

sciencemagazine

LA SCIENZA IN CLASSE

03
GENNAIO 2015

NASA



ATTUALITÀ PER LA CLASSE

ISS: un laboratorio spaziale

di Roberto Vanzetto

2

ATTUALITÀ PER LA CLASSE

Astrobiologia: la vita nello spazio

di Silvia Paris

6

ATTUALITÀ PER LA CLASSE

La vera vita del cacciatore di dinosauri

di Paolo Magliocco

10

IDEE E STRUMENTI
PER INSEGNARE

Quanto è reattivo il ghiaccio?

di Gianluca Farusi

17

ESPERIENZE
DI CLASSE

Tutto il bello delle piattaforme in cloud

di Giuseppe De Ninno

22

GITE SCIENTIFICHE

Fiori di cera

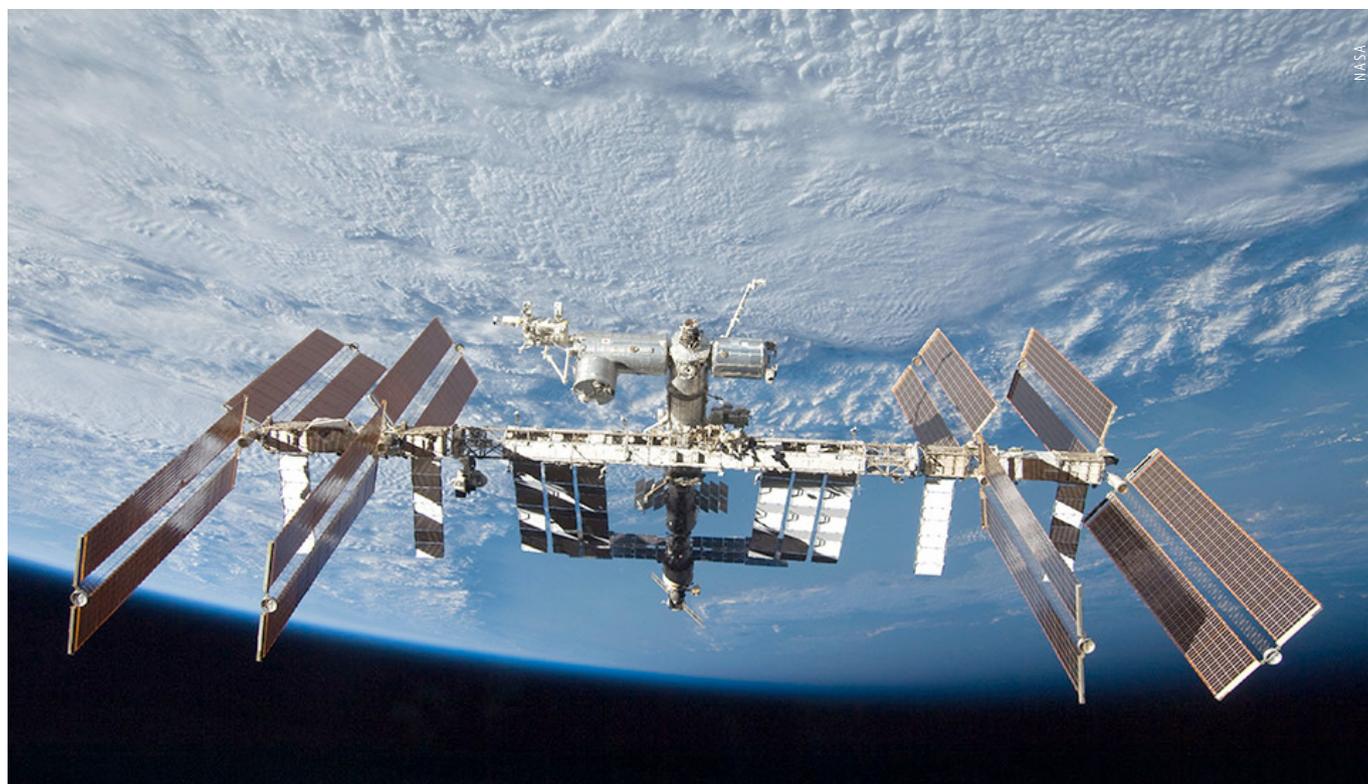
di Tiziana Moriconi

27

ISS: un laboratorio spaziale

di **Roberto Vanzetto**

La Stazione spaziale internazionale è un imponente laboratorio scientifico, per varie discipline. Per quanto riguarda la fisica, gli esperimenti di meccanica condotti dall'Agenzia spaziale europea possono offrire un modo alternativo per introdurre in classe le leggi di Newton.



La ISS, Stazione spaziale dedicata alla ricerca scientifica, misura in lunghezza 100 metri

Certe volte, di notte, la si può vedere brillare nel cielo come se fosse una stella. È la ISS (International Space Station), la Stazione spaziale internazionale, che da novembre 2014 ospita, nel suo equipaggio, anche la prima astronauta italiana a raggiungerla, Samantha Cristoforetti. Ci sono voluti oltre 15 anni di attività per arrivare alle dimensioni attuali di ben 100 metri in lunghezza, che permettono di vederla nel cielo anche a occhio nudo: si tratta del veicolo e laboratorio più grande che l'essere umano abbia

mai costruito nello spazio. La Stazione spaziale internazionale orbita attorno alla Terra a circa 400 km di quota e si muove alla velocità di quasi 28 000 km all'ora, facendo 15 rivoluzioni ogni giorno. È abitata da astronauti provenienti da varie nazioni, che soggiornano insieme nello spazio per lunghi periodi, allo scopo di svolgere esperimenti scientifici. La Stazione spaziale è gestita, in collaborazione, dalle agenzie americana (NASA), russa (RKA), europea (ESA), giapponese (JAXA) e canadese (CSA).

GLI ESPERIMENTI NELLA ISS

Samantha Cristoforetti realizzerà numerosi esperimenti per conto dell'Agenzia spaziale europea e di quella italiana (ASI). L'ambiente della Stazione spaziale è ideale per svolgere esperimenti scientifici in condizioni di microgravità, cioè in quasi totale assenza di peso, che sarebbero impossibili da realizzare sulla Terra. I risultati sono molto importanti per varie discipline: fisica, chimica, scienza dei materiali, biologia e medicina. Cristoforetti in particolare si occuperà di esperimenti di biologia e medicina: lei stessa, come gli altri astronauti in orbita, è un "esperimento" vivente, perché rimanere per sei mesi nello spazio comporta effetti importanti sull'organismo umano. Effetti anche negativi, che si vogliono capire meglio per contrastarli in vista di future missioni spaziali di lunga durata. L'umanità, fino a ora, è stata nello spazio vicino, intorno all'orbita terrestre e sulla Luna, con le missioni Apollo degli anni Sessanta e Settanta. Ma nessuna persona è mai andata più lontano. Queste ricerche hanno anche lo scopo di preparare una futura missione umana su Marte.



Samantha Cristoforetti è la prima astronauta donna italiana

LA GRAVITÀ A 400 KM DI QUOTA

La forza di gravità, e quindi la conseguente accelerazione di gravità, è generata dalla massa della Terra che attrae gli altri corpi. La forza di gravità si riduce con il quadrato della distanza che c'è tra l'oggetto attratto e il centro della Terra. Il valore dell'accelerazione di gravità g sulla superficie della Terra è $9,8 \text{ m/s}^2$. Nella Stazione spaziale internazionale questo valore si abbassa, ma non di tanto. Il raggio equatoriale della Terra è di circa 6370 km. Aumentando la distanza di un corpo di altri 400 km si passa a 6770 km, solamente

il 6% in più. Elevando al quadrato questo rapporto tra le due distanze si ottiene, in proporzione, la differenza di accelerazione di gravità, differenza che è soltanto del 13%. Ciò significa che la gravità a 400 km di altezza è il 13% in meno di $9,8 \text{ m/s}^2$: il suo valore è quindi di $8,7 \text{ m/s}^2$. Questo vuol dire che nello spazio, alla distanza in cui si trova la Stazione spaziale internazionale, la gravità della Terra agisce ancora con una forte accelerazione. Perché allora si parla di "gravità zero"?



L'airbus A300 utilizzato per i voli parabolici di addestramento

MICROGRAVITÀ, PERCHÉ?

Il fatto è che questa accelerazione non ha effetti sugli oggetti e sulle persone a bordo della ISS, perché la Stazione spaziale è in caduta libera rispetto alla gravità della Terra.

La ISS percorre la sua traiettoria orbitando intorno alla Terra, il che è equivalente al "cadere continuamente" verso il nostro pianeta: la gravità di $8,7 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione centripeta necessaria all'orbita circolare.

Si ha così uno stato di microgravità. Il sistema si trova in caduta libera, in orbita circolare: tutto si muove con la stessa accelerazione centripeta (la velocità tangenziale è costante), per cui nulla si muove rispetto al resto e ogni oggetto fluttua nell'aria come se fosse privo di peso.

Sulla Terra si possono riprodurre queste condizioni nei laboratori chiamati "torri di caduta" (oppure a bordo di aerei che effettuano cicli di voli parabolici): in entrambi i casi però le condizioni di caduta libera durano pochi secondi.

