

LA SCIENZA IN CLASSE



**ATTUALITÀ PER LA CLASSE**

**Immunità contro il cancro**  
di **Tiziana Moriconi**

- Con scheda didattica di **Monica Menesini**

2

**ATTUALITÀ PER LA CLASSE**

**Sotto la crosta: studiare la parte nascosta della Terra**  
di **Donato Ramani**

- Con scheda didattica di **Antonio Varaldo**

9

**STORIE DI SCIENZA**

**Molecole vitali**  
di **Vincenzo Guarnieri**

- Con scheda didattica di **Vincenzo Guarnieri**

27

**ATTUALITÀ PER LA CLASSE**

**Piante su Marte**  
di **Valentina Tudisca**

- Con scheda didattica di **Antonio Varaldo**

16

**STORIE DI SCIENZA**

**Donne e scienza: vita da pioniere**  
di **Sara Sesti**

33

**ATTUALITÀ PER LA CLASSE**

**Tutto su Giove, sonda dopo sonda**  
di **Barbara Scapellato**

- Con scheda didattica di **Barbara Scapellato**

22

**SEGNALAZIONI**

**Scienza da non perdere**  
di **Valentina Murelli**

38

# Immunità contro il cancro

di **Tiziana Moriconi**

Nelle prime fasi di un tumore, il sistema immunitario riesce a riconoscerlo e ad attaccarlo, ma a un certo punto questa capacità viene meno e il tumore ha la meglio. Nuove strategie terapeutiche, sempre più promettenti, puntano a potenziare il sistema immunitario per sconfiggere la malattia. Vediamo di cosa si tratta.

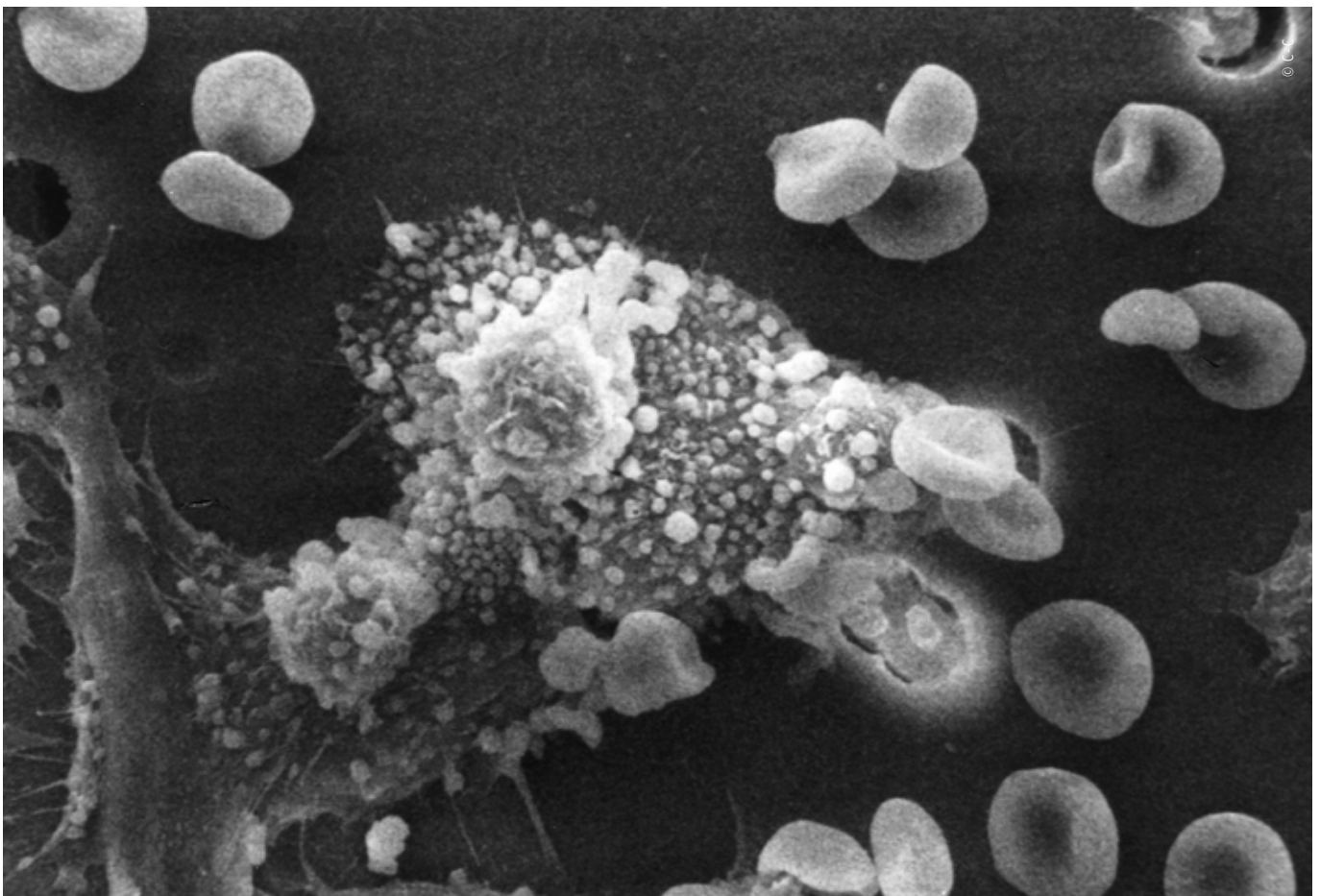


Immagine al microscopio di macrofagi che iniziano a fondersi e ad iniettare tossine nella cellula tumorale

Il nostro sistema immunitario è molto complesso, ma il principio sul quale si basa è semplicissimo: essenzialmente, quello che fa è distinguere il *sé* (le nostre cellule, i nostri tessuti, i nostri organi) dall'*altro* (i parassiti, gli organi estranei ecc.). La domanda quindi è: dal momento che un tumore è fatto di cellule mutate geneticamente, quindi in parte diverse

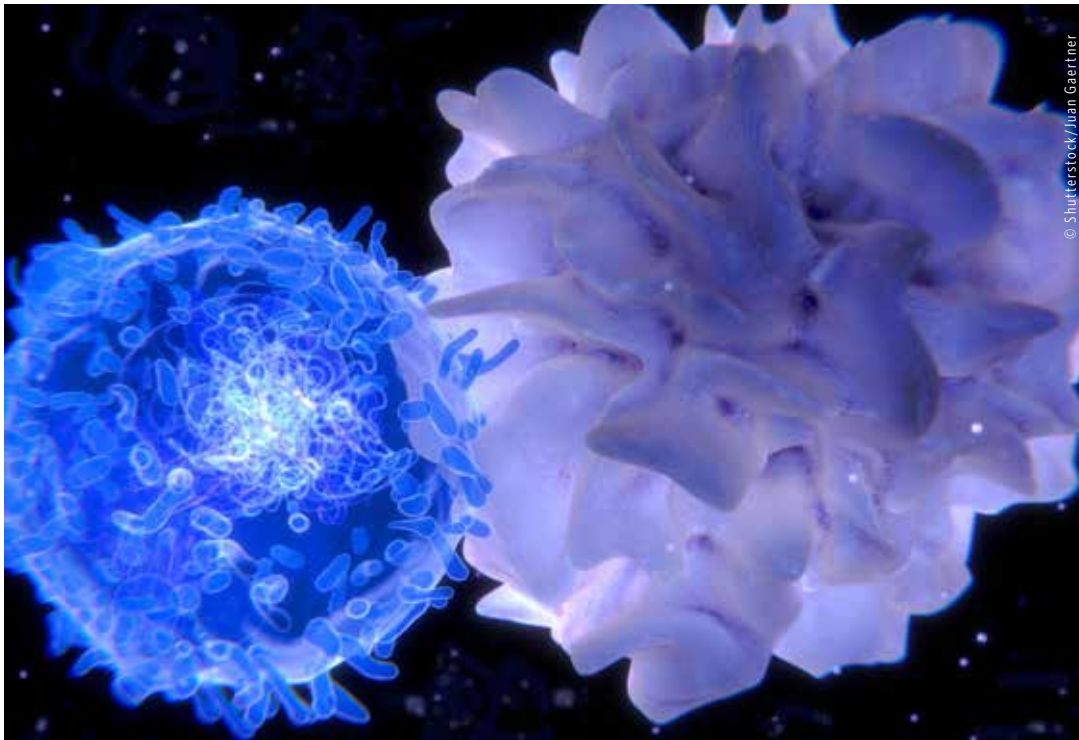
dalle cellule sane, l'armamentario da difesa che possediamo potrebbe riconoscere e distruggere il cancro nello stesso modo in cui riconosce ed eradica un virus dell'influenza?

## L'INTUIZIONE DI EHRlich

La questione se l'era posta, oltre cento anni fa, uno dei padri dell'immunologia: Paul Ehrlich,



Illustrazione del momento di interazione tra cellula dendritica e linfocita T



geniale microbiologo tedesco che ha coniato alcuni famosi termini che ci portiamo ancora dietro (come anticorpo e chemioterapia), ha messo a punto il primo farmaco sintetico contro la sifilide e per le sue scoperte sul sistema immunitario ha vinto nel 1908 il Premio Nobel per la medicina e la fisiologia, insieme al russo Il'ja Mečnikov. Ebbene, anche quella sua intuizione era corretta, come aveva poi provato per la prima volta un altro pioniere dell'immunologia, l'americano William Bradley Coley, nel 1898. Iniettando in pazienti malati di tumore una sorta di vaccino ottenuto con frammenti di batteri, Coley aveva scatenato una forte risposta immunitaria in grado di ridurre le masse tumorali.

#### VERSO UNA NUOVA AVVENTURA

Ora facciamo un salto nel tempo e torniamo al 2016. È ottobre e siamo a Copenaghen, al congresso europeo di oncologia (Esmo).

Tra i molti studi presentati ce n'è qualcuno che attira parecchia attenzione. Sono sperimentazioni che stanno cambiando la vita dei pazienti con il melanoma (che colpisce anche i giovanissimi), con il cancro del polmone, del rene e della vescica: tumori per i quali non avevamo molte armi a disposizione e che ora sono stati trattati con farmaci nuovi e molto promettenti.

Li chiamano *immunoterapie*. Con questo termine si intendono tutti i farmaci e i prodotti biologici (come i vaccini) che mirano a stimolare il sistema immunitario affinché reagisca contro il "nemico",

invece che colpirlo direttamente. Il principio non è certo nuovo, quindi, ma in questo caso è stato applicato efficacemente alla cura dei tumori, proprio come aveva immaginato Ehrlich. Insomma, dopo anni di tentativi e studi, questo approccio sta dando dei risultati e si comincia a parlare di *immuno-oncologia* (cioè, per l'appunto, l'uso degli immunoterapici in oncologia).

È chiaro a tutti – ricercatori in primis – che siamo solo all'inizio di un'avventura. Nessuno sa dove porterà questa strada ed è bene ricordarlo subito: si parla di speranze, non di certezze, perché le sperimentazioni sono ancora in corso.

Quel che è sicuro è che per la medicina è comunque una rivoluzione: l'immuno-oncologia è un modo completamente nuovo di affrontare il cancro.

#### PRIMO: (RI)CONOSCI IL TUO NEMICO

Perché il sistema immunitario, da solo, non riesce a tenere a bada le cellule cancerose? In realtà lo fa nella maggior parte dei casi. Il fatto è che, a un certo punto, le cellule tumorali diventano molto brave ad eluderlo. «All'inizio il sistema immunitario vede le cellule tumorali come un *sé modificato*, diverso, e le attacca», spiega Maria Rescigno, direttrice del Programma di immunoterapia dell'Istituto europeo di oncologia (Ieo) di Milano e ricercatrice Airc (Associazione italiana per ricerca sul cancro). Ecco cosa avviene normalmente: le cellule dendritiche – un tipo di cellule del sistema immunitario, che ne rappresentano una specie di avamposto – intercettano gli antigeni presenti

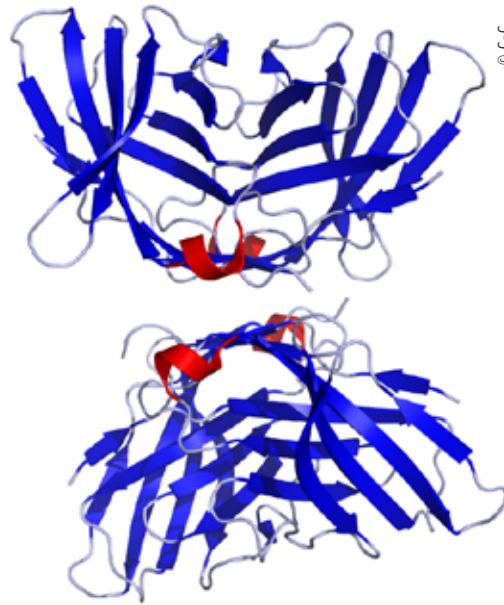
sulle cellule tumorali. In generale, un antigene è qualunque molecola capace di stimolare una reazione immunitaria e nel caso specifico gli antigeni tumorali altro non sono che proteine mutate presenti sulla superficie del tumore, e perciò diverse da quelle che si trovano sulle cellule sane. Dopo averlo intercettato, le cellule dendritiche inglobano l'antigene al loro interno e migrano nei linfonodi dove passano l'informazione su come riconoscere questo nemico ai linfociti T citotossici (i *killer* del nostro sistema immunitario), che dovranno svolgere il "lavoro sporco". Allertati e istruiti, infatti, i linfociti T killer si moltiplicano e vanno alla ricerca di quello stesso antigene. Una volta individuato vi si legano e rilasciano sostanze in grado di uccidere le cellule tumorali. «Ad un certo punto però – continua Rescigno – il tumore stesso fa in modo di essere percepito come *sé*. In pratica, induce una tolleranza nei suoi confronti, e lo fa in almeno due modi: da una parte non espone più sulla sua superficie gli antigeni che avevano provocato la risposta iniziale, dall'altra rilascia molecole che frenano i linfociti T citotossici.» Ecco quindi la filosofia, molto semplice, sulla quale si basa l'immuno-oncologia: rieducare il sistema immunitario affinché torni a riconoscere il cancro come *non sé*.

### I NUOVI VACCINI ANTICANCRO

Come si fa? Con il vecchio metodo del vaccino, realizzato però servendosi delle nuove conoscenze della genomica: «Si prende un piccolo campione di tumore asportato durante un intervento chirurgico e ne si analizza il DNA», spiega Rescigno. «Le sequenze ottenute vengono inserite in una *library* digitale (una sorta di catalogo) e confrontate con quelle delle cellule di individui sani. L'obiettivo è individuare le differenze nei geni che codificano per gli antigeni. A questo punto, sulla base delle porzioni mutate di DNA, si generano sinteticamente dei frammenti (peptidi) di questi antigeni e li si usa per formulare il vaccino. L'obiettivo è attivare i linfociti T citotossici in modo altamente specifico contro questi antigeni.» Ad oggi i vaccini anticancro sono in studio soprattutto per il melanoma, perché è il tumore più immunogenico (cioè, quello che più facilmente scatena una risposta immunitaria).

### CHECKPOINT!

Abbiamo detto che il tumore è anche in grado di rilasciare molecole che "addormentano" il sistema immunitario. Per l'esattezza, altro non



Il CTLA-4 è una proteina in grado di inibire il sistema immunitario

fa che sfruttare il "sistema di sicurezza" che nelle persone sane evita le risposte immunitarie quando non servono. Questo sistema di sicurezza usa proteine che si legano ai linfociti T e li "frenano". I ricercatori le chiamano *checkpoint* (posti di blocco), e un'intuizione felice dell'immuno-oncologia è stata quella di provare a eliminare questi freni.

L'idea venne a Jim Allison, allora direttore del Cancer Research Laboratory dell'Università della California di Berkeley, negli anni Novanta. In un articolo pubblicato su *Science* nel 1996, Allison dimostrava che iniettando nei topi un anticorpo in grado di inibire l'azione del checkpoint CTLA-4 (Cytotoxic T lymphocyte-associated molecule-4), si poteva arrestare la crescita dei tumori. Non solo: l'anticorpo sembrava conferire l'immunità anche verso una successiva esposizione degli animali alle cellule tumorali. In sostanza, il sistema immunitario era tornato in grado di aggredire il cancro.

