchi, ha affrontato tantissimi argomenti: alimentazione e innovazione tecnologica, musica e neuroscienze, biologia e meteorologia e tanti altri. Ogni puntata dura circa un’ora: si può seguire la diretta, la replica (la domenica alle 23:05), oppure riascoltare quanto già andato in onda dalla sezione *Trasmissioni* del sito: viva il podcast!

www.moebiusonline.eu

Technology Review

Il MIT, Massachusetts Institute of Technology, è un importantissimo polo di ricerca e innovazione degli Stati Uniti che attrae i migliori talenti da tutto il mondo. Tra di essi vi sono anche molti italiani e proprio dalla loro esperienza nasce la versione italiana di *Technology Review*, sito e rivista già pubblicati in inglese, dedicati all'innovazione. Una pagina iniziale costantemente aggiornata dagli interventi di scienziati e ricercatori che lavorano al MIT su una sorprendente quantità di argomenti: biotecnologie ed economia, informatica e legislazione, Internet e trasporti. In più, naturalmente, la rivista interamente consultabile online e tutte le risorse, tra cui i video, della versione inglese. Un luogo da non perdere per conoscere le idee che cambieranno il mondo.

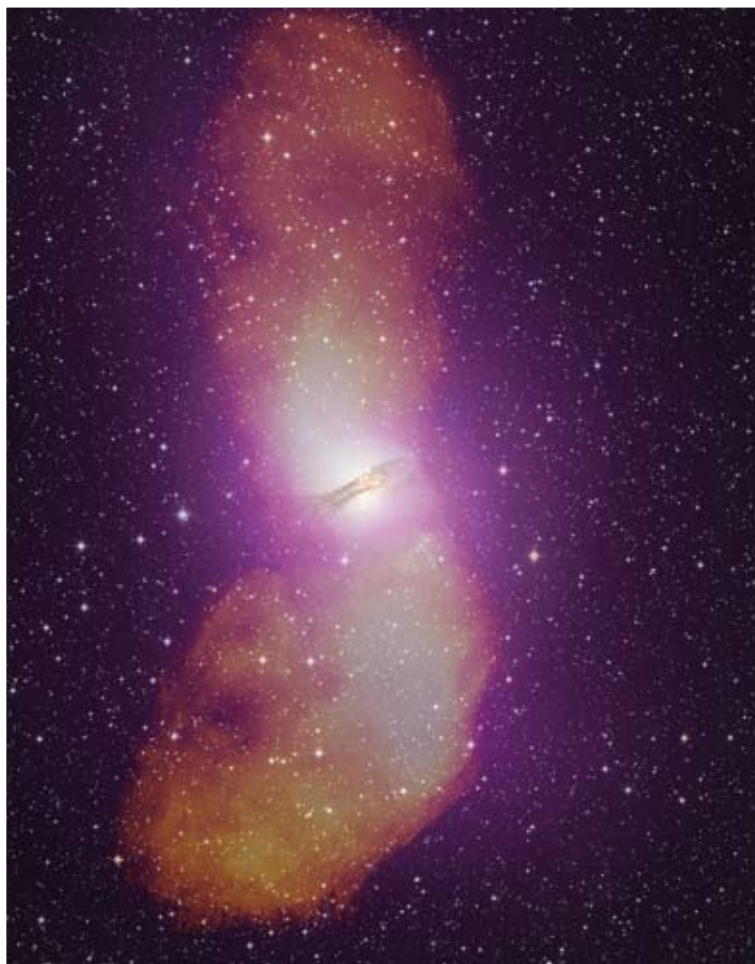
www.technologyreview.it

Chimica per la scuola

Energie rinnovabili, riscaldamento globale, biocarburanti, green economy: dietro a molte sfide tipiche dei nostri giorni si nasconde una buona dose di chimica: *ChemMatters*, il magazine digitale dell'American Chemical Society, dedicato agli studenti delle scuole superiori, offre ottimi spunti per conoscerla meglio. La rivista è a pagamento ma il sito mette a disposizione gratuita degli utenti una cospicua selezione di articoli, anche d'archivio, oltre a un *Video Podcast* con brevi ed esaurienti filmati che spiegano l'importanza della chimica: dalle nanotecnologie ai metodi di investigazione scientifica, dai nuovi materiali come le bioplastiche alla depurazione delle acque. E per facilitare l'utilizzo in classe ogni numero è associato a una *Teacher's Guide* con esercizi e domande che guidano la lettura e la discussione.

[http://portal.acs.org/cercare "ChemMatters"](http://portal.acs.org/cercare/ChemMatters)

Foto: Carolina K. Smith, M.D.