FISICA NEL "LABORATORIO SPAZIALE"

Nella Stazione spaziale la microgravità è una situazione continua nel tempo e gli esperimenti che possono essere realizzati sono quindi molto più utili. La ISS è un vero e proprio laboratorio spaziale, o meglio un insieme di laboratori: Columbus è il modulo per il laboratorio dell'ESA, Destiny quello della Nasa, Kibo quello di JAXA: finora vi sono stati condotti centinaia di esperimenti, e molti altri verranno realizzati nei prossimi anni.

Alcuni esperimenti di semplice meccanica sono molto interessanti per chiarire anche le leggi della fisica che si studiano a scuola, in particolare le tre leggi della meccanica.

MISSIONE "NEWTON NELLO SPAZIO"

L'Agenzia spaziale europea ha realizzato un video di 17 minuti (disponibile in alta risoluzione in varie lingue, tra cui l'italiano) dedicato alla meccanica newtoniana per i ragazzi delle scuole medie e superiori. All'interno della sezione "education" dell'ESA si trova infatti la missione denominata *Newton nello spazio*: link.pearson.it/7274D412.

Il video, girato durante la Missione Cervantes del 2003, mostra come semplici esperimenti eseguiti nello spazio permettano di vedere all'opera le tre leggi del moto di Newton. Per il CLIL si può approfittare del filmato in lingue diverse dall'italiano, mentre il link diretto al filmato in lingua italiana è il seguente: link.pearson.it/EB7D85A8.

Ma perché ha senso andare sulla ISS a fare semplici esperimenti di meccanica newtoniana?

Il motivo è che qui sulla Terra le tre leggi di Newton – e soprattutto la prima – non si manifestano sempre chiaramente.

L'ISS E LA PRIMA LEGGE DI NEWTON

La prima legge di Newton, ovvero il principio d'inerzia, afferma che ogni oggetto non sottoposto a forze (oppure soggetto a forze che sono in equilibrio tra di loro) mantiene una posizione di quiete oppure si muove di moto rettilineo uniforme. Sulla Terra è difficile vedere un oggetto che rimane in moto rettilineo uniforme dopo aver ricevuto una piccola spinta, perché c'è la gravità che lo attrae verso il basso e c'è ovunque l'attrito che lo ferma o ne impedisce il moto.

Nella ISS invece questi movimenti rettilinei sono la realtà di tutti i giorni.

Un esperimento mostra un astronauta che soffia su una pallina, che si trova inizialmente a mezz'aria: la pallina si mette in moto e continua a muoversi senza rallentare, finché non viene fermata.

Come visualizzare l'inerzia a scuola? L'ESA propone vari esperimenti da fare sulla Terra, per esempio poggiare una mela su uno skateboard poi spingerlo contro un ostacolo: si vedrà che esso rimbalza indietro, mentre la mela continua (per inerzia) il suo movimento in avanti. Anche l'acqua in un bicchiere tenuto in mano da una pattinatrice mostra lo stesso effetto: se la pattinatrice si ferma bruscamente, l'acqua esce dal bicchiere. Per vedere come il principio d'inerzia comporti anche il permanere dello stato di quiete, si può salire con i pattini a rotelle (per ridurre al minimo l'attrito) su un tavolo dotato anch'esso di ruote: spostando il tavolo in un verso, la persona con i pattini rimarrà in quiete e, rispetto al tavolo, si muoverà nel verso opposto.

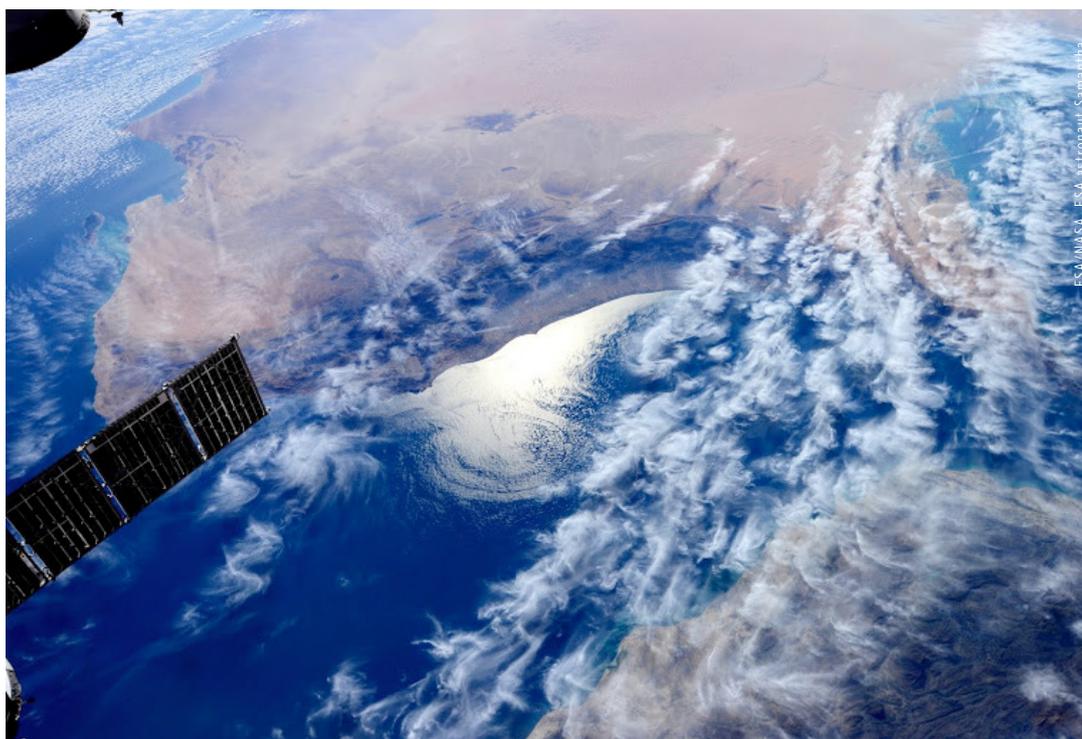


L'astronauta Pedro Duque spiega il secondo principio della dinamica a bordo della ISS

L'ISS E LA SECONDA LEGGE DI NEWTON

La seconda legge di Newton, $F = ma$, afferma che una forza applicata a un oggetto ne determina un'accelerazione inversamente proporzionale alla sua massa. Nella ISS la visualizzazione di questa legge è immediata: l'astronauta soffia contemporaneamente su tre palline fatte di materiali diversi (plastica, legno e ottone) e queste acquistano accelerazioni molto diverse.

Sulla Terra si può provare a ripetere questo esperimento ponendo tre palline su un ripiano liscio e soffiando con una cannuccia: si vedrà la pallina di ottone procedere molto più lentamente di quella di legno, e quella di legno procedere più lentamente di quella da ping pong.



ESA/NASA. ESA astronaut Samantha

La vista del nostro pianeta da centinaia di km di distanza è uno spettacolo meraviglioso. Dal mese di novembre 2014 possiamo emozionarci anche osservando le splendide fotografie inviate a Terra da Samantha Cristoforetti

L'ISS E LA TERZA LEGGE DI NEWTON

La terza legge di Newton afferma che ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria: sulla ISS se ne sperimentano gli effetti in ogni momento. Gli astronauti infatti fluttuano nell'aria, in assenza di gravità e di attrito, e ogni volta che prendono in mano un oggetto o spingono qualcosa, ricevono una spinta nel verso opposto. Certo, questo succede continuamente anche sulla Terra: è il motivo per cui camminiamo. Con i piedi spingiamo sul terreno all'indietro e riceviamo una spinta in avanti per muoverci. Ma grazie alla gravità e all'attrito con il terreno possiamo anche spingere o prendere qualcosa rimanendo fermi. Sulla ISS invece non è possibile prendere cose o dare spinte rimanendo immobili: si viene spinti con la stessa forza dalla parte opposta. Sulla Terra possiamo sperimentare questo effetto con i pattini: se un pattinatore spinge un altro pattinatore, si sentirà a sua volta spinto all'indietro con la stessa forza. Le accelerazioni in gioco dipenderanno dalle masse. La persona con meno massa guadagnerà una velocità maggiore.

MISSIONE "MATERIA NELLO SPAZIO"

Un'altra "missione educativa" dell'ESA è quella dedicata allo studio della materia (link.pearson.it/9C7AB53E). Alcuni semplici esperimenti sono stati filmati durante la Missione Eneide nel 2005 con l'astronauta italiano Roberto Vittori e il russo Sergei Krikalëv. Il link al filmato in lingua italiana, della durata di circa 24 minuti, è il seguente: link.pearson.it/21E209D. La maggior parte degli esperimenti è stata fatta sulla Terra, da studenti di varie nazioni. Sulla ISS è interessante vedere la crescita dei cristalli in assenza di gravità: non essendoci una direzione preferenziale verso il basso, questi si dispongono con strutture tridimensionali più complesse. E ancora: anche sulla ISS l'olio non si mescola all'acqua, ma non si dispone in superficie galleggiando. Non essendoci gravità, non c'è nemmeno la spinta di Archimede. ●

Roberto Vanzetto

fisico e dottore di ricerca in scienze e tecnologie spaziali, è docente di matematica e scienze.