### GIÙ IL FRENO

Per passare dalle sperimentazioni sugli animali a un farmaco per gli esseri umani ci sono voluti circa 14 anni. Sei anni fa, infatti, il *New England Journal of Medicine* pubblicava il primo studio clinico sull'inibitore del CTLA-4 in pazienti con melanoma avanzato. La molecola – come spesso accade in medicina – ha un nome complicato: Ipilimumab. I risultati mostravano che questo rivoluzionario farmaco era in grado di prolungare la vita dei pazienti ma, ancora più importante, per alcuni di loro l'effetto sembrava persistere: in alcuni casi, i pazienti erano persino apparentemente guariti dal melanoma. I risultati si possono riassumere in una frase: piccoli

benefici per molti, enormi benefici per pochi, in ogni caso insperati e mai osservati prima. Ipilimumab è stato approvato dalle agenzie regolatorie americana ed europea del farmaco (Fda e Ema) per la messa in commercio nel 2011. Da allora, altri inibitori dei checkpoint sono stati messi a punto. Il secondo si chiama pembrolizumab e sblocca un altro importante freno individuato dai ricercatori: PD-1 (Programmed cell Death-1). I nuovi dati su questo farmaco mostrano che è molto più efficace della chemioterapia nel tumore del polmone, tanto che, in alcuni casi selezionati, potrebbe sostituirla in un prossimo futuro.

### I PROSSIMI PASSI

Fino ad oggi sono stati condotti studi clinici sui vaccini e sugli inibitori degli immuno-checkpoint separatamente, ma il prossimo passo sarà combinare le due strategie. Soprattutto per i tumori non immunogenici, togliere i freni non basta: perché la “macchina” si muova bisogna metterla in discesa, potenziando la risposta immunitaria con i vaccini.

Non è tutto: come abbiamo visto c'è un “però” che placa l'entusiasmo. Questi farmaci innovativi non funzionano per tutti nello stesso modo, e la sfida sarà quella di capire, prima ancora di somministrarli, per quali pazienti saranno efficaci e per quali no: la nuova frontiera della medicina personalizzata. Una frontiera importante per i malati stessi, prima di tutto, ma anche per la sostenibilità del Sistema sanitario nazionale, dal momento che queste cure sono molto costose. ●



Purtroppo oggi non tutte le persone malate di tumore trattate con immunoterapia rispondono nello stesso modo

### MACROFAGI TRADITORI

Nel microambiente in cui è immerso il tumore si trovano anche cellule sane. Alcune di queste sono macrofagi, cellule del sistema immunitario che proteggono l'organismo fagocitando microrganismi e particelle estranee. I macrofagi sono potenzialmente in grado di colpire il cancro, ma invece di svolgere il loro lavoro si comportano come poliziotti corrotti e aiutano la crescita e la diffusione delle metastasi, per esempio promuovendo la formazione di nuovi vasi sanguigni. Ancora: preparano un microambiente infiammatorio che facilita l'insediamento delle cellule neoplastiche. Vengono chiamati Tam (macrofagi associati al tumore) e da tempo si cercano strategie per colpirli. La svolta potrebbe arrivare grazie a *Ecteinascidia turbinata*, un piccolo invertebrato marino che produce una molecola, la trabectedina, che sembra in grado di neutralizzare i Tam. La scoperta è frutto di una collaborazione tra diversi poli di ricerca milanesi.

### PER APPROFONDIRE

- Couzin-Frankel J., *Cancer Immunotherapy*, in *Science*, 2013, vol. 342, pp. 1432-1433.  
[link.pearson.it/6ECFB558](http://link.pearson.it/6ECFB558)
- Farrell A., *Immune Surveillance*, in *Nature Milestones Cancer*.  
[link.pearson.it/F7C6E4E2](http://link.pearson.it/F7C6E4E2)
- Mantovani A., *Immunità e vaccini*, Mondadori, Milano 2016.
- Mantovani A., *La promessa dell'immunoterapia*, in *Le Scienze*, vol. 574, giugno 2016.
- Weintraub K., *Come difendersi dal cancro*, in *Le Scienze*, vol. 574, giugno 2016.
- *The story of Yervoy (ipilimumab)*, Cancer Research Laboratory, UC Berkeley.  
[link.pearson.it/19C885CE](http://link.pearson.it/19C885CE)
- *Immunoncologia*, opuscolo informativo a cura dell'Associazione italiana di oncologia medica.  
Scaricabile da [link.pearson.it/8977985F](http://link.pearson.it/8977985F)

**Tiziana Moriconi**  
giornalista scientifica, collabora con Galileo, Le Scienze, D la Repubblica online, Wired.it.



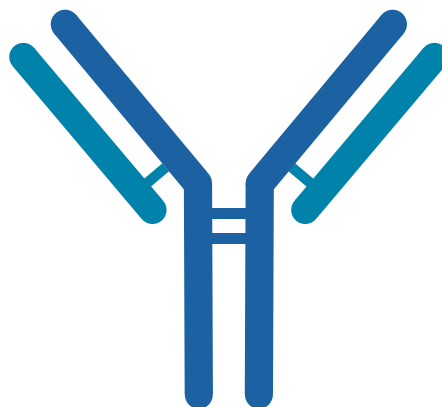
## Scheda Didattica / Immunità contro il cancro

di **Monica Menesini**

### DOMANDE E ATTIVITÀ

**1.** Il riconoscimento del *non self* (l'altro da sé) è di fondamentale importanza per il corretto funzionamento del sistema immunitario. Esso si basa su due presupposti: la presenza, sulla superficie di tutti gli organismi, di particolari sostanze (in genere proteiche) che sono uniche e diverse per ogni specie e per ogni individuo e la possibilità da parte del sistema immunitario di produrre un numero enorme di anticorpi (si stima fino a 10 miliardi), proteine specializzate per interagire con tutto quello che è estraneo. Il riconoscimento tra l'anticorpo e il *non-self* si basa sulla complementarità di forma tra la molecola estranea, detta antigene, e la porzione variabile di un anticorpo. Usando il tuo libro di testo o altre fonti, ricerca informazioni sul meccanismo che genera un così alto numero di anticorpi a partire da un numero di geni di molti ordini di grandezza inferiore.

**2.** Gli anticorpi o immunoglobuline sono molecole proteiche prodotte dai linfociti. Esse sono costituite da due catene pesanti (H, dall'inglese "heavy"), di circa 400 aminoacidi, e da due leggere (L, dall'inglese "light"), di circa 200 aminoacidi, tenute insieme da legami chimici. Usando l'enzima papaina, le immunoglobuline vengono tagliate in 3 frammenti costituiti dai due bracci e dal gambo. I due bracci sono identici e costituiti dalla catena leggera legata a un pezzo di catena pesante. Dal momento che la capacità di legare l'antigene è mantenuta, vengono chiamati *frammenti con sito di legame per l'antigene* (FAB = Fragment, Antigen Binding). Il terzo frammento è composto dalle parti restanti delle catene pesanti che tendono ad aggregarsi e a cristallizzare. Viene per questo chiamato *frammento cristallizzabile* (FC). A un'estremità l'anticorpo lega l'antigene. L'estremità rimanente (FC) svolge altre funzioni. Identifica sulla figura seguente a) le catene leggere b) le catene pesanti c) i siti di legame con l'antigene d) i frammenti FAB e) il frammento FC



**3.** Di recente la cantante Selena Gomez ha annunciato che si ritirerà momentaneamente dalle scene per curare il lupus, la malattia di cui soffre da tempo. Il lupus appartiene alla categoria delle malattie autoimmuni. Ricerca su Internet di che cosa si tratta e quali ne sono le cause.

**4.** Negli anni Cinquanta del secolo scorso, Sir Peter Medawar e il suo team introdussero il concetto di tolleranza immunologica (la mancata attivazione di una reazione immunitaria nei confronti di un determinato antigene) attraverso una serie di esperimenti sui topi. In particolare, mostrarono che se a un topo neonato sono somministrate cellule della milza di un donatore e successivamente sullo stesso topo viene eseguito un innesto di pelle del donatore, l'innesto non viene rigettato.

Sulla base delle tue conoscenze spiega il meccanismo di tale tolleranza.

**5.** Esistono due tipi di approcci per la vaccinazione: profilattica o preventiva e terapeutica.

Completa il testo scegliendo il termine corretto tra i due proposti:

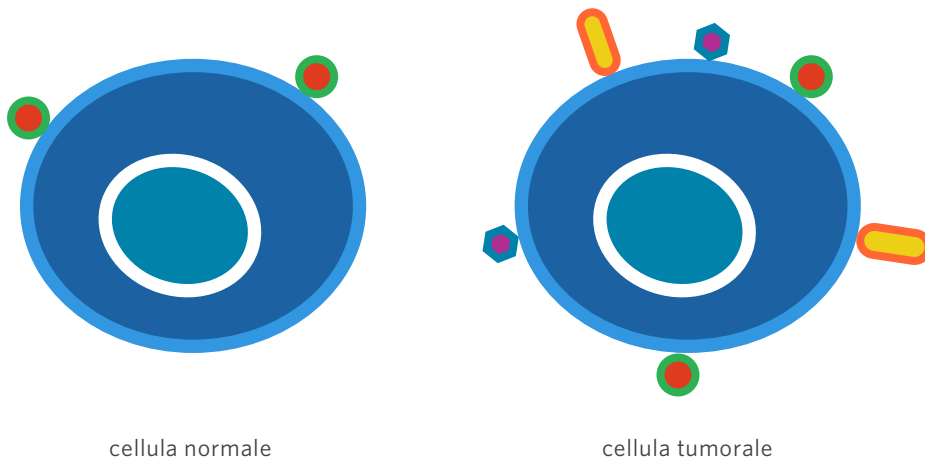
Mentre i vaccini profilattici vengono somministrati a individui *sani/malati* per *curare/prevenire* la malattia *prima dell'/durante l'* esposizione agli agenti *infettivi/infiammatori*, i vaccini terapeutici sono indicati per *curare/prevenire* soggetti *malati/predisposti*. I vaccini contro il cancro sono per la maggior parte *profilattici/terapeutici*, cioè finalizzati a attivare risposte *difensive/infiammatorie* in un organismo già portatore di *tumore/infezione*.

## Scheda Didattica / Immunità contro il cancro

di **Monica Menesini**

### DOMANDE E ATTIVITÀ

**6.** Nella figura seguente sono schematicamente rappresentate una cellula umana normale e una cellula tumorale: descrivi le differenze dal punto di vista antigenico, collegandole con il fatto che la cellula tumorale accumula continuamente mutazioni genetiche.



**7.** L'Ipilimumab è un farmaco che appartiene alla categoria degli anticorpi monoclonali (il suffisso mab significa appunto *Monoclonal AntiBodies*). Essi sono anticorpi dotati di un'alta specificità verso un determinato antigene e costruiti attraverso tecniche di ingegneria genetica. Le cellule che producono gli anticorpi monoclonali si chiamano ibridomi, frutto della fusione *in vitro* di due cellule: una cellula tumorale, che ha una capacità replicativa molto elevata, e un linfocita B (cellula deputata alla produzione di anticorpi). Prova a rispondere alle seguenti domande:

**a.** Perché è necessaria questa fusione?

**b.** In che modo i due tipi di cellule contribuiscono alla produzione degli anticorpi monoclonali?

**8.** Da alcuni anni è disponibile un vaccino contro l'HPV, virus del papilloma umano. Dopo aver cercato su Internet informazioni relative al virus HPV e a questo vaccino, rispondi alle seguenti domande:

**a.** Il virus HPV provoca direttamente il cancro?

**b.** Il vaccino disponibile contro l'HPV è preventivo o terapeutico?

**c.** Perché questo vaccino contiene 9 proteine e non una sola?

**9.** Nel testo dell'articolo si dice: «Dopo averlo intercettato, le cellule dendritiche inglobano l'antigene al loro interno e migrano nei linfonodi dove passano l'informazione su come riconoscere questo nemico ai linfociti T citotossici (i killer del nostro sistema immunitario), che dovranno svolgere il "lavoro sporco". Allertati e istruiti, infatti, i linfociti T killer si moltiplicano e vanno alla ricerca di quello stesso antigene. Una volta individuato vi si legano e rilasciano sostanze in grado di uccidere le cellule tumorali». Schematizza con un disegno questo processo.



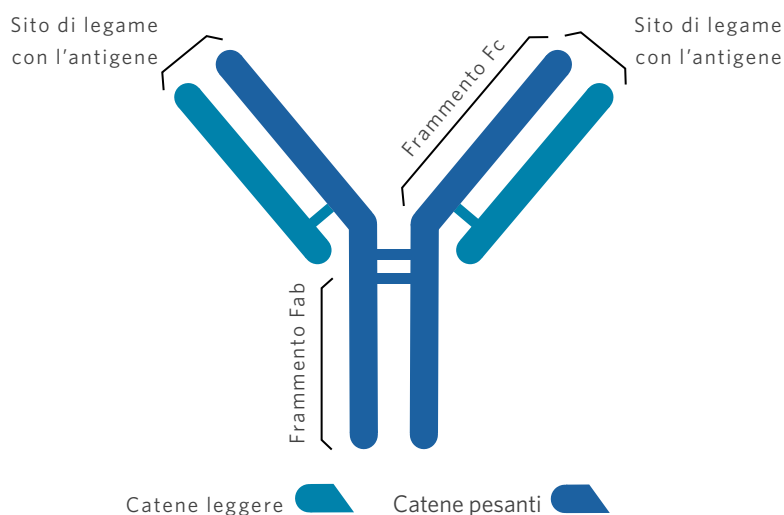
## Scheda Didattica / Immunità contro il cancro

di **Monica Menesini**

### RISPOSTE

**1.** Presenza di molteplici segmenti genici che si possono combinare tra loro in modo diverso; flessibilità nel processo di giunzione di questi segmenti con aggiunta e rimozione di nucleotidi; numerose e diverse possibilità di combinazione di catene pesanti e leggere; fenomeno dell'ipermutazione somatica (aumento del tasso di mutazione nel corso della maturazione dei linfociti B che porta un ulteriore aumento della variabilità).

**2.**



**3.** Sono malattie dovute a un "errore" del sistema immunitario, il quale non riconosce più il self e quindi dirige le proprie potenzialità offensive contro i tessuti dell'organismo provocandone la degenerazione. Le cause possono essere ambientali e/o genetiche.

**4.** L'esposizione precoce a un certo antigene induce l'organismo a riconoscerlo come self e quindi a non produrre anticorpi contro di esso. Se successivamente lo stesso antigene viene a contatto con il sistema immunitario, questo non produrrà alcuna risposta.

**5.** Sani; prima dell'; infettivi; curare; malati; terapeutici; difensive; tumore

**6.** La cellula tumorale presenta antigeni di superficie diversi da quelli della cellula sana, dovuti alla produzione di nuove proteine da parte dei geni mutati.

**7. a.** La fusione è necessaria per consentire la crescita delle cellule in coltura; **b.** La cellula tumorale fornisce la capacità pressoché infinita di moltiplicarsi, il linfocita B fornisce la capacità di produrre uno specifico tipo di anticorpi.

**8 a.**No: le infezioni da papilloma virus causano lesioni alle mucose che nella maggior parte dei casi guariscono spontaneamente, ma in alcuni casi possono progredire verso forme tumorali come tumore del collo dell'utero; **b.** Preventivo; **c.** Le 9 proteine appartengono a 9 tipi di virus HPV diversi e stimolano la produzione di 9 tipi di anticorpi diversi che proteggono verso le varianti dell'HPV più diffuse.

#### Monica Menesini

è laureata in Scienze Biologiche e insegna scienze naturali nelle scuole superiori. È docente CLIL, ha pubblicato due lezioni originali sulla piattaforma TED-ed ([link.pearsonit/91EC9FBF](https://www.ted.com/talks/monica_menesini) e [link.pearsonit/8E5CE05](https://www.ted.com/talks/monica_menesini)). È autrice di un libro di biologia CLIL di prossima uscita per l'editore Pearson Italia.





# Sotto la crosta: studiare la parte nascosta della Terra

di **Donato Ramani**

Del nostro pianeta, vediamo - e possiamo studiare direttamente - solo la parte più superficiale. Per ricostruire la struttura e la dinamica delle zone più profonde serve una combinazione di dati sperimentali e di simulazioni basate su modelli chimici e fisici.