L'Universo in un'app

Il settore delle *app*, i software progettati per smartphone e tablet, è uno dei più vivaci dell'informatica. A pagamento o gratuite, grazie alle app possiamo mandare messaggi, collegarci ai social network, leggere notizie, giocare, reperire informazioni, misurare il nostro stato di salute e così via. Ora potremo anche scrutare l'Universo con *Fermi Sky*, app sviluppata per visualizzare le informazioni raccolte dal satellite Fermi, che dal 2008 rileva i raggi gamma in viaggio nello spazio, con l'obiettivo di saperne di più sulla struttura e l'evoluzione dell'Universo. Diverse le funzioni disponibili: "Track" mostra in ogni momento la posizione del satellite; "News" offre notizie e dati tecnici; "Maps" permette di vedere l'Universo attraverso le mappe del satellite. Disponibile per ora soltanto per iPhone, iPad e iPod touch, presto sarà pronta anche per i dispositivi Android. Costo dell'app: zero.

<http://itunes.apple.com/us/app/fermi-sky/id436036936?mt=8>

Foto: NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration, Capella Observatory, and Ilana Feain, Tim Cornwell, and Ron Ekers (CSIRO/ATNF), R. Morganti (ASTRON), and N. Junkes (MPHR)



GALILEO AVEVA TORTO?

Nel 2011 non ricorrono solo i 150 anni dell'Unità d'Italia, ma anche quelli della nascita del fisico parigino Pierre Duhem (1861-1916). In questi mesi oltralpe non sono mancate le discussioni sulla figura originale e controversa di Duhem, docente all'Università di Bordeaux, cattolico assai conservatore, prolifico autore di testi scientifici e di storia della scienza e grande critico del metodo scientifico galileiano.

L'esperimento smontato

Considerato uno dei fondatori della moderna chimica fisica, Duhem alla fine dell'Ottocento svolse una critica del positivismo di grande originalità. All'ideale positivistico di scienza che esaltava l'esperimento rispetto alla teorizzazione e che incitava a diffidare delle ipotesi per abbandonarsi fiduciosi alla salda base dei fatti, Duhem oppose una critica radicale, contestando la centralità dell'esperimento nell'impresa scientifica. Egli osservò che i fatti scientifici non possono mai essere separati da un contesto teorico. Nella scienza, dunque, un fatto (per esempio un risultato sperimentale) non è mai semplicemente qualcosa che si osserva tal quale, ma piuttosto qualcosa che dipende anche dal complesso sistema di ipotesi da cui lo si osserva. E quello che l'esperienza mette alla prova non è mai una singola ipotesi isolata, ma un intero sistema di ipotesi.

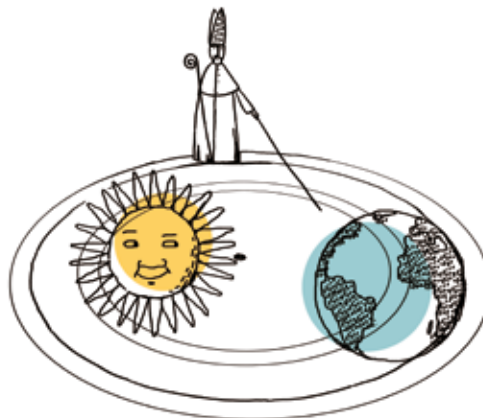
Prima le teorie

Se però la scienza non può fare riferimento a una "base fattuale" sicura, allora cade la pretesa di poter derivare teorie dai fatti, poiché i fatti non esistono prima delle teorie e senza di esse. Dunque, secondo Duhem, cade l'idea di metodo scientifico che si aveva da Galileo in poi. Non si tratta di partire da un'evidenza empirica per formulare un'ipotesi da sottoporre al vaglio di nuovi controlli empirici ma, al contrario, di partire dalle teorie per passare solo in un secondo momento alla verifica sperimentale. In altre parole, per quanto riguarda l'ambito fisico: prima vengono sistemi di equazioni da cui si deriva l'ipotesi di conseguenze fisiche lecite dal punto di vista matematico, e poi avviene la verifica con l'esperienza fisica. Da sperimentale (induttivo), il metodo diventa ipotetico-deduttivo.

Convenzionalità della scienza

Il controllo sperimentale, tuttavia, mostra un altro aspetto critico: per Duhem, infatti, esso non sarà mai la prova definitiva della verità delle ipotesi di partenza. Anzitutto perché un conto sono i rigorosi schemi matematici che formano una teoria e tutt'altro conto sono i responsi dell'esperienza, per loro natura sempre più o meno approssimati. Non solo: poiché la verifica sperimentale può essere fatta solo su alcune conseguenze delle ipotesi teoriche, anche nel caso in cui sembri confermare gli assunti di

partenza questo non significa automaticamente che essi siano validi: dal punto di vista logico è infatti plausibile ammettere la possibilità di giungere alle medesime conseguenze partendo da premesse differenti. Ecco perché, secondo Duhem, le teorie scientifiche non forniscono conoscenze certe sulla realtà oggettiva, ma sono piuttosto convenzioni.



Le ragioni della Chiesa

Questa concezione fu impiegata da Duhem per sostenere l'atteggiamento tenuto nel XVII secolo dalla Chiesa cattolica nei confronti della scienza e di Galileo Galilei in particolare.