Astrobiologia: la vita nello spazio

di **Silvia Paris**

Sulla Stazione spaziale internazionale non si svolgono soltanto esperimenti di fisica, chimica o scienze dei materiali: in questo articolo proponiamo alcuni spunti didattici per introdurre a lezione temi ed esperimenti di astrobiologia e di fisiologia.



©PhotoStock-Israel/Corbis

Nel deserto del Negev vivono i cianobatteri inviati per gli esperimenti sulla ISS

Il fascino che temi e protagonisti dello spazio esercitano sugli studenti può essere sfruttato in classe per attività nel campo delle scienze della vita. Ecco alcuni esempi.

BATTERI SULLA ISS

La vita esiste, o è esistita, fuori dalla Terra? Quali condizioni ambientali potrebbero ospitarla su altri pianeti? È su temi come questi che si interroga l'astrobiologia, un ambito di ricerca

interdisciplinare che combina gli strumenti di astronomia e biologia per indagare la possibilità della vita nello spazio.

Recenti ricerche in questo campo si focalizzano sullo studio di microrganismi estremofili che vivono in ambienti terrestri particolarmente ostili alla vita, come le valli secche dell'Antartide o i deserti rocciosi caldi e freddi: luoghi che per temperature estreme, tipo di suolo e scarsità di risorse come acqua o ossigeno, sono considerati

analoghi ad ambienti osservati fuori dalla Terra. L'estate scorsa, per esempio, sono stati inviati sulla Stazione spaziale internazionale BOSS (*Biofilm Organisms Surfing Space*: link.pearson.it/7519100B) e BIOMEX (BIOLOGY and Mars EXperiment: link.pearson.it/EC1041B1), due esperimenti internazionali con l'obiettivo di testare la capacità di cianobatteri estremofili di sopravvivere e duplicarsi in condizioni di esposizione al vuoto e ai raggi cosmici che simulano l'ambiente marziano. Questi esperimenti sono stati al centro di percorsi didattici coordinati dal gruppo di ricerca in astrobiologia dell'Università di Tor Vergata, a Roma, dai quali è possibile trarre spunto per approfondimenti e laboratori. Online si trovano una scheda descrittiva (link.pearson.it/595987D1) e un resoconto video (link.pearson.it/C050D66B) di queste esperienze.

ESTREMOFILI: DALLO SPAZIO ALLA CLASSE

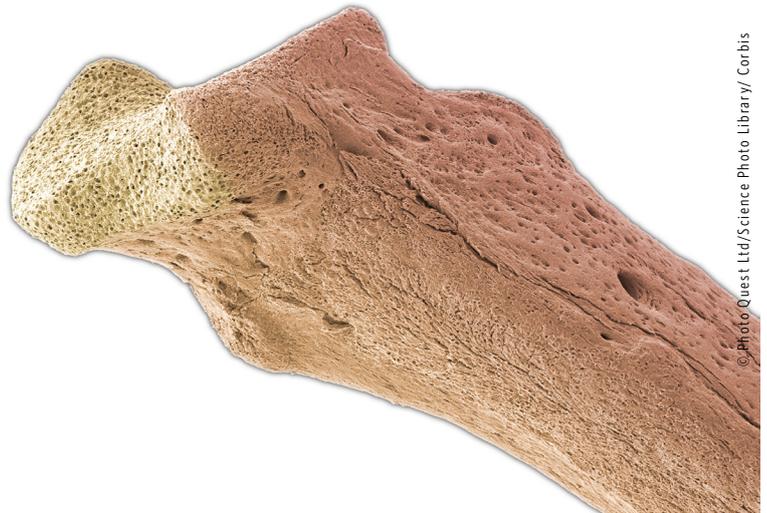
La presentazione in classe degli esperimenti di astrobiologia sui batteri estremofili può essere associata a diversi argomenti del programma di biologia. La correlazione tra le caratteristiche dei diversi tipi di estremofili – come i termofili o gli psicofili – e i loro habitat fornisce un esempio curioso ed evidente di adattamento, utilizzabile per collegamenti con la teoria dell'evoluzione. Una sintetica presentazione dei principali tipi di estremofili e dei loro ambienti è contenuta nel video *Extremophiles*, realizzato dalla BBC (link.pearson.it/B757E6FD). Della durata di 3:33 minuti, il video – in inglese – può essere utilizzato in classe per attività CLIL.

La capacità dei cianobatteri inviati nello spazio di riparare i danni al DNA causati dall'esposizione ai raggi UVC e di riuscire a duplicarsi, emersa da esperimenti condotti a Terra ^①, offre spunti, invece, per ripassare la genetica dei batteri e confrontarla con quella degli eucarioti. Più in generale, successi e nuove sfide dell'astrobiologia possono essere approfonditi scaricando e leggendo *Astrobio Graphic Novels* (link.pearson.it/9B177127), un fumetto in 5 puntate realizzato dalla Nasa, l'Agenzia spaziale americana, che riassume in modo avvincente 50 anni di ricerche in questo campo.

Stralci di queste risorse possono essere utilizzati a lezione per attività in lingua inglese.

LA SALUTE DELLE OSSA NEI VOLI SPAZIALI

Nella Stazione spaziale internazionale gli astronauti (che sono anche ricercatori) hanno la possibilità di studiare gli effetti della microgravità su diversi processi fisiologici, utilizzando se stessi come "cavie"



© PhotoQuest Ltd/Science Photo Library/ Corbis

In orbita si compiono studi sul fenomeno di riduzione della massa ossea e, dunque, dell'osteoporosi

o conducendo esperimenti su colture di cellule. Alcuni esperimenti di medicina dello spazio hanno la doppia finalità di indagare i fattori di rischio ai quali sono esposti gli astronauti e, allo stesso tempo, di migliorare la comprensione di malattie che colpiscono molte persone a Terra. Il fenomeno di riduzione della massa ossea – alla base dell'osteoporosi – si presta bene a essere studiato in orbita con questo duplice obiettivo. In microgravità, infatti, gli astronauti – analogamente a quanto accade a Terra ai convalescenti costretti per lunghi periodi a letto – sono privati delle normali sollecitazioni all'apparato muscolo-scheletrico necessarie per un bilanciato rimodellamento osseo.

ESPERIMENTI PER FUTURA

Testare nuove soluzioni per contrastare la perdita di massa ossea causata dall'esposizione prolungata alla microgravità può avere importanti ricadute anche per il trattamento dell'osteoporosi a Terra.



Il sensore sulla fronte di Samantha Cristoforetti fornisce dati che aiuteranno i ricercatori a comprendere i ritmi circadiani nello spazio

A questo tema sono dedicati *Bone/Muscle check* e *Nanoparticles and Osteoporosis (NATO)*: due esperimenti italiani recentemente partiti per lo spazio alla volta di Futura, la missione dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) che ha come protagonista Samantha Cristoforetti.

Progettato dall'Università di Salerno, *Bone/Muscle check* (link.pearson.it/BA86CB6) ha l'obiettivo di verificare l'affidabilità di test diagnostici basati sulla saliva per rilevare la variazione di massa muscolare e ossea, mediante la raccolta e il confronto di campioni di saliva, urina e sangue dell'equipaggio della ISS durante e dopo il volo spaziale.

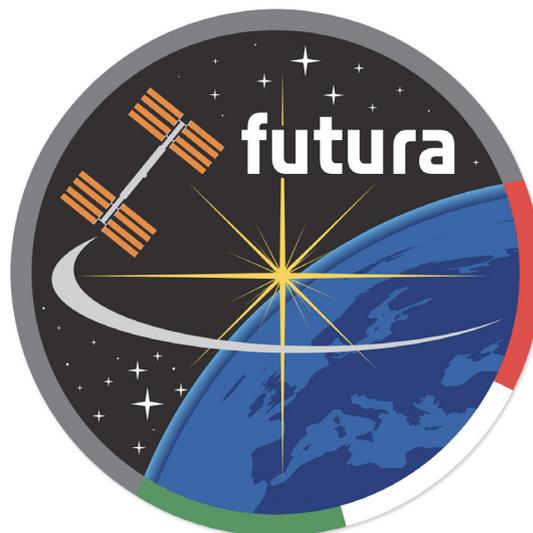
L'esperimento NATO, coordinato dall'Università di Pavia, punta a studiare su colture cellulari la possibilità di utilizzare specifiche nanoparticelle per combattere i danni al tessuto osseo causati dalla microgravità e, più in generale, associati all'osteoporosi. L'esperimento è descritto in un breve video (link.pearson.it/7CAF5C20).

ULTERIORI SUGGERIMENTI PER APPROFONDIMENTI DIDATTICI

Il tema del rimodellamento osseo in microgravità può essere introdotto in classe utilizzando il video della NASA *Bone Remodeling in Microgravity* (link.pearson.it/2933735E) in inglese e con la possibilità di attivare sottotitoli in inglese. Lo spunto consente, per esempio, di esemplificare concretamente la differenza tra modellamento e rimodellamento osseo e di approfondire i meccanismi alla base dell'osteoporosi e le buone abitudini volte a prevenirla.