Il sisma dell'agosto 2016, con epicentro il centro Italia, ci interroga sulla conoscenza che abbiamo della Terra oggi

In Italia la terra trema di continuo. Ce lo hanno ricordato il terribile sisma che a fine agosto 2016 ha scosso Lazio e Marche, con epicentro tra i paesi di Amatrice, Accumoli e Arquata del Tronto. E pochi mesi dopo, a fine ottobre, la serie di forti movimenti tellurici che ha colpito l'area tra Umbria e, di nuovo, Marche. Nel quadro angoscioso descritto dai media, l'attenzione di tutti è tornata a rivolgersi a quei fenomeni che nascono nelle viscere della Terra e arrivano fino a noi, manifestandosi improvvisi, potenti

e distruttivi. Verso quei luoghi profondi si concentra anche il lavoro dei ricercatori, intenti a conoscere la composizione e le dinamiche del pianeta per comprendere come e perché si muovono le placche tettoniche, quelle enormi porzioni di litosfera – la parte della Terra composta da crosta e porzione superficiale del mantello – che in superficie comprendono acque e terre emerse e i cui movimenti sono responsabili di eventi diversi, tra i quali, per l'appunto, i terremoti.



Lo spostamento della massa rocciosa può avvenire sia in superficie che in profondità.

Schema delle conseguenze di un terremoto sulle rocce

### OBIETTIVO: LE PROFONDITÀ DELLA TERRA

Un'attività complessa, quella degli scienziati, non solo per la dimensione spaziale e temporale dei fenomeni analizzati, ma anche perché la Terra, al suo interno, rimane uno scrigno pressoché inviolabile. Scendere negli abissi traforando la superficie per capire che succede lì sotto? Impossibile. Basti dire che un celebre progetto di perforazione portato avanti dall'allora URSS a partire dal 1970 nella Penisola di Kola – a tutt'oggi tra gli scavi più profondi prodotti artificialmente – arrivò dopo più di vent'anni di lavoro poco oltre i 12 km. Un'inezia rispetto agli oltre 6300 km del raggio terrestre. La letteratura, in questo campo, ci ha regalato avventure straordinarie, come quella immaginata da Jules Verne, nel suo *Viaggio al centro della Terra*. Lì, il cratere di un vulcano islandese, lo Snæffels, apriva agli studiosi protagonisti un passaggio verso gli abissi. Per carpire i segreti dell'interno del globo, la scienza, invece, ha sviluppato una quantità di approcci che, in un viaggio altrettanto affascinante, ci trasportano nello spazio e nel tempo, dalla superficie del pianeta fino alle sue profondità, dalla formazione del Sistema Solare fino ai giorni nostri.

### L'IMPORTANZA DEL MANTELLO

«Le nostre conoscenze dirette sul nostro pianeta si fermano a pochi chilometri sotto la superficie»

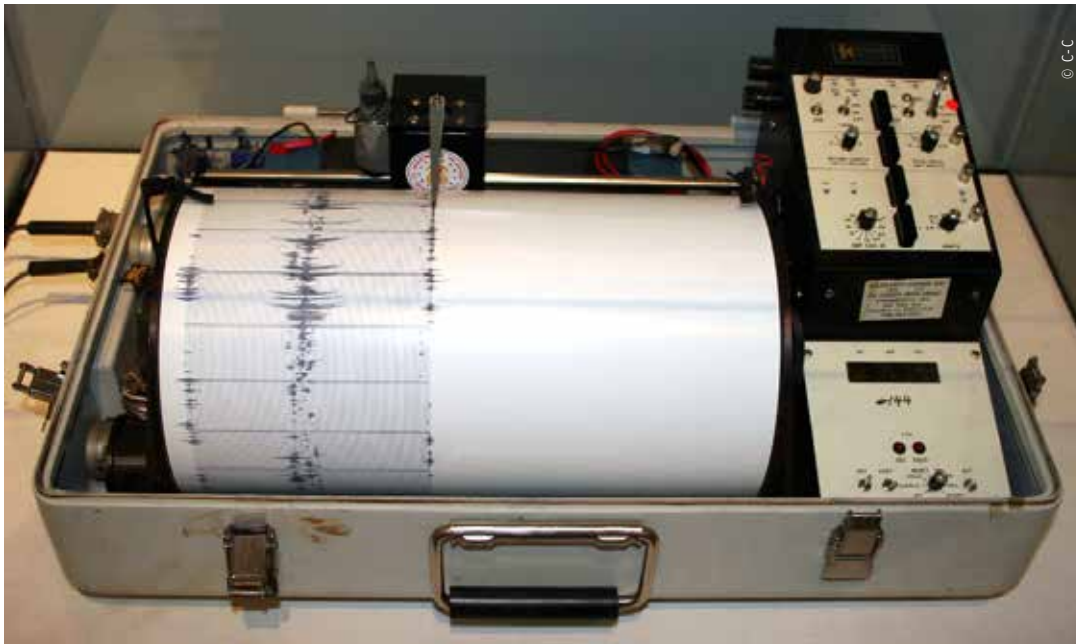
conferma il professor Mauro Precipe, del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino. «Per studiare com'è fatta la Terra al suo interno e le sue dinamiche dobbiamo quindi affidarci a metodi indiretti. Tra questi ci sono le simulazioni, usate per comprendere le caratteristiche e il comportamento del mantello terrestre, che si estende fino a 2900 km di profondità. È un'area fondamentale da studiare, perché è quella nella quale hanno origine i fenomeni alla base del movimento delle placche tettoniche e dell'attività sismica. Di conseguenza, per capire come nascono gli eventi che osserviamo in superficie dobbiamo sapere come è fatto il mantello e come funziona.»

### STUDIARE LE METEORITI PER CAPIRE LA TERRA

In particolare, in questo campo gli studi si concentrano sulla composizione chimica e mineralogica di questi strati interni, sulle caratteristiche elastiche dei minerali e sulla loro densità. Questi fattori dipendono direttamente dalla pressione e dalla temperatura che, a loro volta, sono in funzione diretta delle profondità. Il punto di partenza per queste ricerche arriva da un passato remotissimo. Spiega Precipe: «Per iniziare il nostro lavoro dobbiamo anzitutto sapere quali elementi sono presenti sul nostro pianeta e in quale abbondanza. Per farlo, si usa come riferimento una speciale classe di meteoriti cadute sulla Terra, la classe delle condriti carbonacee, ritenuta rappresentativa del materiale che costituiva la nebulosa solare miliardi di anni fa. Da questa nebulosa si è formato tutto il Sistema Solare e quindi anche la Terra. Queste meteoriti rappresentano lo standard da cui partire per stimare la composizione chimica globale del pianeta. Ciò stabilito, il nostro compito è comprendere come i diversi elementi e minerali siano distribuiti dalla superficie fino al nucleo terrestre e in quali condizioni fisico-chimiche».



Frammento di un meteorite chimicamente appartenente alla classe delle condriti carbonacee



Sismografo

#### MODELLI DI COMPOSIZIONE E PROPRIETÀ CHIMICHE

Prosegue il professore: «Fissate, come abbiamo detto, le composizioni chimiche che tengono conto di ciò che sappiamo della chimica globale del pianeta e considerati i processi che trasportano gli elementi più pesanti verso il nucleo, attraverso calcoli basati sulla termodinamica si costruiscono dei profili di temperatura e pressione (profili P/T), quelli che si possono trovare all'interno del globo alle diverse profondità. Attraverso i profili P/T si fanno dunque delle previsioni sui minerali presenti nelle aree interne, nelle diverse condizioni». Ipotizzata così la sua composizione chimica e mineralogica, gli scienziati possono stimare le proprietà elastiche e la densità del mantello alle diverse profondità, proprietà importantissime perché, a loro volta, correlate con la velocità di propagazione delle onde sismiche generate dai terremoti.

Come si fa a capire se i modelli sono affidabili? Il principale confronto è quello con la cosiddetta tomografia sismica, ossia lo studio dell'interno del pianeta attraverso onde prodotte artificialmente o dai sismi. Spiega Prencipe: «La correttezza di un dato profilo P/T è stabilita dal raffronto tra i profili di velocità sismica effettivamente osservati e quelli stimati in base ai calcoli termodinamici, fatti al computer. Lo stesso confronto è utile anche per comprendere, a posteriori, se la composizione chimica scelta come assunto di partenza per i modelli utilizzati fosse valida». I due metodi, simulazioni da un lato e osservazioni sperimentali dall'altro, messi assieme, danno un quadro piuttosto verosimile della composizione della Terra.

#### LA TERRA AI RAGGI X

Visto che a tutt'oggi è considerata il metodo sperimentale d'elezione per sondare l'interno del pianeta, cerchiamo ora di capire come funziona la tomografia sismica. «La metafora che si usa comunemente è quella della radiologia medica» spiega Angelo Camerlenghi, direttore della Sezione di Geofisica dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste. «Le onde sismiche sono i nostri raggi X: ci permettono di scoprire cosa c'è dentro, senza dover far nessun taglio.» La sismologia può essere "attiva", e quindi svolta inducendo vibrazioni nel terreno attraverso macchinari appositi spesso installati su camion, oppure, per analizzare strati molto in profondità, approfittando di grosse detonazioni effettuate dentro a cave o, in casi estremi, di test nucleari. La sismologia "passiva", invece, è condotta esaminando le onde prodotte da un sisma importante o dalle centinaia di piccoli terremoti che avvengono spesso, anche se non avvertiti dall'uomo.

#### ONDE SISMICHE: P E S

Le onde sismiche che si diffondono in profondità possono essere di due tipi. Le onde P (primarie), le più veloci e quindi le prime a essere registrate dalle stazioni di rilevazione, fanno oscillare le particelle di materiale che attraversano parallelamente alla loro direzione di propagazione. Così sollecitate, le rocce si comprimono e si dilatano di continuo. Le onde S (secondarie), invece, viaggiano più lentamente e fanno oscillare le particelle di roccia attraversate trasversalmente rispetto alla loro direzione di propagazione. Al contrario di quanto succede per le onde P, le onde S non si propagano



nei fluidi e non provocano variazioni di volume al loro passaggio. «Quando c'è un cambiamento di densità nel terreno, l'onda sismica viene riflessa e quindi torna indietro» spiega Camerlenghi. «Queste onde di ritorno vengono registrate dai cosiddetti stendimenti di geofoni, che sono sostanzialmente dei microfoni posizionati uno dietro l'altro a intervalli regolari sul terreno. Più si vuole andare in profondità con l'indagine, più grande sarà l'area coperta con gli strumenti. Analizzando il tutto con opportuni software si può avere un'immagine virtuale di ciò che sta sottoterra, come fosse un'ecografia.»

### MINERALI TRANSFORMERS

Oltre alla validazione basata sul confronto con i dati sismici, i risultati ottenuti con i modelli possono essere confrontati con quelli conseguiti con altri metodi sperimentali. Per esempio, quando possibile, con quelli ottenuti in laboratorio dove si eseguono test nei quali, simulando le condizioni degli strati più interni del pianeta, i minerali vengono sottoposti a temperature e pressioni elevatissime nelle cosiddette celle ad incudine di diamante, per verificarne le possibili trasformazioni, le proprietà e la densità. È stato anche grazie a questo sistema che si è scoperto che i minerali più comuni negli strati superiori del mantello terrestre, quali l'olivina, i pirosseni e i granati, muovendosi verso il mantello inferiore subiscono modificazioni significative, diminuendo di volume e, quindi, aumentando di densità. L'olivina, in particolare, oltre i 400 km di profondità si trasforma in un altro minerale, la wadsleyite, che oltre i 550 km diventa ringwoodite. Oltre i 660 km la ringwoodite si trasforma in un altro minerale ancora, la bridgmanite.

### DALLE TRASFORMAZIONI PROFONDE AI TERREMOTI

Se pensate che tutte queste informazioni riguardino un mondo lontano e sommerso che nulla ha a che vedere con quanto avviene sopra la crosta terrestre vi sbagliate. Queste trasformazioni, secondo gli esperti, hanno infatti un effetto diretto sui moti convettivi, quei processi che portano il materiale del mantello a salire verso gli strati superficiali e che sono ritenuti responsabili del movimento delle placche tettoniche. Questi spostamenti hanno modellato la superficie del pianeta a partire dalla Pangea, il continente unico, fino al planisfero come lo conosciamo oggi. E continuano a farlo. «La brusca riduzione del volume di queste rocce a seguito delle transizioni da una fase all'altra (come per esempio nel caso olivina-wadsleyite), e il concomitante rilascio di energia, è in grado di generare fortissime onde sismiche» aggiunge il professor Mauro Precipe. «Si ritiene che questi processi di trasformazione siano all'origine dei terremoti profondi, che avvengono a centinaia di chilometri all'interno della Terra» come quelli che si verificano in Giappone ma anche nel nostro mar Tirreno, a Ovest della Calabria e della Campania dove si registrano frequentemente sismi con ipocentri – i punti nel sottosuolo in cui si originano i terremoti – che possono raggiungere fino a 700 chilometri di profondità.

### INTRUSI IN SUPERFICIE

Ma non è tutto. Perché se è vero che non possiamo scendere nel sottosuolo per raccogliere campioni del materiale lì presente, anche lo studio delle rocce presenti sulla crosta può darci molte informazioni su quanto avviene sotto di noi. È questo il caso degli xenoliti, veri e propri “intrusi” rocciosi



© Fotolia/farbled\_01

Quando la wadsleyite affiora in superficie ci fornisce molte informazioni utili per lo studio del nostro pianeta



imprigionati in rocce esumate in superficie che, al contrario del materiale che li intrappola, hanno conservato la chimica e la mineralogia originale. Campioni di roccia provenienti anche da diverse decine di chilometri nel sottosuolo ed emersi, per esempio, con le eruzioni vulcaniche, gli xenoliti costituiscono una preziosa testimonianza diretta, e per questo largamente studiata, di come siano fatti gli strati di roccia in aree a noi inaccessibili.

#### RAPPORTI TRA ISOTOPICI: UNA FIRMA CARATTERISTICA DI AMBIENTI E PERIODI GEOLOGICI

Rimanendo nel campo dell'analisi delle rocce, un altro valido strumento per studiarle deriva dal cosiddetto frazionamento isotopico, ossia dallo studio del rapporto tra gli isotopi – atomi di uno stesso elemento con un diverso numero di neutroni nel nucleo e quindi diversa massa – presenti nei minerali. Le rocce formatesi nel mantello, per esempio, presentano un alto, e peculiare, rapporto isotopico degli elementi elio  $^3\text{He}/^4\text{He}$  e neon  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ . Questi rapporti sono infatti una sorta di firma, caratteristica di particolari ambienti e periodi geologici, che permette ai ricercatori posti davanti a un campione di roccia di rivelarne la provenienza, la formazione, la datazione e, di conseguenza, la storia. Per capire le basi di questa metodica dobbiamo partire da un'evidenza: diverse condizioni ambientali e fisiche, come la pressione e temperatura, e molti processi chimici che coinvolgono reazioni e trasformazioni di minerali, sono in grado di modificare il rapporto tra gli isotopi di uno stesso elemento, come il carbonio, il silicio o l'ossigeno, all'interno di un materiale roccioso. Questo significa che, a seconda del percorso geologico seguito dai materiali, due campioni di uno stesso tipo di roccia potranno presentare, per uno stesso elemento, rapporti isotopici diversi. Un caso è quello che riguarda gli isotopi radioattivi che, essendo instabili, nel corso del tempo tendono a trasformarsi in isotopi stabili. Dal momento che diverse zone del pianeta contengono diversi rapporti tra elementi stabili e instabili, la loro differente evoluzione porterà

a rapporti isotopici caratteristici nelle rocce li formate. Per esempio: rispetto al mantello, la crosta continentale è più ricca in Rubidio che in Stronzio. Il Rubidio ( $^{87}\text{Rb}$ ) che è un elemento radioattivo, tende però a decadere e trasformarsi in un particolare isotopo dello Stronzio, lo  $^{87}\text{Sr}$ . Come conseguenza, le rocce della crosta terrestre hanno un preciso, e più alto, rapporto isotopico  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  rispetto a quelle che si sono originate nel mantello.