Ricordiamo che in gioco c'erano due differenti teorie circa la posizione della Terra nell'Universo. Secondo la teoria tolemaica, il nostro pianeta sta fermo al centro, con il Sole, la luna, le stelle e gli altri pianeti a girargli attorno. Secondo quella copernicana, invece, al centro c'è il Sole, ed è attorno a questa stella che girano astri e pianeti. Galilei sostenne la cosmologia copernicana e fu per questo processato e condannato per falsa dottrina dalla Chiesa.

Duhem però sostenne che, dal punto di vista logico, poiché sia la teoria geocentrica tolemaica sia quella eliocentrica copernicana sono solo strumenti alternativi di organizzazione dell'esperienza, non è possibile affermare partendo da una di queste che realmente la Terra si muove. Per questo Galilei avrebbe avuto torto, mentre giusta era la posizione della Chiesa e, in particolare, del gesuita cardinale Bellarmino quando sosteneva che si dovesse ammettere la teoria copernicana solo come pura ipotesi matematica, utile per operare calcoli sul movimento dei corpi celesti, e non come teoria fisica capace di spiegare la realtà. ➔



FABIO CIOFFI

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

PER APPROFONDIRE



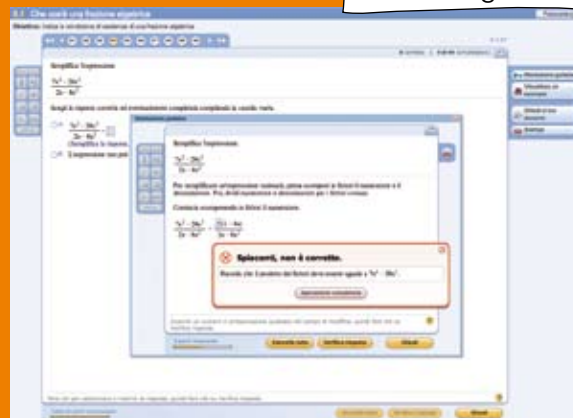
— P. Redondi, *Epistemologia e storia della scienza. Le svolte storiche da Duhem a Bachelard*, Feltrinelli, Milano 1978.

è ora disponibile

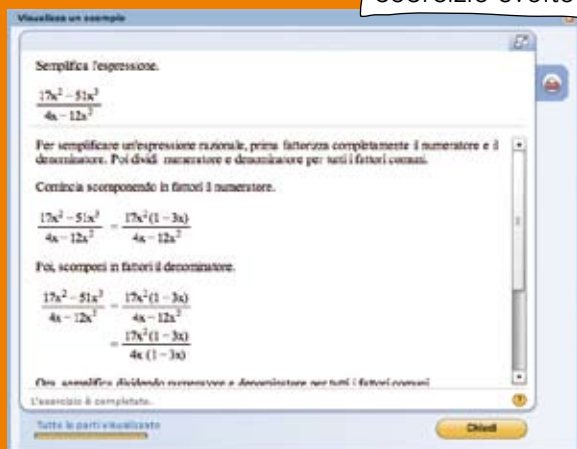
MyMathLab

la nuova piattaforma digitale
per l'insegnamento
e lo studio della matematica

esercizio guidato



esercizio svolto



Insegnare con MyMathLab

- Tutto sotto controllo
- Il vantaggio della personalizzazione per non lasciare indietro nessuno
- L'insegnante verifica e misura quotidianamente l'andamento della classe e del singolo studente

Apprendere con MyMathLab

- Lo studente non è mai solo di fronte alle difficoltà
- Per ogni studente, migliaia di esercizi
- Di fronte al primo ostacolo, c'è l'esercizio guidato
- Se non basta, c'è il tutor che guida alla soluzione dell'esercizio assegnato



Per informazioni vai sul sito
www.mymathlab.it

Per ottenere l'accesso alla piattaforma cerca e
contatta il tuo consulente Pearson:
<http://mmlitaliano.pearsoncmg.com/contatti>

Per chiedere supporto MyMathLab:
<http://mmlitaliano.pearsoncmg.com/supporto>



www.linxedizioni.it

informazioni sul catalogo Linx
tutte le risorse digitali associate ai corsi
materiali extra
rassegna stampa web sul mondo della scienza
news ed eventi
blog d'autore
l'edizione online di Linx Magazine
l'Osservatorio sulla didattica delle scienze

Inoltre, iscrivendosi al sito potrà ricevere
la nostra **newsletter mensile** che la terrà
aggiornata sulle novità pubblicate sul sito:
spunti per attività didattiche,
segnalazioni di eventi scientifici
e notizie dall'editore.



Desidera ricevere Linx Magazine in **abbonamento gratuito** direttamente a casa?
Può iscriversi sul sito Linx Edizioni o compilare il modulo sottostante e inviarlo al fax 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 ed 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 via fax al numero 011 75021510 o via posta a Linx – Pearson Italia S.p.A – Corso Trapani 16 – 10139 Torino

Per qualsiasi informazione sulla Newsletter o sul Magazine può scrivermi a info.newsletterscuola@pearson.it