BIBLIOGRAFIA

- ① D. Billi et al., *Cyanobacteria from Extreme Deserts to Space*, in *Advances in Microbiology*, vol. 3, 2013. link.pearson.it/20853F75



ESA/ASI/V. Papeti

La pagina della NASA *Good Diet, Proper Exercise Help Protect Astronauts' Bones* (link.pearson.it/2E5EB747) contiene infine interessanti curiosità e informazioni relative alla dieta e all'allenamento che gli astronauti a bordo della ISS devono affrontare per limitare la perdita di massa ossea. E a Terra, come si manifesta e previene l'osteoporosi? La domanda può essere il punto di partenza per approfondimenti più strutturati sull'epidemiologia della malattia o per attività adatte anche ai più giovani, consistenti nell'ideazione di programmi di allenamento o di ricette e suggerimenti alimentari che favoriscano la salute delle ossa. ●

Silvia Paris

è esperta in comunicazione della ricerca e divulgazione scientifica.

Da anni collabora con l'editoria scolastica alla progettazione di contenuti e strumenti didattici.



Scheda Didattica / **Lo spazio e le scienze della vita**

di **Silvia Paris**

CANDIDA IL TUO ESPERIMENTO A PARTIRE PER LO SPAZIO!

Un team di scienziati che aspiri a mandare il proprio progetto di ricerca nello Spazio deve partecipare a una selezione pubblica promossa da una Agenzia spaziale - come la NASA o l'ESA - inviando una proposta convincente. La selezione è dura perché la Stazione spaziale internazionale può ospitare solo un numero limitato di esperimenti.

Qui proponiamo un gioco di ruolo volto a valutare l'apprendimento sui temi presentati, e a stimolare i ragazzi al ragionamento scientifico, invitandoli a vestire i panni di ricercatori che devono candidare un loro esperimento per la Stazione spaziale internazionale.

Gli studenti, organizzati in gruppi di 5-8, sono chiamati a scrivere e ad illustrare in classe una proposta di esperimento da mandare nello Spazio, compilando la scheda di candidatura proposta di seguito. La proposta sarà valutata

da una commissione, che può essere costituita da studenti estratti a sorte da ciascun gruppo.

La difficoltà dell'esercitazione può variare in base al livello della classe e agli obiettivi didattici. Si può chiedere uno svolgimento più "compilativo" - per esempio di riscrivere un esperimento di biologia realmente inviato sulla ISS - o uno svolgimento più "sperimentale", per esempio di adattare allo Spazio un esperimento terrestre svolto a scuola, in laboratorio, o di progettarne uno da zero. Si può suggerire la consultazione del database di esperimenti selezionati dalla NASA (link.pearson.it/5E3443C8) e delle pagine web dell'ESA e della NASA dedicate ai laboratori di biologia e medicina dello Spazio a bordo della ISS, rispettivamente *Biolab Research Facility for Columbus* (link.pearson.it/C73D1272) e *NASA Biological Facilities* (link.pearson.it/B03A22E4).

ELEMENTI PER LA SCHEDA DI CANDIDATURA

1. Nome dell'esperimento

Molti progetti di ricerca hanno un nome breve, che ne facilita l'identificazione, e un nome esteso, che sintetizza l'oggetto dell'indagine: spesso il nome breve è l'acronimo di quello esteso. Il nome di un progetto è il biglietto da visita che ne anticipa finalità e contenuto: è importante sceglierne uno comprensibile ed efficace.

2. Obiettivi

Che cosa si propone di testare il vostro esperimento? Per esprimere in modo chiaro e convincente gli obiettivi, chiedetevi perché il vostro esperimento dovrebbe essere portato nello spazio e interrogatevi sulla rilevanza del suo contributo alle nostre conoscenze.

3. Descrizione

Per essere convincente, un buon esperimento deve anzitutto mostrarsi fattibile in un laboratorio speciale come la ISS. Siate precisi nell'indicare i materiali, la procedura e tempi di esecuzione. Verificate che l'esperimento abbia una durata compatibile con quella delle missioni spaziali, e assicuratevi che le condizioni e la strumentazione a bordo della ISS siano adeguate all'esecuzione. Specificate le caratteristiche e quantità di tutti i materiali e gli eventuali strumenti aggiuntivi necessari.

Perché il vostro esperimento è promettente? A quali sfide scientifiche, sociali, o tecnologiche potrebbe fornire una risposta? In questa sezione soffermatevi sulle ricadute attese e sui vantaggi del progetto, motivando la solidità delle vostre aspettative.

La vera vita del cacciatore di dinosauri

di **Paolo Magliocco**

Per fare il paleontologo non basta il lavoro sul campo. Servono anche lo studio dei reperti, il lavoro al computer, le competenze sulle nuove tecniche di indagine. È così che si può arrivare a tenere in mano il primo dinosauro italiano e finire sulla copertina di Nature, come accaduto a Cristiano Dal Sasso.



Giovanni Dall'Orto

Ciro, cucciolo di *Scipionyx samniticus* conservato presso il Museo di Storia Naturale di Milano

In che modo sia diventato “il papà del primo dinosauro italiano” (come lo hanno spesso chiamato affettuosamente i giornali) Cristiano Dal Sasso, paleontologo al Museo di Storia Naturale di Milano dopo una laurea in Scienze Naturali all’Università Statale, non sa spiegarlo nemmeno lui. Una serie di fortunati eventi, si potrebbe dire. Perché lui, in realtà, avrebbe voluto studiare gli anfibi: ciò che più lo affascinava era il processo della metamorfosi. Ma l’idea di fare una tesi in quel campo sfumò e lui si ritrovò ad avere a che fare con i fossili, prima mammiferi e poi rettili. E se guarda indietro a quando era ragazzo,

la sua passione era per la natura in senso ampio, non per questo o quel campo di ricerca, nemmeno per la paleontologia o per i rettili del Giurassico. È per questo che scelse di iscriversi alla facoltà di Scienze naturali, anziché di Biologia o Geologia, per mantenere uno sguardo aperto su tutto il mondo che ci circonda. Certo, i fossili hanno sempre rappresentato qualcosa di particolare nella sua vita, in qualche modo ci è cresciuto in mezzo, anche in senso fisico. Perché nella casa dei nonni sull’altopiano di Asiago, che frequentava d’estate, i fossili erano anche nei muri, nella pietra di cui la casa stessa era fatta.

LIBRI CHE "SEGNANO"

«Ci sono stati due libri per me molto importanti, che mi furono regalati per un Natale. Il primo era di Guido Ruggeri, un giornalista, e trasmetteva tutto il fascino dell'avventura e della scoperta che sta dietro la ricerca paleontologica. L'altro era un libro di Giovanni Pinna, storico direttore di questo Museo, e aveva bellissimi disegni degli scheletri degli animali di cui parlava e che io cercavo di rifare con la plastilina e il filo di ferro.» In fondo, il racconto di Dal Sasso sulle sue prime esperienze di giovane paleontologo assomiglia molto a quello che è il suo lavoro ancora adesso, nel suo ufficio al primo piano del Museo di Storia Naturale di Milano, un luogo famoso per le sue esposizioni che da quasi duecento anni accompagnano i bambini e i ragazzi di Milano e di tutta Italia, ma in cui si fa anche tanto lavoro di studio e di ricerca. Si muove qui, tra i fossili che non perde mai di vista e che maneggia quotidianamente, e lo schermo del computer che, dice, è lo strumento che più utilizza, proprio come faceva da bambino, passando dal libro agli scheletri di plastilina.



Cristiano Dal Sasso mentre analizza alcuni fossili

UN MUSEO IMPORTANTE

Dal Sasso ha trascorso qui tutta la sua vita professionale, anzi ci ha persino scritto la tesi di laurea. Ed è anche grazie a questo luogo che ha studiato *Ciro*, il cucciolo di dinosauro carnivoro vissuto nella Basilicata di 113 milioni di anni fa, che nel 1998 lo ha portato sulla copertina di *Nature*, una delle riviste scientifiche più importanti. O che è entrato in contatto con i suoi più famosi colleghi di tutto il mondo, compresi quelli con cui sta conducendo il suo ultimo lavoro, lo studio dello spinosauro, il primo dinosauro adattato alla vita acquatica, che campeggiava sulla copertina del *National Geographic* di ottobre 2014 e che presto porterà a Milano per una grande mostra. Sulle potenzialità e i limiti della ricerca nei musei italiani

ci sarebbe tanto da dire, ma Dal Sasso si concentra a raccontare come allo studio teorico e all'analisi dei reperti abbia sempre voluto aggiungere anche altro: la ricerca sul campo.