#### PLACCHE E TERREMOTI VISTI DA SATELLITE

Per concludere, in un'ellissi ideale, dalla Terra torniamo allo spazio, da dove eravamo partiti con le condriti carbonacee. Perché per studiare la Terra e i suoi movimenti, grazie alla tecnologia, diverse informazioni su ciò che succede nel sottosuolo derivano proprio da lassù. Il gruppo di Karim Aoudia, geofisico dell'International Centre for Theoretical Physics (ICTP) di Trieste indaga ciò che avviene sottoterra con la cosiddetta geodesia spaziale: «È un approccio che studia lo spostamento delle placche tettoniche utilizzando stazioni GPS poste sulla superficie terrestre» spiega lo scienziato. «Ovviamente si osservano gli spostamenti su periodi lunghi, facendo una media in un periodo di 10-15 anni. Questo è importante sia per registrare i movimenti della litosfera dopo i terremoti, sia per monitorare il tutto nei momenti di tranquillità. I dati ottenuti possono così essere raccolti e analizzati. E senza nemmeno andare sul posto.» Mentre il Sar (Synthetic Aperture Radar) è un sistema che, dai satelliti in orbita, effettua una scansione della superficie terrestre. Nel caso di un fenomeno tellurico, le scansioni prese nei diversi momenti possono essere integrate, permettendo così agli studiosi di capire il terremoto stesso e le forze in gioco dovute al movimento delle placche. Quanto resta ancora da scoprire sul nostro pianeta? In realtà moltissime cose. Ma la scienza avanza. In un suo aforisma contenuto nel suo libro *Pensieri spettinati*, Stanisław Jerzy Lec, scrittore e poeta polacco, scrisse: «La Terra, questo puntino sotto l'interrogativo». C'è da scommettere che piano piano, molti segreti di quel puntino ancora così misterioso saranno finalmente svelati. ●

#### PER APPROFONDIRE

- Doglioni C., *Interno della Terra*, Enciclopedia della scienza e della tecnica, Treccani 2007. [link.pearson.it/9CF19F75](http://link.pearson.it/9CF19F75)
- Prencipe M., *Unraveling the Secrets of the Inner Earth*, videoconferenza all'Accademia delle scienze di Torino, 24 giugno 2014. [link.pearson.it/EBF6AFE3](http://link.pearson.it/EBF6AFE3)

#### Donato Ramani

è giornalista e project manager del Master in comunicazione della scienza Franco Pratico della SISSA di Trieste. Si occupa di formazione in comunicazione scientifica e scrive per diverse testate di scienza e non solo.



## Scheda Didattica / Sotto la crosta: studiare la parte nascosta della Terra

di **Antonio Varaldo**

### DOMANDE E ATTIVITÀ

**1.** La struttura interna della Terra è indagata con sofisticati metodi per svelare i particolari mineralogici delle varie parti, in un percorso che ha già raggiunto obiettivi fino a pochi anni fa inimmaginabili. Completa il brano seguente sulle caratteristiche interne della Terra scegliendo i termini appropriati tra quelli elencati:

2550 - astenosfera - rocciosi - mesosfera - 2900 - continenti - esterni - crosta

*La Terra è il maggiore tra i quattro pianeti..... del Sistema solare, con un raggio di 6371 km, valore medio tra quello massimo equatoriale e quello minimo polare. Rispetto alla dimensione globale della Terra, la..... terrestre è molto sottile, con uno spessore di pochi chilometri sui fondali oceanici e di alcune decine di chilometri sui..... Al di sotto della crosta si trova il mantello che si estende fino alla profondità di..... km, mentre a profondità maggiori si trova il nucleo, del quale si distingue la zona esterna che è liquida da quella interna che è solida. Particolarmente importante è una regione parzialmente fusa del mantello, chiamata....., che si trova circa tra 100 e 250 km di profondità; l'intero involucro sovrastante questo strato, comprendente la crosta e il mantello più esterno, è indicato con il termine litosfera.*

**2.** A quale gruppo appartiene la maggioranza dei minerali della crosta?

**3.** Nel nucleo terrestre, invece, qual è l'elemento chimico più abbondante, e perché?

**4.** Considerando che nel nucleo interno la temperatura è maggiore che nel nucleo esterno, ma la composizione chimica è sostanzialmente la stessa, com'è possibile che sia solido?

**5.** Come hai potuto leggere nell'articolo, i composti minerali che si trovano nel mantello sono forme in qualche modo riorganizzate - nelle condizioni di elevate pressioni - del minerale olivina. Aiutandoti con la consultazione del tuo

libro di scienze della Terra o del Web, per ciascuna delle frasi seguenti scegli il termine corretto tra i due proposti:

**a.** L'olivina è il tipico minerale *sialico/femico* appartenente alla famiglia dei silicati ed è ricco di ferro e magnesio.

**b.** La formula dell'olivina  $(Mg,Fe)_2SiO_4$  indica che i *cationi/anioni* metallici possono essere presenti in percentuali variabili.

**c.** Nella crosta terrestre la presenza di olivina è caratteristica in quelle rocce magmatiche denominate *graniti/basalti*.

**6.** Ripensando a quanto descritto nell'articolo, indica per ogni transizione mineralogica la profondità alla quale si verifica:

**a.** Olivina - wadsleyite.

**b.** Wadsleyite - ringwoodite.

**c.** Ringwoodite - bridgmanite.

**7.** Le onde sismiche, generate da terremoti naturali o prodotte artificialmente, sono distinte in primarie e secondarie in base al fatto che procedono più o meno rapidamente. Dal punto di vista fisico, come sono definiti rispettivamente i due tipi di onde?

**8.** Qual è indicativamente la velocità di propagazione nella crosta dei due tipi di onde sismiche?

**9.** Per quale motivo le onde S non si trasmettono nei mezzi fluidi?

**10.** I terremoti sono tradizionalmente riferiti a due scale differenti: MCS (detta impropriamente *scala Mercalli*) e Richter. Dopo aver fatto adeguate ricerche su Internet, scrivi un breve brano che illustri qual è il pregio di ciascuna delle scale, e riporta inoltre alcuni esempi di eventi storici.

## Scheda Didattica / **Sotto la crosta: studiare la parte nascosta della Terra**

di **Antonio Varaldo**

### RISPOSTE

1. rocciosi; crosta; continenti; 2900; astenosfera.
2. Alla famiglia dei silicati, formati primariamente dall'interazione tra i due elementi chimici più comuni, ossia l'ossigeno e il silicio.
3. Il ferro, che si ritiene sia precipitato al centro nelle fasi primordiali di vita della Terra, quando era totalmente fusa e i materiali si sono disposti secondo peso specifico.
4. Poiché verso l'interno aumenta anche la pressione, ciò determina un aumento del punto di fusione dei materiali ferrosi che così, pur trovandosi a maggiori temperature, si mantengono solidi.
5. **a.** femico; **b.** cationi; **c.** basalti.
6. **a.** 400 km; **b.** 550 km; **c.** 660 km.
7. Le onde primarie (P) sono longitudinali, mentre le onde secondarie (S) sono trasversali.
8. Le onde P hanno velocità di 4-8 km/s, invece le onde S viaggiano a 3-6 km/s; i valori massimi si raggiungono nei materiali più compatti.
9. Le particelle sottoposte al passaggio delle onde trasversali S oscillano perpendicolarmente alla direzione di propagazione; perciò, visto che le particelle di un fluido non sono ben vincolate, scorrono su quelle adiacenti senza determinarne il movimento.
10. La scala Richter è quella che fornisce più rigorose indicazioni sulla forza di un terremoto, essendo basata sul parametro della Magnitudo, che è determinato da una relazione logaritmica a partire dall'ampiezza di oscillazione di un sismografo, cioè da una misura strumentale. La scala MCS, invece, è una catalogazione del sisma entro 12 "gradi di intensità" in base ai danni provocati e, pur non indicando in modo rigoroso la forza del sisma, è molto utile per predisporre gli interventi di soccorso. Tra i maggiori eventi secondo la scala Richter (Magnitudo 9 e oltre) si ricordano quello del Cile del 1960 e i due recenti di Sumatra del 2004 e del Giappone del 2011, noti soprattutto per i conseguenti tsunami; tra i maggiori sismi registrati nella scala MCS si ricorda, per esempio, il terremoto del 1908 di Messina (grado XI).

#### **Antonio Varaldo**

è naturalista e fotografo; insegnante liceale, come divulgatore ha collaborato a Tuttoscienze, alle enciclopedie UTET e Repubblica, con vari editori del settore scolastico e con l'agenzia ITCILO dell'ONU.



# Piante su Marte

di **Valentina Tudisca**

Avete presente Mark Watney, il protagonista del film *Sopravvissuto - The Martian*? Per riuscire a sopravvivere su Marte si ingegna come può a coltivare patate spaziali. Ma a che punto è la ricerca per la produzione di piante in orbita o, addirittura, proprio sul pianeta rosso?



Il primo fiore cresciuto nella serra dalla Stazione spaziale internazionale

**S**olo, su un pianeta inospitale lontano milioni di chilometri dalla Terra, ma determinato a vendere cara la pelle e persino ironico. Nel film di Ridley Scott *Sopravvissuto - The Martian*, del 2015, l'astronauta Mark Watney (l'attore Matt Damon) si ritrova abbandonato su Marte perché creduto morto dal resto dell'equipaggio di una missione sul pianeta rosso in seguito

a una tempesta di sabbia. Pronto a tutto pur di sopravvivere fino all'arrivo della missione successiva, date le scorte limitate, dovrà per forza prodursi il cibo da sé. Come un Robinson Crusoe del futuro, mette a frutto le sue competenze di ingegnere e botanico per allestire un orto a base di terra marziana – e feci umane come concime – per coltivare patate.





Il recente film *Sopravvissuto - The Martian* mette a tema la vita, e la produzione di cibo, su Marte

#### OBIETTIVO MARTE

Lo scenario descritto dal film, ambientato tra vent'anni, non è così lontano dalla realtà: la NASA – l'agenzia spaziale americana che ha fornito alla produzione una solida consulenza scientifica – sta già sviluppando tecnologie per coltivare nello spazio in vista della prima missione umana su Marte, in programma per il 2030 come annunciato a ottobre 2016 dal presidente degli Stati Uniti, Barack Obama (qui l'annuncio di Obama: [link.pearson.it/7AC984D3](http://link.pearson.it/7AC984D3)). I coloni marziani non potranno infatti godere di periodici rifornimenti di cibo come accade per gli astronauti sulla Stazione Spaziale Internazionale (SSI), in orbita intorno alla Terra a “soli” 400 km sopra le nostre teste. L'equipaggio dovrà rimanere nello spazio per almeno 18 mesi (6-8 mesi solo per il viaggio), e per una missione di un anno tre astronauti avrebbero già bisogno di 33 tonnellate di peso tra cibo, acqua e ossigeno.

L'obiettivo della prima missione umana su Marte sarà quindi stabilire una base permanente autosufficiente rispetto alla Terra.

#### VITA DIFFICILE PER LE PIANTE SU MARTE

L'ambiente del pianeta rosso pone numerose sfide alla coltivazione di piante terrestri. In particolare, possono influire sulla loro crescita la bassa gravità (il 38% di quella terrestre) e l'esposizione a radiazioni cosmiche ionizzanti, che sulla Terra sono schermate grazie alla presenza di determinati strati atmosferici, oltre

che della magnetosfera, assenti su Marte.

A questo si aggiungono altri parametri ambientali come temperature estreme (fino a  $-150^{\circ}\text{C}$  di notte), scarsità di luce solare (Marte ne riceve il 43% in meno rispetto alla Terra perché più distante e interessato da intense tempeste di polvere), pressione atmosferica minima (lo 0,6% di quella terrestre), un terreno sabbioso e povero di nutrienti, assenza di acqua allo stato liquido. Proteggere le colture all'interno di una serra pressurizzata isolata termicamente e illuminata artificialmente, sotterranea per evitare raggi cosmici e micrometeoriti, e ricavare acqua dalle riserve ghiacciate di Marte, sono soluzioni almeno parziali.

Ricerche si stanno svolgendo a bordo della SSI e in laboratori terrestri, con apparecchi che annullano gli effetti dell'azione unidirezionale della forza di gravità sull'organismo facendolo ruotare continuamente, ma anche in aree della Terra dove la composizione chimica del suolo è ritenuta confrontabile con quella di Marte – per esempio sulle isole Hawaii o nel deserto di Pampas de la Joya in Perù – per indagare gli effetti di bassa gravità e terreno marziano sulla coltivazione.

#### IL PROBLEMA DELLA RIDOTTA GRAVITÀ

All'interno di Veggie, serra iper-tecnologica a risparmio energetico installata sulla SSI nel 2014, si sta sperimentando la coltivazione nello spazio per individuare le condizioni ottimali per la produzione di cibo fresco in orbita. Si tratta

di una sfida non da poco, perché le piante hanno imparato ad adattarsi a variazioni di fattori ambientali (temperatura, luce, disponibilità di acqua e nutrienti) sottoposte in modo costante al campo gravitazionale terrestre. Esperimenti a bordo di satelliti e stazioni spaziali hanno mostrato che condizioni di gravità ridotta non impediscono in realtà il completamento dei cicli vitali delle piante: nello spazio i semi germinano e possono crescere, fiorire e formare frutti contenenti semi a loro volta capaci di germinare, completando il ciclo “da seme a seme”. È possibile però che alcuni processi biologici, a partire da quelli di divisione e differenziamento cellulare, vengano alterati.

### CONTADINI SPAZIALI

Gli astronauti a bordo della SSI, in condizioni di controllo ambientale e ventilazione, sono riusciti a far crescere su un substrato inerte a base di argilla piantine di crescione e di lattuga rossa romana, che ad agosto 2015 si è guadagnata il record di prima verdura coltivata e mangiata nello spazio. A gennaio 2016 è invece sbocciato il primo fiore in orbita, da semi di zinnia; un risultato tutt'altro che scontato se consideriamo che lo sviluppo di piante floreali richiede condizioni ambientali ancora più specifiche – per esempio la simulazione del ciclo giorno/notte tramite luci a led rosse, blu e verdi – e impiega un tempo doppio rispetto alla lattuga (circa 60 giorni). La riuscita dell'esperimento consentirà anche di studiare le modalità di conservazione dei semi nello spazio, rilevare possibili problemi causati dal polline e valutare l'impatto dei fiori sull'umore degli astronauti; ma soprattutto apre la strada alla coltivazione di ortaggi da frutto, come il pomodoro, la cui semina sulla SSI è programmata per il 2017.

### PAROLA D'ORDINE: RICICLARE

Mentre sulla SSI ci si concentra sulla microgravità, sulla Terra si svolgono test di coltivazione su terreno marziano “simulato” per migliorarne la qualità, utilizzando per esempio cenere di vulcani hawaiani, sterilizzata e filtrata. I problemi principali sono la carenza di elementi nutritivi, la scarsa capacità di trattenere l'acqua e l'elevata presenza di metalli pesanti, che potrebbero rendere le colture tossiche se assorbiti da piante e frutti. Tra le soluzioni sperimentate con successo, l'aggiunta di concime organico che, legandosi all'alluminio, evita che il metallo venga assorbito, e l'inoculazione nelle radici di batteri in grado di produrre sostanze



A bordo della SSI sono cresciute, per la prima volta nel 2015, piantine di lattuga

### PIANTE IN ASSENZA DI GRAVITÀ

Le difficoltà per le piante in assenza del campo gravitazionale terrestre cominciano già dalla germinazione: gli stessi semi che sulla Terra sviluppano radici verso il basso, in microgravità lo fanno in ogni direzione. Nelle piante adulte, l'alterazione nel movimento dei fluidi può influire sugli scambi gassosi. Di solito, le foglie traspirano vapore, assorbendo diossido di carbonio ed emettendo ossigeno, e creano così la forza motrice necessaria per la risalita dell'acqua dalla radice attraverso tutta la pianta. Inoltre, come effetto collaterale di questo meccanismo c'è un abbassamento della temperatura dei tessuti. In microgravità, invece, tale processo è ostacolato dall'aria che ristagna intorno alle foglie per l'assenza di moti convettivi, con un conseguente rallentamento della fotosintesi e un aumento di temperatura, fino a possibili modifiche nella struttura delle pareti delle cellule vegetali e nella composizione nutrizionale delle parti commestibili.

nutritive, per esempio convertendo l'azoto – elemento assente nel suolo di Marte – che si trova nell'aria in modo da renderlo disponibile per le piante. «Questo tipo di ricerche si inquadrano nel contesto più ampio della scienza dei sistemi biorigenerativi», spiega Francesca Ferranti dell'Agenzia Spaziale Italiana. «Si tratta di ecosistemi autosufficienti chiusi, in grado, oltre che di produrre alimenti, di purificare l'acqua, rigenerare l'atmosfera (produrre ossigeno e assorbire diossido di carbonio) e garantire la sicurezza dell'ambiente tramite la riduzione di composti organici volatili e il riciclaggio dei rifiuti: le piante producono, gli astronauti consumano e batteri e funghi decompongono gli scarti in sostanze riutilizzabili dalle piante.»