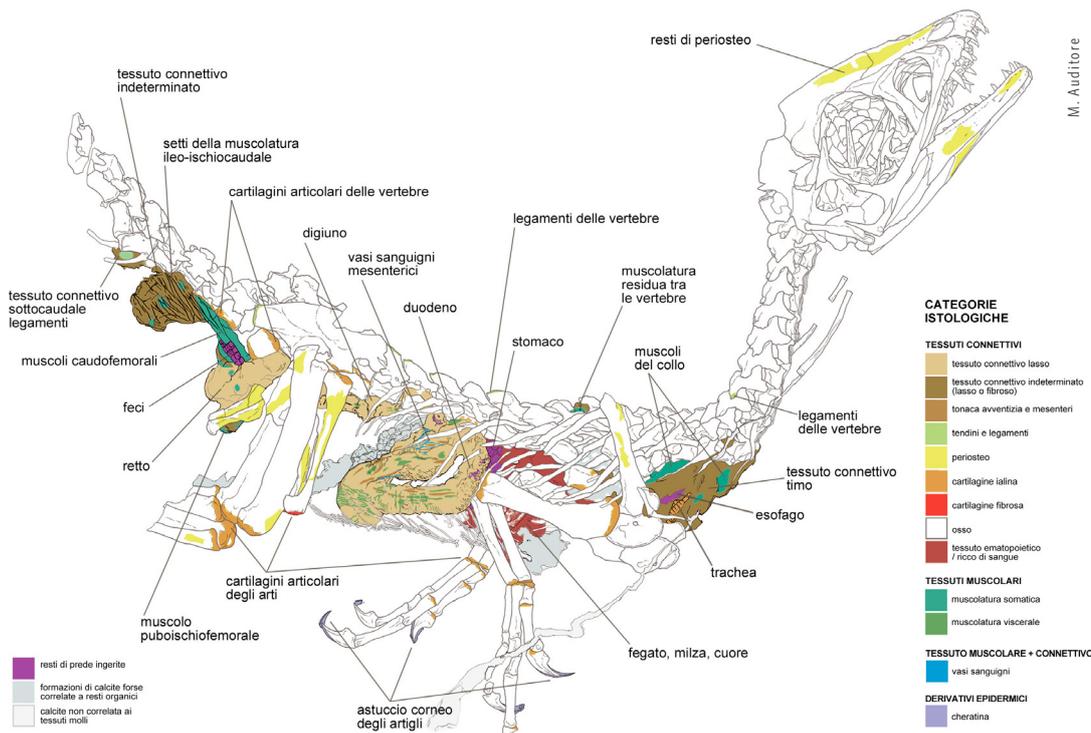
Il paleontologo moderno trascorre la propria vita professionale tra studio e attività sul campo

A CACCIA DI FOSSILI

«Da ragazzo sull'altopiano di Asiago andavo anche io alla ricerca di fossili. Quando vivevo a Concorezzo (MB), invece, cercavo rane e girini, e nel giardino della nostra villetta avevo ricreato uno stagno, con le sponde inclinate nel modo giusto, e ci studiavo i girini, affascinato dalla loro trasformazione. Quando sono arrivato qui per fare la tesi, mi hanno affidato una collezione di resti di mammiferi del Quaternario, raccolti da un anziano signore di Stradella (in provincia di Pavia) che poi li aveva affidati al Museo. Ma io non mi sono accontentato di classificarli a tavolino, sono voluto andare a parlare con lui, a vedere i posti in cui li aveva trovati, per capire come fossero arrivati fino a lì, anche se così per finire la tesi ci ho impiegato due anni.» Anni a volte anche un po' noiosi, nel lavoro di classificazione, ma preziosi, in cui, dice, ha imparato un metodo di lavoro. Lo stesso che gli ha permesso di fare la sua prima, piccola scoperta, il giorno in cui Giovanni Pinna (proprio l'autore del suo libro di bambino, nel frattempo diventato il suo capo, come direttore del Museo) gli affidò i resti di un piccolo rettile perché lo "preparasse" per la conservazione aggiungendo, come se lo dicesse un po' per caso, che di quel rettile non si conosceva la classificazione e, magari, poteva intanto provare lui a capirci qualcosa. In effetti, scoprì Dal Sasso, era proprio una specie sconosciuta.

Lo studio dei tessuti molli di *Ciro* è possibile grazie all'impiego della microscopia elettronica e della TAC

M. Auditore



UN LAVORO MINUZIOSO

Intanto, nel giacimento di Besano, vicino al lago di Lugano, dove da sempre scavano i paleontologi del museo milanese, comincia a emergere un grande ittiosauro, un rettile marino di quelli che precedettero la comparsa dei dinosauri. Del Sasso partecipa al lavoro di scavo degli undici metri quadrati del fossile che richiede un anno e mezzo per essere staccato dalla roccia e poi altri cinque anni e 16 500 ore di lavoro di preparazione per essere trasformato nel fossile che oggi si può ammirare anche in una ricostruzione tridimensionale. «Perché chi vede un fossile pensa che esca così dalla roccia, ma non è affatto vero, ovviamente, e il lavoro per renderlo visibile e pronto per essere studiato è enorme. Nel caso dell'ittiosauro abbiamo dovuto dividerlo in lastre di cinquanta centimetri di lato, che però poi si fratturavano e andavano preparate e ricomposte un pezzo alla volta.»

L'INSOLITO ARRIVO DI CIRO

La scoperta più importante, invece, arriva in un modo insolito. «Una sera mi telefona un collega del Museo, dicendo di essere a casa di una persona che ha voluto mostrargli un fossile singolare, un rettile, del quale lui non sa molto, perché studia altro, ma che a me potrebbe interessare.» È così che Dal Sasso adotta *Ciro*, piccolo dinosauro carnivoro rimasto intrappolato nella roccia matese un giorno qualsiasi del Cretaceo, pochi giorni dopo essere nato. Un esemplare rarissimo e bellissimo, che mostra anche gli organi interni e i tessuti

CHI ERA CIRO?

Ciro era un cucciolo di dinosauro e aveva solo pochi giorni quando venne inghiottito dal mare, 110 milioni di anni fa. Il suo corpo andò a cadere su un fondale dove fu intrappolato da fanghi calcarei che ne favorirono l'immediata fossilizzazione. È così che i suoi resti sono arrivati fino a noi in condizioni straordinarie, che hanno permesso lo studio non solo dello scheletro, ma anche (grazie a tecniche di indagine come fotografia in luce ultravioletta, TAC e microscopia elettronica a scansione) dei tessuti molli e persino del contenuto del suo apparato digerente. Un caso unico. Appartiene a una specie di cui non si conoscono altri esemplari, battezzata *Scipionyx samniticus*. Era un carnivoro e nel suo intestino sono stati individuati resti di lucertole e pesci. Fu ritrovato nel 1980 nelle campagne di Pietraraja, in provincia di Benevento e da anni è studiato da Cristiano Dal Sasso e Simone Maganuco, che continuano a estrarre nuove informazioni da questo prezioso reperto.

molli, e che Dal Sasso continua davvero a curare e accudire anno dopo anno, come se lo crescesse. Una scoperta è un processo, non un momento preciso, almeno in questo caso. «In sé, la scoperta può essere un attimo, anche nel nostro campo: quello in cui trovi un fossile. Ma il paleontologo alla Indiana Jones, che passa tutta la sua vita sul campo, non esiste, o è molto difficile che esista, ci vuole tanto studio, bisogna leggere tanta letteratura, scrivere, pubblicare.»

UNA TAC PER IL FOSSILE

Non solo. Il paleontologo, anche chiuso nel suo studio, oggi è sempre meno uno studioso solitario. Rimirarsi il fossile tra le mani, farne un calco, confrontarsi con i geologi per capire la storia del luogo in cui un animale è vissuto non è più l'unica possibilità. Anziché affidarsi alla plastilina e alla propria manualità, o a calchi che, per quanto ben fatti, mai possono restituire

tutti i dettagli di un reperto e tutte le sue forme, un paleontologo può ricorrere a una Tac. Con la tomografia computerizzata una mummia o un osso di mammoth possono essere ingranditi, miniaturizzati, guardati da ogni angolazione, sezionati senza doverli toccare. E se la tomografia anziché essere realizzata con gli strumenti ordinari in uso negli ospedali sfrutta la luce di sincrotrone, quella emessa dagli elettroni quando corrono in un acceleratore di particelle, allora diventa in grado di rivelare dettagli minimi e svelare cose che sarebbe stato impossibile vedere a occhio nudo o verificare: il punto esatto dell'inserzione di un tendine, per esempio. Il risultato della tomografia, inviato a una stampante 3D, può riprodurre anche nella resina sintetica qualunque particolare in poco tempo: una copia esatta del reperto può essere creata con poca spesa e da chiunque. Scienziati di continenti diversi possono così scambiarsi i pezzi su cui lavorare insieme, attraverso lo schermo o prendendoli in mano, senza averli mai toccati davvero.