### DALLA TERRA AL PIANETA ROSSO

Non è certo, però, che i successi terrestri siano riproducibili anche su Marte; per questo bisognerà aspettare l'arrivo sulla Terra di campioni di suolo marziano, grazie alla missione *Mars Sample Return*, guidata da NASA ed ESA e il cui lancio è previsto per il 2020-2022, o condurre esperimenti direttamente sul pianeta rosso. È probabile che per i primi raccolti si ricorrerà a colture idroponiche o aeroponiche, dove le radici delle piante sono immerse direttamente in acqua o sospese in aria in un ambiente umido, da cui ricevono i nutrienti. «Una volta avviato il sistema con un apporto iniziale d'acqua», specifica Ferranti, «l'acqua verrà poi recuperata e purificata dalle piante e dai microorganismi selezionati.» ●



Gli esperimenti sulla SSI si concentrano sulla coltivazione di piante di piccola taglia e con cicli di produzione veloci

### COLTIVARE IN ORBITA?

Quali sono le specie migliori da provare a coltivare nello spazio? Considerando gli ambienti e la disponibilità di risorse e tempo limitati, si prediligono piante di piccola taglia e molto produttive, con cicli di produzione veloci e proporzione di parti edibili elevata rispetto ai residui, resistenti a malattie e non in competizione fra loro. Finora, nei programmi di ricerca spaziale sono state selezionate colture con elevato contenuto energetico, proteico o di antiossidanti, come grano, soia e pomodoro. Le patate, come quelle che l'astronauta Mark Watney coltiva in *Sopravvissuto - The Martian*, sono al centro di un esperimento promosso dalla NASA e dall'International Potato Center di Lima: *Potatoes On Mars*. Sono state scelte per ricchezza di nutrienti e capacità di produrre germogli anche in ecosistemi aridi.

### PER APPROFONDIRE

- *The Real Martians*, collezione di articoli della NASA sul progetto di colonizzazione di Marte  
[link.pearson.it/80C1D474](http://link.pearson.it/80C1D474).
- Con una spettacolare infografica sui viaggi marziani:  
[link.pearson.it/1EA541D7](http://link.pearson.it/1EA541D7)
- Bignami G. e Sommariva A., *Oro dagli asteroidi e asparagi da Marte. Realtà e miti dell'esplorazione dello spazio*, Mondadori Università, Milano 2015.
- Flamini E., *Obiettivo pianeta rosso*, su *Le Scienze*, vol. 578, ottobre 2016.
- Weir A., *L'uomo di Marte*, Newton Compton Editori, Roma 2014. Il libro dal quale è tratto il film *The Martian*.

### Valentina Tudisca

ha un dottorato in fisica e fa ricerca all'IRPPS-CNR su temi legati al rapporto tra scienza e società. Nel frattempo scrive di scienza per diverse testate, tra cui National Geographic Italia.



## Scheda Didattica / Piante su Marte

di **Antonio Varaldo**

### DOMANDE E ATTIVITÀ

**1.** Per quanto trattiamo oggi con una certa familiarità i vari corpi del Sistema solare – soprattutto quelli più prossimi, dei quali abbiamo riscontri per le frequenti missioni con sonde spaziali – tutti presentano condizioni ambientali radicalmente differenti dalla Terra. Sulla base di quanto già studiato o aiutandoti con una ricerca sui libri di testo, completa il brano seguente scegliendo i termini appropriati tra quelli elencati:

satelliti - pianeti - asteroidi - fascia - Plutone - gioviani - marziani - Nettuno

*I corpi celesti maggiori del Sistema solare, orbitanti intorno al Sole e comunemente indicati come....., sono otto; i primi quattro sono detti terrestri poiché hanno caratteri strutturali simili alla nostra Terra, che è il terzo per posizione allontanandosi dal Sole ed è il maggiore tra essi, mentre gli altri sono detti..... poiché tutti simili al primo e maggiore tra essi. Molti altri corpi minori orbitano intorno al Sole, disposti soprattutto in una..... compresa tra Marte e Giove e in un'altra al di là di..... Si chiamano invece..... i corpi che effettuano il loro moto orbitale intorno a un pianeta, come la Luna per la Terra o molti altri soprattutto per i pianeti gioviani.*

**2.** Perché, secondo te, la gravità sulla superficie marziana è il 38% di quella terrestre?

**3.** Come mai la pressione dell'atmosfera marziana è meno di un centesimo di quella terrestre?

**4.** Dove si trova Marte rispetto alla Terra, e qual è la sua distanza dal Sole?

**5.** Che cos'è il Monte Olimpo di Marte?

**6.** La produzione organica primaria svolta dai vegetali – cioè il processo che si sta cercando di replicare nello spazio – dipende da vari fattori: l'aria, l'acqua, la luce e i microelementi del suolo. Al riguardo, per ciascuna delle frasi seguenti, scegli il termine corretto tra i due proposti:

**a.** Il gas atmosferico *ossigeno/biossido di carbonio* è indispensabile per lo svolgimento della fotosintesi.

**b.** Le radiazioni *rosse e blu/gialle e verdi* della luce visibile sono quelle maggiormente assorbite dalle foglie.

**c.** Nella fotosintesi, la funzione dell'acqua è quella di *fornire/assorbire* gli elettroni durante la fase luminosa.

**d.** L'organizzazione del glucosio ad opera dell'enzima RuDP nella fotosintesi avviene nella fase *luminosa/oscura*.

**e.** L'azoto nei suoli deriva dai processi di *fissazione/denitrificazione* realizzata da batteri liberi o simbiotici.

**7.** Aiutandoti con una ricerca su Internet, rispondi alle seguenti domande sul suolo:

**a.** In cosa consiste il processo di "lisciviazione" che rende maturo un suolo?

**b.** Dove si trova l'humus di un suolo, e quale destino subisce?

**8.** Uno degli obiettivi remoti dell'esplorazione spaziale potrebbe essere quello di inviare una missione umana su Marte; com'è noto, l'unico corpo celeste sul quale l'uomo abbia messo piede è la Luna. A quando risale l'impresa dell'allunaggio umano, e come si chiamava la missione?

**9.** Quanto dista la Luna dalla Terra, e quale fu la velocità media del viaggio che ha portato i primi esseri umani sul nostro satellite?

**10.** Perché, a differenza della distanza Terra-Luna, quella Terra-Marte è molto variabile?

**11.** Come hai letto in articolo, la crescita di vegetali in ambienti extraterrestri porta a uno sviluppo anomalo di rami, foglie e radici. Dopo aver fatto una ricerca sul Web, scrivi un breve brano di presentazione delle sostanze chimiche vegetali coinvolte in questi processi.



## Scheda Didattica / Piante su Marte

di **Antonio Varaldo**

### RISPOSTE

1. Pianeti; gioviani; fascia; Nettuno; satelliti.
2. È il risultato della ben minore massa di Marte rispetto alla Terra, anche se in parte ciò è compensato dal raggio ridotto, come si evince dalla relazione newtoniana  $F=G(M \cdot m)/r^2$ .
3. Perché è molto rarefatta, per via della ridotta forza attrattiva esercitata dal pianeta.
4. Marte è il pianeta successivo alla Terra allontanandosi dal Sole e nei due momenti culminanti della sua orbita si trova a 1,38 e 1,67 UA dal Sole.
5. È il maggiore rilievo di Marte e dell'intero Sistema solare: si tratta di un enorme vulcano *a scudo* che si eleva per 22 km e ha un diametro di 600 km.
6. **a.** biossido di carbonio; **b.** rosse e blu; **c.** fornire; **d.** oscura; **e.** fissazione.
7. **a.** Si tratta del fenomeno attraverso il quale le acque che giungono dall'alto trascinano e solubilizzano, per poi depositare negli strati inferiori, vari componenti e in particolare le particelle argillose fini e sali di ogni tipo;  
**b.** L'humus è il deposito di materiale organico che si forma sulla superficie del suolo, ma con il tempo e l'azione delle acque viene trascinato in parte negli strati sabbiosi immediatamente sottostanti integrandosi con i microrganismi decompositori.
8. La missione era l'undicesima del programma Apollo e si svolse tra il 16 e il 24 luglio 1969; l'allunaggio avvenne il 20 luglio.
9. Dista mediamente 384 000 km, con differenze minime legate all'orbita ellittica; la velocità media fu superiore ai 5000 km/h.
10. La distanza varia molto a seconda che Terra e Marte si trovino, lungo le rispettive orbite, dalla stessa parte del Sole o da parti opposte.
11. Le sostanze che regolano i processi di sviluppo vegetale, in modo endogeno ma anche in risposta a stimoli ambientali, sono incluse nella categoria dei cosiddetti "fitormoni". La prima sostanza di questo tipo scoperta fu l'auxina, che stimola l'accrescimento degli apici vegetativi verso la luce; altre molecole chimicamente molto simili all'auxina hanno mostrato di avere attività fitormonale, e così il termine è oggi utilizzato anche con il plurale di "auxine". Altri tipi di fitormoni sono le citochinine, le gibberelline e gli acidi abscissico e jasmonico.

#### Antonio Varaldo

è naturalista e fotografo; insegnante liceale, come divulgatore ha collaborato a Tuttoscienze, alle enciclopedie UTET e Repubblica, con vari editori del settore scolastico e con l'agenzia ITCILO dell'ONU.



# Tutto su Giove, sonda dopo sonda

di **Barbara Scapellato**

Del pianeta gigante, il più grande del Sistema solare, si conoscono ormai moltissime cose. Ma come abbiamo fatto a scoprirle? Fondamentale è stato il ruolo delle sonde spaziali, tra le quali Juno, che nell'estate 2016 è entrata nella sua orbita, cominciando a inviarci dati e immagini.



Giove è molto distante dal Sole e impiega quasi 12 anni a girarvi attorno, mentre ruota molto in fretta attorno al proprio asse, tanto che un giorno su Giove dura meno di 10 ore

**D**i sicuro conoscete Giove, e saprete molte cose sul suo conto. Per esempio, che è il pianeta più grande del nostro Sistema solare, che è fatto per lo più di idrogeno allo stato liquido ma che al suo interno probabilmente ha anche un nucleo roccioso. Forse saprete anche che ha un'atmosfera spessa e densa di idrogeno ed elio, con tracce di metano e altre sostanze tra le quali ammoniaca e composti di fosforo, carbonio e zolfo. Inoltre, se vi siete mai soffermati a osservare qualche sua immagine, avrete notato bande chiare e scure disposte in modo parallelo all'equatore. Sono nubi alte fatte di cristalli di ammoniaca ghiacciata

che ricoprono l'intero pianeta e si muovono in senso opposto: nelle bande più chiare ci sono correnti ascensionali in cui i materiali risalgono verso l'alto, si raffreddano e poi precipitano in corrispondenza delle bande più scure. Non vi sarà neppure sfuggita la sua Grande Macchia Rossa, un enorme vortice, simile a un gigantesco uragano sempre presente nella sua atmosfera e alimentato da venti che viaggiano a una velocità di oltre 600 chilometri all'ora. Di vortici come questo ce ne sono molti altri nell'atmosfera di Giove, ma la Grande Macchia Rossa è il più noto, perché è stato osservato al telescopio già oltre 300 anni fa.



I quattro satelliti più grandi di Giove – Io, Europa, Ganimede e Callisto – sono stati osservati per la prima volta nel 1610 da Galileo Galilei

### TANTISSIME INFORMAZIONI PER UN PIANETA MOLTO LONTANO

Sono già moltissime informazioni, ma di questo gigante sappiamo anche molto di più: che ha un campo magnetico molto forte ma i suoi poli sono invertiti rispetto a quelli della Terra (il Sud al posto del Nord, per intenderci).

Che emette energia, in quantità maggiore rispetto a quella che riceve dal Sole per cui gli astronomi pensano che sta continuando a contrarsi lentamente, liberando il calore prodotto durante questa contrazione. Che, mentre la Terra ha un solo satellite, la Luna, Giove ne ha oltre 50 (l'esistenza di alcuni di questi deve ancora essere confermata). Incredibile quanto ne sappiamo, nonostante Giove sia così lontano dal nostro pianeta. Ma come siamo arrivati a tutte queste conoscenze?

### LE PRIME ESPLORAZIONI E LA SCOPERTA DEGLI ANELLI

L'esplorazione spaziale di Giove è cominciata negli anni Settanta del secolo scorso con l'invio di sonde automatiche. Le sonde Pioneer 10 (1973) e 11 (1974) sono state le prime a superare indenni la fascia degli asteroidi che si trova tra Marte e Giove. Pioneer 10 è la sonda che ci ha svelato che Giove produce più calore di quanto ne assorba dal Sole. Pioneer 11, invece, ha inviato immagini dettagliate della Grande Macchia Rossa e le prime immagini delle immense regioni polari, ha mappato il pianeta ed è riuscito a calcolare la massa di uno dei suoi satelliti, Callisto.

Nel 1979, anche le sonde Voyager 1 e Voyager 2 hanno raggiunto Giove, scattando molte fotografie dalle quali abbiamo ricavato parecchie informazioni, come la presenza su Io di vulcani che emettono zolfo. La vera sorpresa, però, è stata la scoperta della presenza di tre deboli anelli intorno al pianeta. Fino ad allora, infatti, si riteneva che soltanto Saturno e Urano ne

possedessero, anche perché gli anelli di Giove sono molti sottili e poco luminosi, quindi molto difficili da vedere. Si estendono fino a 130 000 Km di distanza dal pianeta e sono composti da minuscole particelle di roccia e ghiaccio. Gli scienziati ritengono che questi anelli possano essere i resti di qualche piccolo satellite di Giove che si è frantumato.

### DA ULYSSES A NEW HORIZONS, I VIAGGI CONTINUANO

Ancora: la sonda Ulysses, in viaggio verso il Sole, ha raggiunto Giove nel 1992 e ha permesso di raccogliere dati sul suo campo magnetico, mentre nel dicembre del 1995 il pianeta è stato raggiunto anche dalla sonda Galileo. Questa è rimasta per otto anni in orbita intorno al pianeta, sganciando anche una sonda che è riuscita a penetrare nella sua atmosfera e a raccogliere informazioni sulla sua composizione, sulla pressione e la temperatura, sulla velocità dei venti, sul suo grado di attività e sul suo campo magnetico. La sonda Galileo ha anche studiato i satelliti gioviani, in particolare Europa, Io e Ganimede. Nel 2000 la sonda Cassini, diretta verso Saturno, ha compiuto un passaggio ravvicinato su Giove per sfruttarne l'effetto fionda (o *gravity assist*), ossia per aumentare la propria velocità e modificare la



L'immagine restituita da Voyager 1 della Grande Macchia Rossa di Giove

propria traiettoria sfruttandone la forte attrazione gravitazionale e il suo moto rispetto al Sole. Ha così potuto scattare oltre 26 000 immagini del pianeta che hanno permesso di realizzarne una mappa dettagliatissima. E nel 2007 anche New Horizons, diretta verso Plutone, ha visitato Giove e ne ha studiato l'atmosfera, il campo magnetico e le aurore.

### TUTTO IL LAVORO DI JUNO

Ma l'esplorazione non è finita. Il 4 luglio 2016, dopo un viaggio durato cinque anni, la sonda Juno (ovvero Giunone, sposa di Giove nella mitologia) del programma New Frontiers della NASA ([link.pearson.it/FOAB20FB](http://link.pearson.it/FOAB20FB)) è entrata nell'orbita gioviana. Juno ([link.pearson.it/87AC106D](http://link.pearson.it/87AC106D)) è la sonda ad energia solare che finora si è spinta più lontano e questo grazie a tre grandi pannelli, ognuno lungo nove metri per un totale di quasi diciannovemila celle fotovoltaiche. La sonda passa vicinissima a Giove, a una distanza di circa 3000 km. Può sembrare una distanza notevole, ma se si considera che il raggio del pianeta è di circa 70 000 km, in realtà non lo è. Lo scopo della missione è cercare di comprendere l'origine e l'evoluzione di Giove (attualmente ci sono ben tre teorie diverse sulla sua formazione!), cercare evidenze della presenza di un nucleo solido, mappare il suo campo magnetico e ricercarne l'origine, misurare la quantità d'acqua e ammoniaca presenti nell'atmosfera, studiare i venti e osservare le aurore boreali (già osservate anche dalla Terra) per comprenderne meglio i meccanismi, in modo da poter studiare il campo magnetico del pianeta e come questo interagisce con l'atmosfera.

### STUDIARE GIOVE PER CAPIRE IL SISTEMA SOLARE

A bordo di Juno ci sono due strumenti di costruzione italiana: JIRAM (Jovian Infrared Auroral Mapper), uno spettrometro infrarosso a immagine e KaT (Ka-Band Translator), lo strumento per radioscienza. Il primo è uno strumento che lavora nell'infrarosso e serve per studiare le aurore, l'atmosfera e per misurare le concentrazioni di alcune sostanze come l'acqua e l'ammoniaca. Il secondo, invece, serve per fornire misure molto precise dal campo di gravità di Giove: informazioni essenziali per capire la struttura interna del pianeta. Poiché Giove è composto prevalentemente da idrogeno ed elio, gli stessi gas di cui è composto anche il Sole, si ritiene che si sia formato quando il Sistema solare era ancora "giovane". Studiare la struttura di questo gigante gassoso potrà, quindi, aiutarci a comprendere meglio anche come si è evoluto il Sistema solare stesso.



Il lancio della sonda Juno

Grazie agli strumenti presenti a bordo, quindi, Juno sta cercando di capire come è fatto Giove misurando l'abbondanza di acqua nella sua atmosfera, studiando la composizione delle nuvole, la temperatura e il movimento dei fluidi, mappando il campo magnetico e gravitazionale e "immergendosi" nella magnetosfera e nelle aurore polari. L'esplorazione di Juno è appena cominciata, non siete curiosi di vedere cosa scoprirà? ●

### NEW FRONTIERS E JUNO IN BREVE

#### LA MISSIONE NEW FRONTIERS

Durata del viaggio: 5 anni  
km percorsi: 2,8 miliardi  
Tempo di permanenza in orbita attorno a Giove: 20 mesi  
Numero di orbite previste: 33, prima del tuffo finale della sonda nelle profondità del pianeta all'inizio del 2018

#### LA SONDA JUNO

Diametro: 3,5 metri  
Altezza: 3,5 metri  
Peso: 3,625 kg  
Alimentazione: energia solare  
Pannelli solari: 3  
Celle fotovoltaiche: 18698

### PER APPROFONDIRE

- Giove, collezione di articoli dell'Istituto nazionale di astrofisica, INAF, sul pianeta gigante, le sue caratteristiche e le più recenti esplorazioni. [link.pearson.it/E76B9988](http://link.pearson.it/E76B9988)

#### Barbara Scapellato

insegna scienze naturali al liceo scientifico dell'IIS Paciolo-D'Annunzio di Fidenza (PR). È dottore di ricerca in Didattica delle Scienze della Terra con approccio IBSE, un approccio del quale si occupa ormai da alcuni anni.





## Scheda Didattica / Tutto su Giove, sonda dopo sonda

di **Barbara Scapellato**

### DOMANDE E ATTIVITÀ

#### 1. VERO O FALSO?

Indica la correttezza o meno delle seguenti affermazioni sulla Grande Macchia Rossa di Giove.

a. È una nube di cristalli di ammoniaca ghiacciata.  V  F

b. È una formazione di nubi che si muovono secondo una corrente ascensionale.  V  F

c. È un enorme vortice alimentato da venti che viaggiano a oltre 600 km/h.  V  F

d. È costituita da un pulviscolo di particelle di roccia e ghiaccio  V  F

e. È stata osservata già oltre 300 anni fa.  V  F

2. Riassumi le principali conoscenze a disposizione sui seguenti aspetti del pianeta Giove: atmosfera, anelli, campo magnetico, bande chiare e scure disposte in modo parallelo all'equatore.

3. Costruisci una tabella a due colonne. In quella di sinistra riporta le missioni di esplorazione che hanno contribuito a farci comprendere meglio le caratteristiche di Giove e a destra quali caratteristiche sono state analizzate in tali missioni.

4. Qual è lo scopo della missione della sonda Juno?

5. A che cosa servono i due strumenti di costruzione italiana montati sulla sonda, JIRAM e KaT?

6. Juno fa parte del programma New Frontiers della NASA. Fai una ricerca su Internet e scopri quali sono le altre due missioni di questo programma già partite e quali sono i loro obiettivi.

7. Il 14 marzo 2016 è stata lanciata la prima delle due missioni ExoMars, che è entrata nell'orbita intorno a Marte il 19 ottobre scorso. Fai una ricerca e scopri quali sono gli obiettivi di queste missioni.

## Scheda Didattica / Tutto su Giove, sonda dopo sonda

di **Barbara Scapellato**

### RISPOSTE

1. a.F; b.F; c.V; d.F; e.V.

2. Atmosfera: è spessa e densa di idrogeno ed elio, con tracce di metano, ammoniaca e composti di fosforo, carbonio e zolfo; anelli: possibili resti di qualche piccolo satellite di Giove, composti da minuscole particelle di roccia e ghiaccio; campo magnetico: è molto forte, con poli invertiti rispetto a quelli della Terra; bande chiare e scure disposte parallelamente all'equatore: nubi alte fatte di cristalli di ammoniaca ghiacciata che ricoprono l'intero pianeta e si muovono in senso opposto.

3.

#### MISSIONI DI ESPLORAZIONE

#### CARATTERISTICHE DI GIOVE ESPLORATE

Pioner 10

Emissioni di calore.

Pioner 11

Ha permesso di studiare la Grande Macchia Rossa e le regioni polari, di mappare il pianeta e di calcolare la massa di Callisto.

Voyager 1 e 2

Hanno scoperto che lo ha vulcani che emettono zolfo e che Giove ha tre deboli anelli.

Ulysses

Campo magnetico.

Galileo

Composizione dell'atmosfera, temperatura e pressione, velocità dei venti, attività dell'atmosfera e del campo magnetico, satelliti Io, Europa e Ganimede.

Cassini

Ha fornito una mappa dettagliata del pianeta.

New Horizons

Atmosfera, campo magnetico e aurore.

4. Ha come obiettivo l'osservazione di Giove. In particolare cercherà di comprenderne l'origine e l'evoluzione, cercherà evidenze della presenza di un nucleo solido, mapperà il suo campo magnetico e ne ricercherà l'origine, misurerà la quantità d'acqua e ammoniaca presenti nell'atmosfera, studierà i venti nella bassa atmosfera e osserverà le aurore boreali.

5. JIRAM è uno spettrometro infrarosso a immagine e serve per studiare le aurore, l'atmosfera e per misurare le concentrazioni di alcune sostanze come l'acqua e l'ammoniaca. KaT è lo strumento per radioscienza e serve per fornire misure molto precise del campo di gravità di Giove: informazioni essenziali per capire la struttura interna del pianeta.

6. La prima missione è stata New Horizons che l'anno scorso, dopo nove anni di viaggio, ha visitato da vicino Plutone e Caronte e ora è in viaggio verso un altro corpo della cintura di Kuiper che raggiungerà nel 2019. La terza missione è Osiris Rex partita l'8 settembre 2016 verso il piccolo asteroide Bennu per analizzarlo e prelevare campioni da riportare sulla Terra per studiare le origini del Sistema solare e testare la possibilità di estrarre metalli preziosi e rari.

7. ExoMars è un progetto sviluppato dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e dall'Agenzia Spaziale Russa (Roskosmos), composto da due missioni che hanno l'obiettivo di cercare tracce di vita su Marte, caratterizzare la composizione del pianeta e la distribuzione dell'acqua e studiarne la superficie in previsione di future missioni con equipaggio. La prima missione, partita il 14 marzo 2016, ha previsto il lancio di una sonda che resterà nell'orbita di Marte. Nell'ottobre 2016 la sonda ha rilasciato un lander, Schiaparelli, che si è schiantato sul suolo marziano durante l'atterraggio. Nella seconda missione, che partirà a maggio 2020, verrà inviato un rover in grado di muoversi e dotato di strumenti per perforare ed analizzarne il suolo.

# Molecole vitali

di **Vincenzo Guarnieri**

Dalle ricerche sul beri-beri all'ipotesi che più vitamine assumiamo, meglio stiamo. Ecco che cosa sono esattamente le vitamine, come sono state scoperte e quello che sappiamo sul rapporto tra la loro assunzione e lo stato di salute.



Oggi sappiamo dove trovare le vitamine essenziali per la nostra salute

**F**anno sempre bene o possono anche far male? Sappiamo che le vitamine sono sostanze presenti in tracce nelle cellule degli organismi viventi. Sappiamo anche che sono fondamentali per la salute. Però ci sono molte cose che non conosciamo sul loro conto. Una di queste è il legame tra la quantità che assumiamo con la dieta e il rischio di contrarre certe patologie. Una ricerca condotta negli Stati Uniti da Sang Min Park e colleghi dell'Harvard Medical School di Boston e

pubblicata ad agosto 2016 sulla rivista PLoS ONE, mostra che l'assunzione di un'elevata quantità di vitamina D è associata a un maggiore rischio di carcinoma basocellulare, la forma più comune di tumore della pelle ([link.pearson.it/E4AD1170](http://link.pearson.it/E4AD1170)). Quindi bisogna stare molto attenti a non esagerare con la vitamina D? La situazione è complessa e non è facile rispondere a questa domanda. Così come non è stato facile comprendere il funzionamento delle vitamine. E nemmeno la loro esistenza.





I primi studi in Indonesia sul beri-beri lo hanno associato all'assenza nella dieta di riso integrale

### BERI-BERI, POLLI E RISO INTEGRALE

Andiamo con ordine. Verso la fine dell'Ottocento, il medico olandese Christiaan Eijkman viene mandato in Indonesia per scoprire le cause del beri-beri, una forma di degenerazione del sistema nervoso.

Questa malattia è molto diffusa nella popolazione locale che si nutre essenzialmente di riso brillato, cioè privato della pula. Il medico nota che anche i polli, se alimentati solo con riso brillato, manifestano i sintomi tipici del beri-beri. Se invece aggiunge alla loro dieta del riso integrale, gli animali stanno bene.

All'epoca si pensava che le malattie fossero sempre causate dalla presenza di un agente patogeno, come un parassita o un batterio. È quindi molto strano osservare che, in questo caso, sia l'assenza di qualcosa a causare la patologia.

Questo qualcosa è presente nel riso integrale e non in quello brillato. Eijkman cerca di far quadrare i conti immaginando che ci debba essere una sorta di tossina alla base del beri-beri e che il riso integrale possa contenere una sostanza in grado di opporsi a tale tossina, una sostanza "protettiva".

### DALLE DIETE ARTIFICIALI AI CATALIZZATORI NATURALI

Un passo avanti per chiarire la questione viene compiuto da Frederick Gowland Hopkins, biochimico inglese che studia le diete artificiali, cioè le diete costituite da sostanze chimicamente controllate, e lo fa utilizzando i topi. Quando gli animali vengono nutriti con proteine, carboidrati, grassi e sali preparati in laboratorio, la loro aspettativa di vita è ridotta a pochi giorni. Se, invece, a questa dieta si aggiunge del latte, i topi vivono normalmente. Anche nell'uomo sono note situazioni simili: il succo di limone viene impiegato per evitare lo scorbuto e l'olio di fegato di merluzzo per combattere il rachitismo. Hopkins mette insieme questi elementi e comprende che

gli alimenti naturali, cioè quelli ottenuti da altri esseri viventi (come il latte, il succo di limone ecc.), contengono un enorme numero di sostanze sconosciute utili per la salute. Nel 1912 pubblica un articolo sulla rivista *Journal of Physiology* in cui scrive che tali sostanze possono essere assunte in quantità estremamente piccole per garantire la crescita regolare di un animale.

A lui basta aggiungere pochissimo latte "naturale" nella dieta "artificiale" dei topi per farli vivere in salute.

Come mai queste sostanze devono essere assunte con la dieta? Secondo Hopkins si tratta di molecole che l'organismo non è in grado di sintetizzare da solo. E come mai basta che siano assunte in piccole quantità? Il biochimico intuisce che la loro presenza consente agli animali di impiegare le molecole e l'energia contenuta nel mangime artificiale.

In che modo? Attraverso una funzione catalitica. In sostanza, Hopkins comprende che queste sostanze devono comportarsi come catalizzatori, molecole che hanno la capacità di fare avvenire certe reazioni (in cinetica chimica si dice che abbassano l'energia di attivazione della reazione) rimanendo intatte al termine del processo.

Un catalizzatore non si consuma facilmente ed è per questo che ne serve poco all'organismo. Poco, ma ci deve essere, altrimenti qualche via metabolica si blocca e il risultato è che compare qualche malattia.

### AMMINE VITALI...

Cosa sono queste sostanze così preziose? Come Eijkman e Hopkins, anche il chimico polacco Casimir Funk è alle prese con l'inadeguatezza delle diete artificiali e le cause del beri-beri. Nel suo laboratorio cerca di isolare le molecole presenti nella pula del riso ma non nel riso brillato. Si focalizza sugli amminoacidi e sulle proteine, ma non trova nulla. Poi prova a fare degli estratti alcolici, immergendo i diversi campioni di riso nell'alcol in modo da "estrarre" tutte le molecole



affini a questo liquido. Riesce così a separare e concentrare una sostanza molto attiva nel proteggere dal beri-beri. Dalle sue analisi risulta che appartiene alla classe delle pirimidine, un particolare tipo di ammina, una sostanza organica che contiene azoto. Per questa ragione Funk la chiama con il termine “vitamina”, cioè ammina vitale. Lo scrive per la prima volta in un articolo sulla rivista *Journal of State Medicine* nel 1912, lo stesso anno in cui Hopkins presenta i suoi risultati. Funk conia anche il termine “malattie da carenza”, mettendo in chiaro che alcune patologie come il beri-beri o lo scorbuto non sono causate dalla presenza di un agente patogeno ma dall'assenza di vitamine.

### ... E ALTRE VITAMINE

L'anno successivo è l'americano Elmer Verner McCollum a fare un ulteriore passo avanti. Si accorge che nel burro è presente una sostanza senza la quale i topi manifestano problemi alla vista. È una sostanza liposolubile che chiama *fat soluble A* e non si tratta di una ammina. La vitamina che protegge dal beri-beri è invece solubile in acqua e McCollum la chiama *water soluble B*. Comprende che le vitamine possono essere suddivise in due categorie, quelle idrosolubili e quelle liposolubili. E che non tutte le vitamine in realtà sono delle ammine.

### DALLA A ALLA K

In seguito si parlerà di vitamina A e vitamina B. Quest'ultima, in realtà, viene chiamata B1 e identificata nella molecola della tiamina. Vengono poi scoperte altre vitamine del gruppo B, tutte con la caratteristica comune di svolgere una funzione di coenzima nei processi metabolici. E la vitamina C, anch'essa idrosolubile, che serve per la sintesi del tessuto connettivo ed è un antiossidante. Sul fronte delle vitamine liposolubili, oltre alla vitamina A, che si rivela fondamentale per la sintesi dei pigmenti visivi, vengono individuate la vitamina D, coinvolta nell'assorbimento del calcio e del fosforo, la vitamina E, con un probabile ruolo da antiossidante, e la vitamina K, necessaria per la coagulazione del sangue.

### ECCESSI BENEFICI... O DANNOSI?

Non è stato facile intuire l'esistenza delle vitamine e comprenderne il funzionamento all'interno dell'organismo. Ancora oggi non tutto è chiaro. Si tratta di una classe molto eterogenea di composti che hanno una sola cosa in comune: ne sono necessarie piccole dosi e la loro assenza è dannosa. Questo sembra essere sicuro. Mentre non è affatto

chiaro se un'assunzione massiccia faccia bene oppure no. Alcuni dicono di sì. Linus Pauling, due volte premio Nobel (per la chimica e per la pace), è stato uno dei più ferventi sostenitori dell'impiego massiccio degli integratori vitaminici. Altri scienziati, al contrario, evidenziano come troppe vitamine possano risultare dannose. La vitamina C, per esempio, viene smaltita dai reni e un suo eccesso può affaticarli troppo, mentre uno studio pubblicato nel 2013 suggerisce che livelli troppo elevati di vitamina E siano associati addirittura a un rischio più elevato di mortalità generale ([link.pearson.it/ED1B5D5B](http://link.pearson.it/ED1B5D5B)). A questo si aggiunge la recente ricerca di Sang Min Park sull'effetto negativo della vitamina D sul cancro alla pelle, che sembra confermare ulteriormente l'esistenza di un rischio da sovradosaggio.