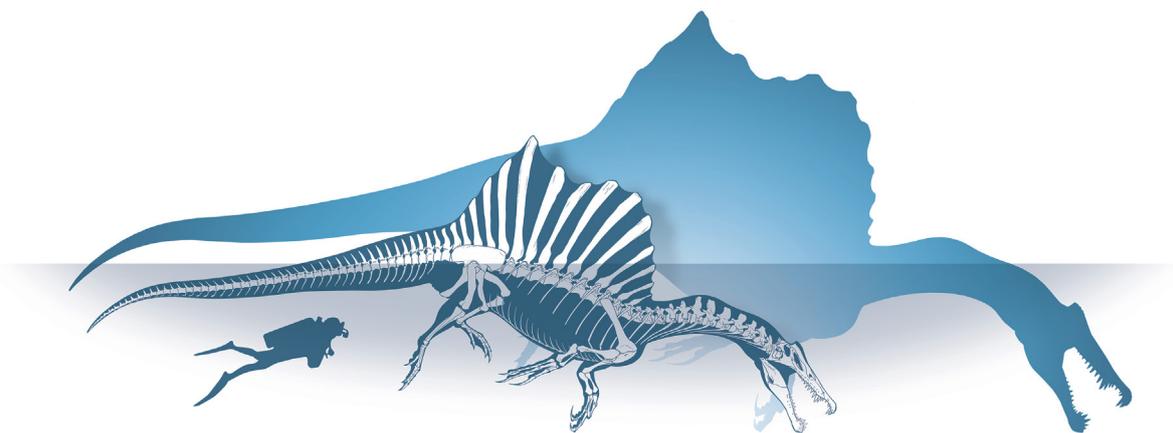
FAR PARLARE I RESTI ANTICHI

I metodi basati sulla fluorescenza indotta da luce ultravioletta, invece, sono in grado di dire con precisione la composizione chimica delle diverse parti di un fossile, fino a svelare la posizione di un muscolo, la forma dell'intestino.

IL DINOSAURO CHE NUOTAVA

Lo spinosauro è un dinosauro davvero particolare, e non solo per la grande "vela" che aveva sul dorso e della quale ancora non si conosce bene la funzione (l'ipotesi è che fosse un segno di riconoscimento all'interno della specie). Per quanto ne sappiamo oggi, lo spinosauro è l'unico dinosauro che conduceva una vita semiacquatica. Nessun dinosauro ha mai vissuto nel mare o nelle acque interne. Lo spinosauro, però, con ogni probabilità cacciava in acqua. Un'acqua fangosa e popolata da pesci enormi, dove sfruttava un sistema di localizzazione delle prede simile a quello dei coccodrilli e dove si muoveva con zampe che forse erano palmate. Questa ipotesi, formulata da un gruppo internazionale di paleontologi di cui fanno parte anche gli italiani Cristiano Dal Sasso e Simone Maganuco, è stata pubblicata nel 2014 dalla rivista scientifica *Science* e dal *National Geographic*, che ha finanziato in parte il lavoro. Lo spinosauro era un grande dinosauro carnivoro, come il tirannosauro, ma aveva un corpo estremamente pesante e sbilanciato in avanti che gli rendeva difficile muoversi sulla terraferma. Molte sue caratteristiche, come le ossa leggere, il profilo dei denti adatti a prede scivolose, la posizione delle zampe, fanno invece supporre un buon adattamento alla vita nell'acqua.

È anche grazie a questi tipi di analisi che la paleoistologia riesce a estrarre informazioni preziose, persino la dieta di un animale fossilizzato, la sua età, il sesso, sulla base degli elementi chimici contenuti nelle sue ossa. «Sono analisi sempre più sofisticate e utilissime per far dire di più ai resti di cui disponiamo. Perché alla fine, anche se io non credo nella possibilità di clonare un giorno qualche animale estinto partendo dai pochi frammenti di DNA dei quali disponiamo, il nostro lavoro può essere descritto così: rendere i fossili sempre meno animali pietrificati e sempre più animali vivi.» ●



La vela sul dorso dello spinosauro è il tratto distintivo di questo grande dinosauro semiacquatico

Paolo Magliocco

è un giornalista, appassionato di scienza e divulgazione. Dirige il sito Videoscienza (link.pearson.it/3028421F). Ha scritto un libro sulla scoperta del bosone di Higgs (*La grande caccia*, Pearson). Collabora con diversi giornali.



Scheda Didattica / La vera vita del cacciatore di dinosauri

di **Giulia Realdon**

DOMANDE E ATTIVITÀ

1. Nell'intervista vengono descritte alcune attività di un paleontologo. Cerca altre informazioni sul lavoro del paleontologo e sulle specializzazioni di questa professione.
2. A differenza dei racconti e dei film alla "Indiana Jones", il lavoro del paleontologo non è un'avventura solitaria ma un lavoro di équipe che integra lo studio sul campo a quello in laboratorio, sui libri o al computer. Spiega come paleontologi e geologi mettono insieme le rispettive competenze per ricostruire un quadro scientifico della vita e dell'ambiente che la ospitava in epoche lontane.
3. Nell'intervista vengono descritte alcune attività di un paleontologo. Cerca altre informazioni sul lavoro del paleontologo e sulle specializzazioni di questa professione.
4. Sempre nell'intervista, Dal Sasso sottolinea la scelta di studiare scienze naturali per "mantenere lo sguardo aperto" sul mondo naturale. Esplora i siti web delle università della tua regione (o comunque a te più vicine) per conoscere i piani di studio dei corsi di Scienze Naturali, Scienze Biologiche e Scienze Geologiche. Quali materie di studio delle Scienze Naturali mancano nel corso di Scienze Biologiche? E di Scienze Geologiche? (Le denominazioni dei corsi di laurea possono variare da un'università all'altra).
5. Nell'articolo si nominano i siti fossiliferi dell'altopiano di Asiago (Veneto), di Besano (Lombardia) e della Basilicata (Pietraroja, patria di "Ciro"). Cerca sulla rete informazioni sulla natura geologica delle tre località. Partendo da queste informazioni e dal tuo libro di testo spiega quali tipi di rocce possono o non possono contenere fossili, giustificando le tue affermazioni.
6. Con il termine fossili, di origine latina ("oggetti che si possono ottenere scavando") si intendono materiali di diverso tipo. Cerca sui tuoi libri di testo di Scienze della Terra o di Biologia come possono essere i fossili. È vero che un fossile contiene sempre il "corpo" di un organismo o una sua parte? Quali sono i processi attraverso i quali ha origine un fossile?
7. L'icnologia è un particolare settore della paleontologia: che cosa studia? Che cosa sono i fossili detti *cruziana*? E i *coproliti*?
8. La ricostruzione degli organismi del passato dai fossili procede anche per tentativi e, a volte, errori. Scopri come è cambiata la ricostruzione di *Hallucigenia* (Fauna di Burgess, Cambriano) dai tempi della sua prima descrizione.

9. A quando risalgono i più antichi fossili di dinosauri? A quando risale la loro estinzione? Cerca informazioni sull'evoluzione dei dinosauri e sulla loro classificazione.
10. Quali tra i seguenti sono dinosauri? Quali gli "intrusi"? Pelicosauri, ittiosauri, uccelli, pterosauri, brontosauri, ornitiscchi.
11. Fino a qualche decennio fa si pensava che in Italia non si potessero trovare fossili di dinosauri perché si riteneva che nel Mesozoico il nostro paese fosse pressoché tutto coperto dal mare della Tetide. Si è poi scoperto che quel mare non era del tutto profondo, ma anzi interrotto da terre emerse. Cerca sulla rete in quali zone d'Italia sono state trovate impronte o altri fossili di dinosauri. Dove è stato trovato "Antonio", un altro famoso dinosauro italiano?
12. Nuove tecnologie si sono aggiunte a quelle tradizionali per aumentare le informazioni ricavabili dai fossili. Cerca notizie sulle tecniche nominate nell'articolo: l'uso della radiazione di sincrotrone per la TAC, la fluorescenza a raggi X, la stampa in 3D.

ATTIVITÀ

Piccolo elenco di attività pratiche sul tema dei dinosauri.

Dato il fascino esercitato sugli studenti, queste attività ne susciteranno l'interesse, permettendo ai docenti di stimolare competenze utili anche in altri campi.

1. Laboratorio di anatomia comparata con dissezione di zampe di pollo e costruzione di un modello di arto posteriore di iguanodonte. link.pearson.it/DE262333
2. Attività "da tavolo" su ipotesi ed interpretazione di impronte di dinosauro. link.pearson.it/A92113A5
3. Attività all'aperto o al chiuso con analisi di impronte di dinosauro e calcolo delle dimensioni e dell'andatura dell'animale. link.pearson.it/399E0E34
4. Attività pratica per calcolare il peso di un animale dalle dimensioni delle sue impronte. link.pearson.it/4E993EA2



» Scheda Didattica / **La vera vita del cacciatore di dinosauri****SCIENZA E SOCIETÀ**

Probabilmente avrai sentito parlare di analisi del DNA di organismi anche antichi, come mummie egizie e uomini di Neanderthal. Nel campo è famoso il laboratorio di Svante Pääbo a Lipsia. Raccogli informazioni sulla rete e scrivi un breve saggio spiegando se, a tuo avviso, è possibile o meno riportare in vita dinosauri partendo dal loro DNA, come immaginato nel film "Jurassic Park". Puoi leggere anche questa intervista al paleontologo Jack Horner:

link.pearson.it/780410C1

ATTIVITÀ CLIL

Read the following text and then answer the questions.

THE DINOSAURS AND PREHISTORIC ANIMALS OF ITALY ①

While Italy can't boast nearly as many fossils as European nations farther north (like Germany), its strategic position near the ancient Tethys Sea has resulted in an abundance of pterosaurs and small, feathered dinosaurs. Here's an alphabetical list of the some important dinosaurs, pterosaurs, and other prehistoric animals discovered in Italy.

Besanosaurus

Discovered in 1993 in the northern Italian town of Besano, Besanosaurus was a classic ichthyosaur of the middle Triassic period: a slender, 20-foot-long, fish-eating marine reptile closely related to the North American Shastasaurus. Besanosaurus didn't give up its secrets easily, as the "type fossil" was almost completely enclosed in a rock formation and had to be carefully studied with the aid of X-ray technology, then meticulously chipped out by a team of paleontologists.

Ceresiosaurus

Technically, Ceresiosaurus belongs to both Italy and Switzerland: the remains of this marine reptile were discovered near Lake Lugano, which straddles these countries' borders. Yet another ocean predator of the middle Triassic period, Ceresiosaurus was technically a nothosaur – an obscure family of swimmers ancestral to the plesiosaurs and pliosaurs of the later Mesozoic Era – and some paleontologists think it should be classified as a species (or specimen) of Lariosaurus.

Eudimorphodon

Probably the most important prehistoric creature ever discovered in Italy, Eudimorphodon was a tiny, late Triassic pterosaur closely related to the better-known

Rhamphorhynchus (which was discovered in Germany's Solnhofen fossil beds). Like other "rhamphorhynchoid" pterosaurs, Eudimorphodon had a petite wingspan of three feet, as well as a diamond-shaped appendage at the end of its long tail that likely maintained its stability in flight.

Peteinosaurus

Another tiny, late Triassic pterosaur closely related to Rhamphorhynchus and Eudimorphodon, Peteinosaurus was discovered near the Italian town of Cene in the early 1970's. Unusually for a "rhamphorhynchoid," the wings of Peteinosaurus were twice, rather than three times, as long as its hind legs, but its long, aerodynamic tail was otherwise characteristic of the breed. Oddly enough, Peteinosaurus, rather than Eudimorphodon, may have been the direct ancestor of the Jurassic Dimorphodon.

Saltriosaurus

Essentially a provisional genus waiting for a real dinosaur to be attached to it, "Saltriosaurus" refers to an unidentified theropod discovered, in 1996, near the Italian town of Saltrio. All we know about Saltriosaurus is that it was a close relative of the North American Allosaurus, albeit slightly smaller, and that it had three fingers on each of its front hands. Hopefully, this dinosaur will enter the official record books once paleontologists finally get around to examining its remains!

Scipionyx

Discovered in 1981 in a village about 40 miles northeast of Naples, Scipionyx ("Scipio's claw") was a small, early Cretaceous theropod represented by the single, exquisitely preserved fossil of a three-inch-long juvenile. Amazingly, paleontologists have been able to "dissect" this specimen, revealing fossilized remnants of the unfortunate hatchling's windpipe, intestines, and liver – which has shed valuable light on the internal structure and physiology of feathered dinosaurs.

Tethyshadros

The most recent dinosaur to join the Italian bestiary, Tethyshadros was a pint-sized hadrosaur that inhabited one of the numerous islands dotting the Tethys Sea during the late Cretaceous period. Compared to the giant duck-billed dinosaurs elsewhere in North America and Eurasia – some of which attained sizes of 10 or 20 tons – Tethyshadros weighed half a ton, max, making it an excellent example of insular dwarfism (the tendency of creatures confined to island habitats to evolve to smaller sizes).

Ticinosuchus

Like Ceresiosaurus, above, Ticinosuchus ("Tessin River crocodile") shares its provenance with both Switzerland and Italy, since it was discovered on these countries'



Quanto è reattivo il ghiaccio?

di **Gianluca Farusi**

Si pensa spesso che sia inerte, invece, il ghiaccio è un sito altamente reattivo, come permette di evidenziare questa esperienza, basata sull'ossidazione dello ione ioduro da parte dell'ossigeno atmosferico.



La criosfera costituisce un sito altamente reattivo, dove gli inquinanti reagiscono e rilasciano gas reattivi

Di solito la criosfera è vista come qualcosa di statico, un cappello che inibisce le emissioni dalla porzione di superficie terrestre che ricopre e che, al massimo, agisce da serbatoio per le specie presenti in atmosfera. Propongo qui un'esperienza, adatta alle classi seconde e terze di scuole secondarie di secondo grado, che permette di evidenziare che il ghiaccio, lungi dall'essere sia inerte sia mero "serbatoio", costituisce un sito altamente reattivo, dove gli inquinanti reagiscono e rilasciano gas reattivi. L'obiettivo viene raggiunto dimostrando come l'ossidazione dello ione ioduro da parte dell'ossigeno atmosferico non solo è quantitativamente maggiore nel ghiaccio ma

anche più veloce. La valutazione viene effettuata sia visivamente sia effettuando una semplice titolazione secondo Mohr.

INTRODUZIONE

Se è vero che la velocità di una reazione diminuisce al diminuire della temperatura, questo non è più vero se il raffreddamento è tale che la soluzione congela. La concentrazione degli elettroliti nella fase liquida aumenta a mano a mano che l'acqua liquida congela e va ad incrementare la fase solida. La soluzione resta intrappolata tra le superfici dei grani di ghiaccio, formando "microtasche" liquide. Non tutte le reazioni che avvengono nel

ghiaccio dipendono solamente da un aumento di concentrazione dovuto ad un processo di congelamento. Molte dipendono anche dal fatto che lo sbilanciamento di carica che si ha per effetto Workman-Reynolds porta anche a variazioni di pH della soluzione per la migrazione di H^+ o di OH^- tra il ghiaccio e la soluzione in esso contenuta e non congelata. Questa esperienza didattica si pone quindi l'obiettivo di simulare quello che accade ai poli, con la differenza che, in quest'ultimo caso, le sostanze che ritroviamo nel ghiaccio possono esservi inglobate con una delle seguenti modalità:

1. molecole come HCl e HNO_3 ionizzano, si solvatano a contatto con la superficie del ghiaccio, e vengono poi incorporate velocemente all'interno del cristallo;
2. molecole come H_2O_2 e CH_2O possono essere incorporate all'interno del cristallo, ma poco si sa sulla struttura che assumono sia sulle modalità di legame: se si legano ai legami a ponte di idrogeno presenti sulla superficie del ghiaccio e si disciolgono nello strato quasi-liquido, o se vanno a depositarsi nelle "microtasche" presenti nel cristallo;
3. molecole più grandi come l'acetone, l'acetaldeide e gli alcoli vengono adsorbiti sul ghiaccio formando legami a ponte di idrogeno;
4. molecole organiche semivolatili o di bassa polarità come gli idrocarburi policiclici aromatici vengono adsorbite tramite interazioni di Van der Waals: tale processo non è considerato una solubilizzazione.

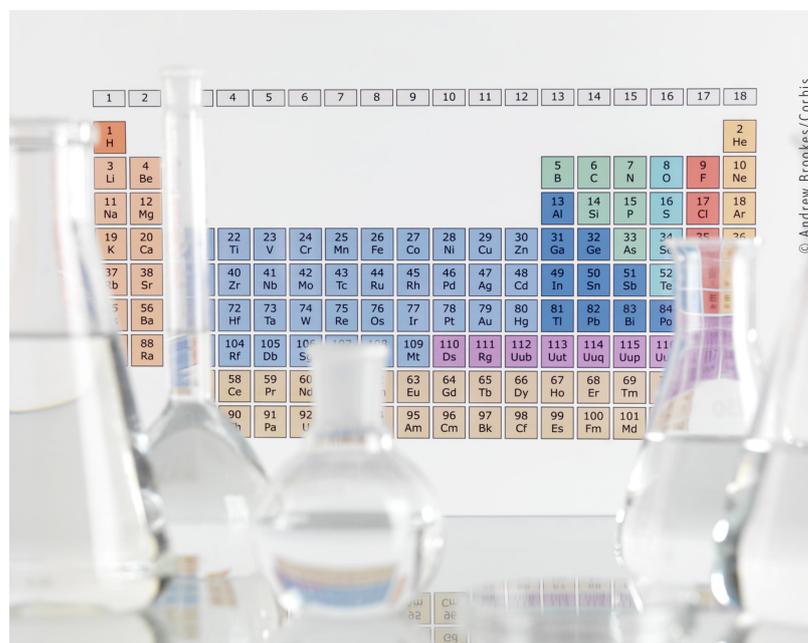
ALOGENI E ZONE POLARI

L'ossidazione dello ione ioduro da parte dell'ossigeno atmosferico offre il vantaggio che lo iodio molecolare prodotto dalla reazione è facilmente evidenziabile con salda d'amido, e lo ioduro non reagito si titola secondo Mohr. Gli alogeni, inoltre, rivestono un ruolo fondamentale nel chimismo delle zone polari perché si sa che queste specie altamente reattive possono incidere sul potere ossidante dell'atmosfera locale.