### INDAGINI COMPLICATE

Va detto che le indagini scientifiche di questo tipo sono particolarmente complesse. Cercare di comprendere come una malattia sia distribuita in una popolazione e quali ne siano le cause e i fattori di rischio è il compito dell'epidemiologia. I ricercatori di questa disciplina impiegano gli strumenti della statistica per produrre stime affidabili. Ma sono consapevoli dei numerosi limiti dei loro risultati. Sulle pagine del loro articolo, Sang Min Park e i suoi colleghi scrivono di aver preso in considerazione un campione di 41 530 uomini e 63 760 donne a cui hanno chiesto di rispondere a questionari per circa 15 anni, raccogliendo così dati su abitudini e stato di salute. È emerso che la porzione di campione che assumeva (con la dieta e/o con gli integratori) più vitamina D era anche



Alimenti ricchi di vitamina D

quella che aveva riportato più casi di carcinoma basocellulare.

I ricercatori avvertono che quelle persone sono risultate anche le più attente alla loro salute: fumano meno e bevono meno alcol. Per cui non possono escludere che si siano sottoposte a un maggior numero di visite di controllo, con una maggior probabilità di diagnosi del cancro: la maggiore incidenza della malattia potrebbe dipendere solo da un controllo più meticoloso. Se così fosse, la vitamina D sarebbe scagionata. Non solo. I ricercatori precisano che i cibi ricchi di vitamina D potrebbero contenere altre sostanze responsabili della patologia. Per esempio, il pesce e i cereali non sono soltanto fonti di questa vitamina ma anche di arsenico, un possibile fattore di rischio del cancro alla pelle. E se la colpa fosse dell'arsenico? La vitamina D sarebbe di nuovo scagionata.

E infine, il campione di popolazione analizzato è costituito da individui bianchi e con un livello di educazione elevato. Non proprio lo statunitense medio.

Le variabili in gioco sono tante. Gli scienziati spesso non possono dare risposte definitive. Sanno di non sapere. E quando lo scrivono non è poco.

#### INTEGRATORI, CHE PASSIONE!

Tuttavia, in questo clima di incertezza, c'è qualcuno che sembra avere le idee molto chiare. Il consumo di integratori alimentari (che contengono anche vitamine) è in continua crescita, soprattutto in Italia. Un'indagine pubblicata a inizio 2016 dal Centro Studi Federsalus stima che il fatturato del 2015 delle aziende italiane del settore è in aumento e vale più di 1 miliardo di euro. Una dieta varia ed equilibrata, preferibilmente di stampo mediterraneo, assicura nella stragrande maggioranza dei casi tutte le vitamine di cui abbiamo bisogno. A meno che non ci siano carenze accertate, il ricorso agli integratori o ai cibi fortificati con vitamine non è necessario. È la scienza che ha troppi dubbi, o sono i consumatori che dovrebbero porsene qualcuno in più? ●

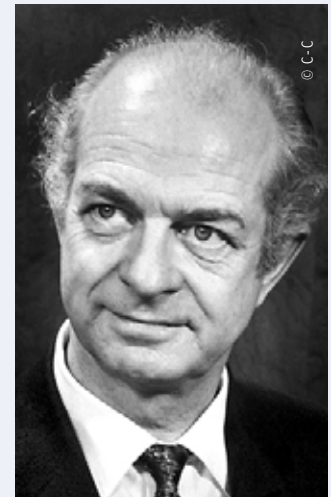


© Fotolia/alexlmx

La scienza suggerisce di usare gli integratori solo per le carenze effettive, ma i consumi aumentano

#### DUE NOBEL E UNA TEORIA NON CONFERMATA

Linus Pauling è stato uno dei più importanti chimici e pacifisti della storia. Il suo incessante lavoro di ricerca ha permesso di comprendere più a fondo la natura dei legami chimici e la struttura delle molecole complesse, come gli acidi nucleici e le proteine. Per la prima volta ha dimostrato che una malattia, l'anemia falciforme, può essere causata dalla struttura anomala di una molecola, l'emoglobina. Si è così convinto che anche altre malattie (anche mentali) possono essere curate inserendo nell'organismo le molecole corrette. Si tratta della cosiddetta "cura ortomolecolare" che lo scienziato propone su Science nel 1968: una cura basata su iniezioni di vitamine a malati di cancro, patologie cardiache ecc. Pauling è stato due volte premio Nobel, per la chimica e per la pace. Tuttavia non era infallibile e le sue teorie sulle vitamine non sono mai state confermate dalla comunità scientifica.



Linus Pauling premio Nobel per la chimica e per la pace

#### PER APPROFONDIRE

- *Green Chemistry*. Sito dell'Environment Protection Agency degli Stati Uniti dedicato alla green chemistry. Interessante il link "education". [link.pearson.it/98DC80B3](http://link.pearson.it/98DC80B3)
- Cerruti L., *Bella e potente. La chimica del novecento tra scienza e società*, Editori Riuniti, 2003.
- Pievani T., *Linus Pauling*, puntata di WikiRadio su Linus Pauling e la controversia sulla vitamina C. [link.pearson.it/93AA21E6](http://link.pearson.it/93AA21E6)
- Carpenter K.J., *The Nobel Prize and the Discovery of Vitamins*, sito ufficiale del Premio Nobel. [link.pearson.it/AA3705C](http://link.pearson.it/AA3705C)
- Sito del Linus Pauling Institute, centro di ricerca fondato dallo scienziato nel 1973 e che ancora si occupa del rapporto tra alimentazione e salute. [link.pearson.it/7DA440CA](http://link.pearson.it/7DA440CA)

#### Vincenzo Guarnieri

è chimico e ha un dottorato di ricerca in biochimica e biotecnologia cellulare. Si occupa di comunicazione della scienza. Ha pubblicato *Maghi e reazioni misteriose* (Lapis edizioni, 2007), una storia della chimica per ragazzi.



## Scheda Didattica / Molecole vitali

di **Vincenzo Guarnieri**

### DOMANDE E ATTIVITÀ

1. Il chimico polacco Casimir Funk scopre nel 1912 che la sostanza in grado di proteggere dalla malattia del beri-beri è un particolare tipo di ammina. Che cos'è esattamente un'ammina?
2. Le vitamine del gruppo B hanno la caratteristica comune di svolgere una funzione di coenzima nei processi metabolici. Che cos'è un coenzima?
3. **VERO O FALSO?**
  - a. I catalizzatori sono sostanze che hanno la capacità di abbassare l'energia di attivazione di una reazione rimanendo integre al termine del processo.  V  F
  - b. Gli estratti alcolici servono per isolare tutte le sostanze vitaminiche contenute in un campione.  V  F
  - c. Tutte le vitamine sono delle ammine.  V  F
  - d. Le vitamine possono essere classificate in idrosolubili e liposolubili a seconda che siano o non siano solubili in acqua.  V  F
  - e. L'epidemiologia è quella disciplina che studia come una malattia è distribuita in una popolazione e quali ne sono le cause e i fattori di rischio.  V  F
4. Il mercato degli integratori alimentari è in continua crescita. Le sostanze che sono contenute in questi prodotti producono effetti sulla salute di chi li assume che non sempre sono stati ben chiariti dalla scienza. Le vitamine rappresentano un esempio in questo senso: sono spesso presenti tra gli integratori (i cosiddetti multivitaminici)

ma il loro sovradosaggio a volte è stato dimostrato essere negativo per il benessere. Prova ad approfondire la questione concentrando la tua attenzione su uno di questi prodotti. Nel caso tu o un tuo familiare ne stiate impiegando uno in particolare, considera quello, altrimenti individuane uno qualsiasi su Internet. Guardando l'etichetta, quali sono le sostanze che contiene? Ci sono delle dosi raccomandate? Riesci a trovare ricerche scientifiche valide che pongano il dubbio su una di queste sostanze?

5. Quando sono stati fatti i primi studi sulle vitamine si pensava che tutte le malattie fossero causate da un agente patogeno. Era quindi la presenza di qualcosa (una sostanza, un batterio, un virus ecc.) a generare il problema. Soltanto dopo molti studi si è compreso che potevano anche esistere delle malattie "da carenza", cioè causate non dalla presenza di un agente patogeno ma dall'assenza di particolari sostanze, come appunto le vitamine. Riesci a individuare altri casi nei quali la carenza di una sostanza nella dieta determina l'insorgere di un problema alla salute?
6. Stai lavorando a un film sulla vita di Linus Pauling. Ci sono molti aspetti della storia di questo scienziato che vale la pena di raccontare sul grande schermo, da quelli di grande portata sociale, come il suo impegno contro la corsa agli armamenti e contro la guerra in generale, a quelli più personali, come la figura della moglie con la quale ha condiviso la vita e le battaglie civili. Ovviamente non puoi tralasciare il suo contributo fondamentale alla ricerca scientifica. Individua una delle tante scoperte che il chimico ha fatto, cerca di comprenderla a fondo e prova a scrivere la sceneggiatura della parte del tuo film che racconta proprio quella scoperta. Ricorda che si tratta di un film rivolto al grande pubblico per cui non usare termini troppo complessi.

## Scheda Didattica / **Molecole vitali**

di **Vincenzo Guarnieri**

### RISPOSTE

1. Si tratta di una classe di composti organici caratterizzata dalla presenza di azoto all'interno del gruppo amminico  $-NH_2$ .
2. È una sostanza che si lega all'interno della struttura di un enzima consentendone il funzionamento. Può essere di natura inorganica o organica, ma non proteica.
3. **a.** V; **b.** F; **c.** F; **d.** V; **e.** V.
4. La ricerca necessaria per rispondere a questa domanda dovrebbe far riflettere sul concetto di RDA (Recommended Daily Allowance), cioè la dose giornaliera raccomandata. Dovrebbe inoltre permettere di comprendere la complessità delle ricerche epidemiologiche e la confusione presente su Internet su questioni di questo tipo.
5. Un esempio tipico è il gozzo, dovuto a una dieta povera di iodio. Senza questo elemento non possono essere sintetizzati alcuni ormoni tiroidei e per compensazione la tiroide assume dimensioni anomale.

### **Vincenzo Guarnieri**

è chimico e ha un dottorato di ricerca in biochimica e biotecnologia cellulare. Si occupa di comunicazione della scienza. Ha pubblicato *Maghi e reazioni misteriose* (Lapis edizioni, 2007), una storia della chimica per ragazzi.





# Donne e scienza: vita da pioniere

di Sara Sesti

Donne e scienza, un binomio che è stato a lungo fuori dall'ordinario. Eppure, molte donne sono state vere e proprie esploratrici di ambiti scientifici originali, nei quali hanno riportato risultati notevoli. In questo articolo ripercorriamo le biografie di tre di loro, tra gli albori di informatica, ecologia e telecomunicazioni.



Ada Byron, Ellen Swallow, Hedy Lamarr: pioniere della scienza moderna

**M**olte donne si sono occupate di scienza fin dall'antichità, ma sono state a lungo delle eccezioni perché fino alla metà dell'Ottocento gli studi superiori erano riservati esclusivamente agli uomini. Nonostante questa discriminazione, le donne di scienza sono state capaci nel tempo di trasformare questi limiti in un'occasione per inventare qualcosa di nuovo. Si sono avventurate in campi sconosciuti, seguendo il loro desiderio di sapere o l'urgenza di trovare soluzione a problemi sociali, collettivi, senza badare a quanto veniva considerato importante nelle accademie e nelle istituzioni, dove, essendo donne, non avrebbero potuto comunque far carriera. Così come gli esploratori o i pionieri del Far West hanno a volte

fatto scoperte notevoli, della cui importanza ci si è resi conto più tardi, magari parecchi anni dopo. E la loro miniera d'oro è stata sfruttata da altri. Ada Byron, per esempio, anticipò nell'Ottocento le basi dell'informatica, intuendo le potenzialità combinatorie di una primitiva macchina per il calcolo, l'*Analytical engine*. Ellen Swallow nel 1870 si occupava già di ecologia, analizzando e cercando di purificare le acque inquinate dei quartieri industriali del Massachusetts. E in piena Seconda guerra mondiale, per rispondere a esigenze di sicurezza, Hedy Lamarr contribuì a porre le basi di una tecnologia innovativa che di fatto è stata applicata solo oggi nella telefonia cellulare e nelle reti wireless. Ecco in breve le loro storie.

**ADA BYRON, LADY LOVELACE**

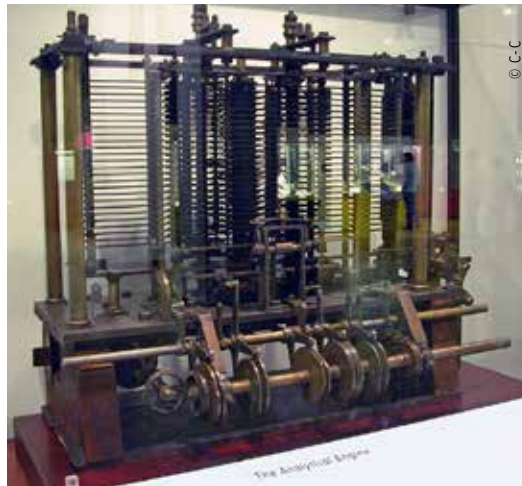
Delicata nobildonna figlia di Lord George Byron, il famoso poeta romantico inglese, Ada Byron era un'assidua frequentatrice delle corse dei cavalli. Seguiva con attenzione il mercato dei cavalli di razza, aveva imparato i nomi dei fantini più bravi, dei purosangue, dei puledri più promettenti e degli allibratori e usava le sue insolite capacità di calcolo e di previsione per vincere le scommesse. Il tutto non per puro piacere di gioco, ma per cercare di procurarsi il denaro per perfezionare, in pieno Ottocento, il primo computer della storia.

**UNA PASSIONE PRECOCE PER LA MATEMATICA**

Nata a Londra nel 1815, Ada non conobbe mai il padre, perché i suoi genitori si separarono poco dopo la sua nascita. La madre, Annabella Milbanke, una donna colta e amante delle scienze e della matematica, volle per lei un'educazione scientifica, anche per evitare che seguisse le orme paterne. Ada, che era dotata di notevole intuizione e sapeva guardare più in là delle sue contemporanee, dimostrò una grande passione per la matematica e per il calcolo. Fu istruita da illustri istituti privati e durante le sue lezioni progettava piani di costruzione per navi e per diversi macchinari. Aveva una salute cagionevole, soffriva di forti mal di testa ed era succube della severità della madre, ma portava avanti i suoi studi con passione, non esitando a scrivere a scienziati famosi per chiedere suggerimenti e consigli. A 18 anni conobbe Charles Babbage, ingegnere e matematico di Cambridge. Tra i due nacque una forte amicizia e Ada si entusiasmò per le ricerche dello studioso, che stava lavorando da anni alla progettazione della "macchina analitica", l'*Analytical engine*, primo prototipo di computer meccanico. In pratica, il progetto trasferiva l'invenzione di Joseph-Marie Jacquard – il primo telaio a schede perforate per automatizzare il lavoro dei disegni sulle stoffe – a una macchina per il calcolo automatico.

**UNA MACCHINA SEMPRE PIÙ SOFISTICATA**

Dopo due anni Ada sposò Lord William King, conte di Lovelace, e nonostante gli obblighi imposti dalla vita sociale, i tre figli avuti in soli quattro anni e i problemi di salute, continuò a dedicarsi alle sue ricerche scientifiche. In particolare si appassionò alle prospettive del calcolo automatico, intuendo che quella di Babbage non era solo una macchina per far di conto, ma poteva diventare un dispositivo capace di elaborare anche simboli astratti, fossero simboli algebrici o note musicali. Nel 1843 tradusse in inglese il testo che il matematico torinese Luigi Federico Menabrea



Modello di una parte dell'*Analytical Engine* di Babbage in mostra al museo della scienza di Londra

aveva dedicato all'*Analytical engine*, aggiungendovi un ampio corredo di note e di commenti originali che rivelano la sua capacità di concepire per la macchina un campo applicativo vastissimo, fornendole sia un programma, cioè una sequenza ordinata di istruzioni operative (oggi parliamo più comunemente di *software*), sia i dati, cioè le grandezze su cui eseguire le istruzioni. In particolare, la giovane considerò la possibilità di usare le schede perforate per il calcolo di formule algebriche e scrisse un programma per il calcolo di una successione di numeri. Immaginò che la macchina potesse comporre musica e produrre disegni.

**LA PRIMA PROGRAMMATRICE DELLA STORIA**

Per perfezionare ulteriormente la macchina secondo le sue intuizioni, Ada aveva bisogno di denaro, ma le corse dei cavalli non le portarono fortuna, e perse tutte le sue sostanze. La sua vita si interruppe tragicamente: dopo lunghe sofferenze dovute a un cancro, si spense a soli 36 anni. Oggi è considerata la prima programmatrice della storia dell'informatica e un'anticipatrice del concetto di intelligenza artificiale. Nel 1979 il Dipartimento della Difesa statunitense ha sviluppato un linguaggio di programmazione per grandi sistemi di calcolo al quale è stato dato il nome ADA in suo onore.

**ELLEN SWALLOW RICHARDS**

A Boston è un tiepido pomeriggio primaverile: due giovani maestre entrano in una casa del quartiere di Jamaica Plain, e sono subito abbagliate dalla luce del sole, che esplose dalle finestre illuminando i semplici e funzionali arredi del salotto. A differenza di tutte le case borghesi dell'epoca, nell'abitazione di Ellen Swallow Richards non ci sono pesanti tende di velluto a bloccare sole e aria, accumulando anche una gran quantità di polvere e ceneri. Le due donne sono venute per accordarsi

Un moderno impianto  
di trattamento  
delle acque reflue



© C-C/Chong Fat

sulla partecipazione al corso di igiene ambientale che Mrs Richards tiene nel suo piccolo laboratorio di scienza al Massachusetts Institute of Technology (MIT), aperto alle donne che non possono frequentare quell'Università. Ellen Swallow Richards, la prima laureata in chimica degli Stati Uniti, era convinta che le scelte realizzate dalle donne in casa propria fossero di vitale importanza per la salute ambientale, tanto da rendere la sua abitazione un modello innovativo in questo senso.

#### LA PRIMA LAUREATA DEL MIT

Ellen Swallow, nata in Massachusetts nel 1842, terminò in soli due anni il corso di studi quadriennale del Vassar College di New York, il primo istituto di istruzione superiore statunitense aperto alle donne. Nel 1871 venne ammessa "in via sperimentale" al MIT di Boston, dove si laureò in chimica. Prima donna a ottenere una laurea al MIT, non le fu tuttavia concesso di accedere all'insegnamento, in quanto non era ammessa la presenza delle donne nei laboratori.

L'Istituto riconobbe però la straordinaria importanza del suo lavoro e così Ellen riuscì a non essere allontanata: rimase come assistente e costituì un "laboratorio di scienza per donne", aperto alle interessate, che ovviamente non potevano essere studentesse del MIT.

#### UNA LUNGA BATTAGLIA CONTRO L'ACQUA INQUINATA

Oggi Ellen Swallow è considerata la fondatrice dell'ecologia e dell'ingegneria ambientale, discipline che ai tempi non esistevano proprio. Dovette lottare contro medici e chimici per richiamare l'attenzione su problemi ambientali che in quell'epoca di industrializzazione galoppante nessuno considerava, per esempio quelli che potevano essere provocati dal rilascio in acqua o in atmosfera di sostanze scarti dei processi

di lavorazione. Quando si cominciò a parlare di "ecologia umana" Ellen Swallow era già esperta in questo settore poiché da studentessa, insieme al suo docente, aveva organizzato un laboratorio di chimica sanitaria dove si facevano analisi dei cibi, dell'acqua usata per cuocerli e per bere e degli scarichi industriali. In due anni analizzò poi più di 100 000 campioni di acqua delle fognature su incarico del Ministero della Sanità dello Stato del Massachusetts. Raggiunse la fama proprio grazie ai suoi studi sulle acque inquinate provenienti dagli scarichi domestici e industriali, riuscendo a stabilire standard di qualità e tabelle di purezza sulla potabilità dell'acqua. Standard e tabelle adottati come prescrittivi prima nello Stato e poi nel resto del mondo. Queste ricerche richiedevano nuove tecniche e apparati di laboratorio, che dovette creare da sola. Allestì anche il primo laboratorio al mondo per effettuare trattamenti di purificazione delle acque.

#### UNA CASA MODELLO

Ma non è tutto: nel settore della mineralogia isolò un metallo allora sconosciuto, il vanadio e, sposata con un docente del MIT, Robert Richards, fece realizzare la loro casa con metodi di ventilazione e di riscaldamento non inquinanti, al contrario dei caminetti diffusi a quell'epoca. Per questo, amici e studenti che la frequentavano la chiamavano il centro del benessere. Riteneva che, anche se la battaglia contro l'inquinamento si presentava lunga e senza sosta, ogni piccolo risultato poteva avere grandi conseguenze.

#### HEDY LAMARR

Considerata la donna più bella del cinema di tutti i tempi, l'attrice Hedy Lamarr è diventata famosa nel 1933, a vent'anni, per il film Estasi: c'era infatti una sequenza nella quale appariva interamente nuda, cosa che fece grande scandalo alla Mostra del



cinema di Venezia, dove il film venne presentato per la prima volta. Del fascino femminile Hedy ha dettato una formula semplicissima: «Non è difficile diventare una grande ammaliatrice: basta restare immobile e recitare la parte dell'oca».

Ma oca Hedy non lo era proprio, e lo dimostra il premio speciale ricevuto nel 2000 dalla Electronic Frontier Foundation per avere brevettato, anche se mai sfruttato in termini economici, lo *Spread Spectrum*, un principio rivoluzionario recentemente usato nelle tecnologie wireless.

### DAL CINEMA ALLA FISICA

Nata a Vienna nel 1913 da una ricca famiglia ebraica, Hedwig Kiesler, in arte Hedy Lamarr, aveva cominciato studi di ingegneria e, a detta dei suoi insegnanti, aveva un talento eccezionale, ma fu scoperta da un famoso regista, iniziando presto una carriera a Hollywood. In realtà al cinema non ebbe poi particolare successo: relegata quasi sempre in parti secondarie, lo abbandonò definitivamente nel 1958. L'idea dello *Spread Spectrum* nacque durante una cena con il pianista d'avanguardia George Antheil.

### FREQUENZE CHE SALTANO

L'attrice, che aveva avuto sei mariti, era stata sposata anche con un fabbricante d'armi austriaco e, durante il matrimonio aveva familiarizzato con armi segrete e munizioni. Profondamente antinazista, desiderava contribuire alla lotta contro il regime di Hitler sfruttando le sue conoscenze in campo bellico. Lo sforzo della ricerca in quegli anni era fortemente orientato alla realizzazione di nuovi sistemi di difesa e Hedy si dedicò alla possibilità di eliminare le possibili intercettazioni dei siluri radiocomandati, sostituendo alla frequenza fissa di trasmissione una frequenza variabile.

L'idea era geniale, ma le tecnologie di allora non lo permettevano. A questo pensò George Antheil che divise tutto il campo disponibile delle frequenze in 88 "canali", tanti quanti i tasti del pianoforte. Insieme idearono un metodo per far saltare il segnale da un campo all'altro a intervalli regolari, con una frequenza di successione che doveva essere segreta e conosciuta solamente da chi trasmetteva e da chi riceveva il segnale. L'idea, chiamata "Sistema di comunicazione segreta n. 229287", fu brevettata nel 1942. All'epoca, la Marina americana lo ritenne un sistema troppo ingombrante e ufficialmente non fu mai usato. Il progetto fu realizzato successivamente con il nome di



Il Crystal Palace a Londra è un esempio di moderna stazione trasmittente



*Spread Spectrum* (Spettro Espanso) e nel 1962 fu installato sulle navi che parteciparono al blocco di Cuba.

#### DALLA RICERCA BELLICA AI TELEFONI CELLULARI

Oggi lo *Spread Spectrum* è riconosciuto come principio base della telefonia mobile: durante una telefonata al cellulare, infatti, la frequenza deve variare di continuo, per consentire l'utilizzo della stessa gamma di frequenze a più utenti ed evitare che la conversazione sia ascoltata da altri. A brevetto ormai scaduto da tempo, nel 1997, all'attrice e al musicista che lo avevano registrato fu conferito il Pioneer award, un premio che viene assegnato agli inventori che hanno rivoluzionato il mondo dell'elettronica e della comunicazione. Nel 2000 ottennero anche il premio speciale dalla Electronic Frontier Foundation. Hedy Lamarr fece in tempo a riceverlo poco prima di morire in Florida, all'età di 87 anni. Nel 2014, Lamarr e Antheil sono stati inseriti nella *National Inventors Hall of Fame* degli Stati Uniti. ●



Il volume *Scienziate nel tempo, 75 biografie* (Edizioni LUD, Milano 2016), di Sara Sesti e Liliana Moro, è uno degli esiti della prima ricerca italiana sul rapporto delle donne con la scienza, coordinato dal Centro Pristem dell'Università Bocconi di Milano

#### IL SALTO DEL SEGNALE

Lo *Spread Spectrum* è una tecnica di trasmissione in cui il segnale viene trasmesso su una banda di frequenze più ampia di quella effettivamente necessaria alla trasmissione dell'informazione contenuta nel segnale originario. Consiste nel far saltare il segnale da un campo all'altro a intervalli regolari, in modo da ridurre la generazione di picchi del segnale. Sono questi che causano interferenze con altre apparecchiature circostanti. La tecnica del salto di segnale permette di modulare gli impulsi così che i picchi siano ridotti e appiattiti. Questo diminuisce i problemi d'interferenza con gli altri strumenti di trasmissione elettronica situati nelle vicinanze e, nel caso della telefonia cellulare, impedisce l'ascolto involontario di conversazioni altrui.

#### Sara Sesti

è docente di matematica, membro dell'Associazione donne e scienza, responsabile della rassegna di film *Vedere la Scienza - Sguardi sulle Donne di scienza* e collaboratrice della rivista di matematica Progetto Alice. È inoltre tra le webmaster del sito dell'Università delle donne.



# Scienza da non perdere

di **Valentina Murelli**

Libri, siti, video, app, mostre, festival: un mondo di oggetti e iniziative che parlano di fisica, chimica, biologia, scienza della Terra o altro ancora. In questa pagina, una selezione di proposte per espandere i propri orizzonti scientifici.

## Libri

### LA CITTÀ DEGLI ANIMALI

Non solo i famosi piccioni: camminando per Venezia può capitare di imbattersi anche in gechi, garzette, falchi pellegrini, e addirittura di avvistare qualche foca monaca nei canali della città. O almeno, tutto questo è successo all'etologo veneziano Danilo Mainardi. Da qui l'idea di un libro per raccontare gli animali "insoliti" che vivono in città, le ragioni della loro "immigrazione", le caratteristiche della convivenza più o meno difficile con i padroni di casa, gli uomini. Come scrive l'autore nell'introduzione, è un vero cuore selvatico che batte in molte realtà metropolitane, tutto da scoprire e proteggere.

*D. Mainardi, La città degli animali, Cairo Editore, Milano 2016. [link.pearson.it/62B53B1E](http://link.pearson.it/62B53B1E)*

### STORIA, MITO E SCIENZA DEL FICO

Lungo tutta la sua storia evolutiva, l'essere umano ha avuto un compagno fedele: l'albero di fico. Da sempre, i fichi – oggi ne esistono più di 700 specie – nutrono noi e altri animali, favorendo la biodiversità, anche per merito di una stretta simbiosi con i loro insetti impollinatori (le vespe del fico). E ancora, hanno sempre nutrito anche la nostra immaginazione: basti pensare al grande significato simbolico per tutte le religioni principali, dal cristianesimo al buddismo all'islamismo. In futuro, inoltre, potrebbero rivelarsi fondamentali nella lotta al cambiamento climatico e nella protezione delle foreste. Di tutto questo parla *Ladders to Heaven*, ultimo, appassionante, libro del giornalista scientifico Mike Shanahan.

*Shanahan M., Ladders to Heaven, Unbound, Londra 2016. [link.pearson.it/8B312606](http://link.pearson.it/8B312606)*

## Sul web

### IL RAP DI HENRIETTA LACKS

Henrietta Lacks era una donna afroamericana, colpita a 31 anni da un cancro al collo dell'utero:

un tumore molto aggressivo, dal quale i medici che seguivano la donna prelevarono cellule che – si scoprì – erano praticamente immortali. Quelle cellule, chiamate HeLa, sono diventate una risorsa inestimabile per la ricerca biomedica, e la loro storia un paradigma significativo in etica medica. Tutto ciò è magistralmente condensato in un rap scritto, messo in musica e recitato da un gruppo di studenti di una scuola superiore di Oakland, in California. Il loro lavoro è ispirato al libro *La vita immortale di Henrietta Lacks*, della giornalista scientifica Rebecca Skloot, che appare in un cameo nel rap.

*La storia del rap e il video: [link.pearson.it/72FFFE59](http://link.pearson.it/72FFFE59)*

### SCIGUYS

Un gruppo di amici canadesi con la passione per la scienza e per la comunicazione video: sono gli ingredienti alla base di SciGuys, sito e canale youtube che offre brevi video con semplici esperimenti di scienza, da fare anche a casa. Esperimenti divertenti – dalla colorazione dei fiori all'estrazione di DNA dalle fragole – ma scientificamente divertenti. Per imparare con un pizzico di leggerezza.

*[link.pearson.it/5F8CECF](http://link.pearson.it/5F8CECF)*

### VIVA LE DONNE SCIENZIATE

Quando si tratta di commentare un evento o una notizia di scienza, nella grande maggioranza dei casi i mezzi di comunicazione italiani interpellano esperti maschi. Eppure, non mancano certo voci autorevoli di esperte nell'ambito delle cosiddette discipline STEM, Science, Technology, Engineering and Mathematics. Per ovviare a questa anomalia è nato il sito *100esperte.it*, che si propone di presentare nomi e curriculum di donne italiane che hanno raggiunto risultati importanti, ampiamente riconosciuti a livello internazionale, nell'ambito di queste discipline. Oltre che come riferimento per i media, il sito può essere anche un ottimo punto di partenza per lavorare in classe sul tema dell'eccellenza femminile nelle scienze. *100esperte.it*, [link.pearson.it/788F3A8A](http://link.pearson.it/788F3A8A)

## Mostre

### TERREMOTI

L'Italia – negli ultimi anni purtroppo ne abbiamo avuto frequente conferma – è un paese sismico. Dunque è più che mai importante per i suoi cittadini informarsi meglio su questo devastante fenomeno. L'occasione in più la offre una mostra prodotta tra gli altri dal Museo di Storia Naturale di Milano. Tra immagini, fotografie satellitari, diorami, filmati, sismografi e altra strumentazione, rocce e minerali, l'esposizione si propone di aiutare i visitatori a conoscere meglio le cause dei terremoti, le modalità con le quali si propagano le onde sismiche, le caratteristiche dell'interno del nostro pianeta. Ma, anche, quali sono le regole di prevenzione e di comportamento da adottare per limitare i danni che un terremoto potrebbe provocare.

*Mostra Terremoti, Museo di Storia Naturale di Milano  
Fino al 30 aprile 2017*

[link.pearson.it/6C890B01](http://link.pearson.it/6C890B01)

### UN CERVELLO AL MUSEO

Verso la fine dell'Ottocento, un anatomista cecoslovacco e un ingegnere svizzero costruirono uno dei primi modelli di cervello e midollo spinale mai realizzati. A partire dai documenti originali sul modello, l'artista Christian Fogarolli lo ha ricostruito e ora l'opera è in mostra al Museo di Anatomia Umana di Torino. La mostra, aperta fino al 15 dicembre, è un'occasione per conoscere un museo che intende far rivivere l'atmosfera da "cattedrale della scienza" tipica delle esposizioni ottocentesche. Imperdibile l'ampia collezione di modelli in cera.

*Phantom models III, Museo di anatomia umana di Torino  
Fino al 15 dicembre 2016 [link.pearson.it/1B8E3B97](http://link.pearson.it/1B8E3B97)*

### Valentina Murelli

è giornalista e  
science writer  
freelance.



**Comitato editoriale:** Valeria Cappa, Marika De Acetis, Cristina Gatti, Valentina Murelli

**Coordinamento e progettazione:** Valentina Murelli

**Redazione e ricerca iconografica:** Jacopo Cristini

**Progetto grafico:** Shiroi Studio srl

**Impaginazione:** Martina De Vincentiis

**Immagine di copertina:** 3d rendered illustration of leukocytes attacking a cancer cell

**Credit:** © Fotolia/Sebastian Kaulitzki

*Pubblicazione aperiodica distribuita gratuitamente nelle scuole, pubblicata da Pearson Italia S.p.A. Corso Trapani 16, 10139, Torino. L'editore è a disposizione per gli aventi diritti per eventuali non volute omissioni in merito a riproduzioni grafiche e fotografiche inserite in questo numero. Si autorizza la riproduzione elettronica e cartacea per l'uso didattico in classe.*

Tutti i diritti riservati © 2016 Pearson Italia. [www.pearson.it](http://www.pearson.it)