Ecco alcuni esempi:

1. l'impoverimento di ozono nella troposfera polare è stato associato al BrO mentre quello nella stratosfera ai radicali del cloro; è stato evidenziato che masse d'aria ricche di BrO si formano sulle aree occupate da ghiaccio di origine marina che sono state ricoperte dalla neve. Ciò suggerisce che gli ioni bromuro inerti, presenti nel sale marino, vengono incorporati e trasformati all'interno di questi ambienti ghiacciati in specie attive nella distruzione dell'ozono;

2. gli alogeni giocano un ruolo fondamentale nella formazione di nuclei di condensazione di nuvole (CCN): direttamente, come nel caso dei vapori degli ossidi di iodio che sono loro stessi CCN e indirettamente, ossidando per esempio il dimetilsolfuro;
3. gli alogeni ossidano il mercurio elementare gassoso (GEM) in derivati del mercurio molto tossici;
4. gli ioni dialogeniodati del tipo IX_2^- (dove $X = Cl$ o Br) possono decomporsi per dare $IX_{(aq)}$, che può successivamente diffondere dalla fase acquosa per formare gas alogeni reattivi.



TEMPI E MODALITÀ DI REALIZZAZIONE

L'esperienza proposta prevede due percorsi, che si svolgono in due lezioni da 60 minuti. Il secondo percorso può essere arricchito da foto, che il docente avrà cura di scattare ogni 24-48 ore. Nel calcolo dei tempi è stata omessa la preparazione e standardizzazione della soluzione di $AgNO_3$. Ovviamente, vanno seguite le procedure di sicurezza standard.

MATERIALI

- Corredo di laboratorio: camice, guanti, occhiali
- Soluzione di $AgNO_3$ 0,1000 M
- NaCl per analisi
- Soluzione KI 0,1000 M
- Soluzione K_2CrO_4 al 5% (l'utilizzo del Cr(VI) è reso indispensabile dall'esperienza di Mohr)
- HCl 0,1 M
- Acqua distillata
- Salda d'amido

- 1 pallone da 2 l a fondo piatto
- 2 palloni da 500 ml a fondo piatto
- 3 becher da 600 ml
- Frigorifero con comparto freezer

Per quanto concerne lo stoccaggio momentaneo dei rifiuti, le sospensioni derivanti dalla titolazione di NaCl/KI con AgNO₃ vengono versate in bidone in HDPE destinato alla raccolta dei metalli pesanti (CER060405), mentre quelle contenenti iodio, e non titolate, vengono prima sottoposte a trattamento di riduzione dello iodio e poi versate in bidone in HDPE destinato alle soluzioni acquose di lavaggio ed acque madri (CER070701).

PRIMA LEZIONE

Si preparano 2 l di soluzione di KI -0,1000 M e se ne valuta il titolo con AgNO₃ 0,1000 M. Si adopera il metodo di Mohr per cui 20 ml della soluzione di KI vengono posti in becher e portati a 100 ml. Si aggiunge 1 ml di soluzione acquosa di K₂CrO₄ al 5% e si titola fino a colore rosa salmone persistente. Si ripete l'operazione 3 volte e si elaborano i dati. La soluzione di KI rimanente viene aerata versandone il contenuto da un becher a un altro per tre volte, e così ripartita: 500 ml in ciascuno dei due

palloni a fondo tondo che vengono opportunamente tappati, 300 ml in ciascuno dei 3 becher.

Alle soluzioni versate nei becher si aggiungono 10 gocce di HCl 0,1 M, 1 ml di salda d'amido, che ha il ruolo di indicatore per la formazione di I₂ (I₃⁻). Un becher e un pallone vengono tenuti a temperatura ambiente sotto il banco di laboratorio, un becher viene posto in frigo e un becher ed un pallone sono posti in freezer.

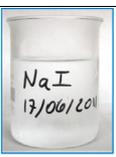
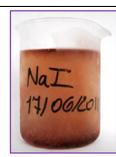
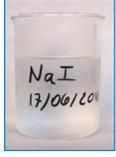
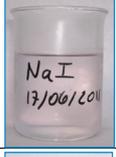
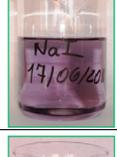
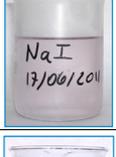
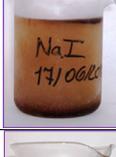
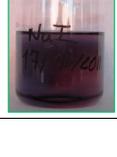
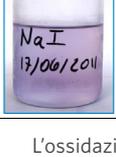
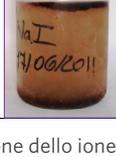
In tutti i casi ha luogo la seguente reazione:



SECONDA LEZIONE (DOPO 10 GIORNI)

Vengono titolate, secondo Mohr, sia la soluzione nel pallone tenuto a temperatura ambiente sia la soluzione nel pallone tenuto in freezer (dal quale deve essere tolto circa un'ora prima), e si valuta la differenza nelle concentrazioni di KI. La soluzione che è stata posta in freezer mostrerà un contenuto minore in KI: lo ioduro ha reagito in quantità maggiore. Per quanto concerne le soluzioni versate nei becher, si apprezza la differenza nell'intensità della colorazione (quanto più intensa è la colorazione tanto più I₂ (I₃⁻) si è formato e tanto più I⁻ ha reagito) e poi se ne valuta il titolo in I⁻, sempre secondo Mohr.

Sarebbe opportuno che l'insegnante facesse delle foto al contenuto dei becher ogni 24-48 ore e sottoponesse, poi, all'attenzione degli allievi l'andamento della colorazione al passare del tempo.

+24°C	+11 °C	-13°C	Tempo trascorso
			23 ore
			71 ore
			119 ore
			143 ore
			239 ore

L'ossidazione dello ione ioduro al variare della temperatura

PER APPROFONDIRE

- P. O'Driscoll, *Freezing Halide Ion Solutions and the Release of Interhalogens to the Atmosphere*, in *Physical Chemistry Letter*, 2006, vol. 110, pp. 4615-4618.
- D. O'Sullivan and J.R. Sodeau, *Freeze-Induced Reactions: Formation of Iodine-Bromine Interhalogen Species from Aqueous Halide Ion Solutions*, in *J.Phys.Chem.*, 2010, vol. 114, pp. 12 208-12 215.
- A-M- Grannas et al., *An overview of snow photochemistry: evidence, mechanisms and impacts*, in *Atmos. Chem. Phys.*, 2007, vol. 7, pp. 4329-4373.
link.pearson.it/472F7289

Gianluca Farusi

laureato in chimica e tecnologia farmaceutica, è docente di analisi chimica e chimica fisica all'Istituto Tecnico Industriale Galilei di Carrara. Ringrazia l'allievo Stefano Benetti, che nel 2011 ha realizzato la parte pratica dell'esperienza. Per contattare il docente, scrivere a bilanciamento@yahoo.it.



Scheda Didattica / Spontaneità di una reazione

di **Gianluca Farusi**

Propongo qui di seguito un'attività per approfondire gli aspetti termodinamici.

1. Valutare la spontaneità in condizioni standard per: $O_{2(g)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 6I^-_{(aq)} \rightleftharpoons 2I_3^-_{(aq)} + 6H_2O_{(l)}$

SOSTANZA	ΔH_f° kJ/mol	S° J/K · mol	ΔG_f° kJ/mol
$O_{2(g)}$	0	205,03	0
$H_3O^+_{(aq)}$	-285,83	69,91	-237,18
$H_2O_{(l)}$	-285,83	69,91	-237,18
$I_{2(s)}$	0	116,14	0
$I^-_{(aq)}$	-55,19	111,3	-51,57
$I_3^-_{(aq)}$	-51,5	239,3	-51,4

$$\Delta G^\circ = -267\,740 \text{ J}$$

2. Valutare l'ossigeno disciolto in condizioni ambiente tramite la legge di Henry:

A 25 °C, se la pressione di O_2 sopra la soluzione fosse 1 atm (dati per la legge di Henry) in 1 ml di acqua a 0 °C e 760 mmHg si scioglierebbero 0,0296 ml di ossigeno. Dato che la pressione dovuta all'ossigeno è 1/5 di atmosfera, se ne sciolgono ~0,00592 ml, e quindi:

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \cdot 5,92 \cdot 10^{-6}}{0,0821 \cdot 273} = 2,64 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

$$\text{Quindi: } [O_2] = 2,64 \cdot 10^{-7} \text{ mol}/10^{-3} \text{ l} = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

3. Valutare il ΔG° per: $O_{2(aq)} + 4H_3O^+_{(aq)} + 6I^-_{(aq)} \rightleftharpoons 2I_3^-_{(aq)} + 6H_2O_{(l)}$

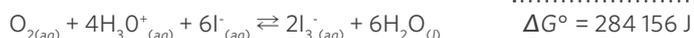
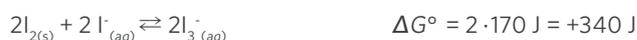
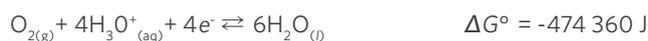
Per la reazione $O_{2(aq)} \rightleftharpoons O_{2(g)}$:

$$k = \frac{P_{O_2}}{[O_2]} = \frac{0,20 \text{ atm}}{2,64 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}} = 756,7 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol}}$$

$$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln k = -8,31 \cdot 298 \cdot \ln 756,7 = -16\,416 \text{ J/mol}$$

$$\text{Per cui, per: } O_{2(aq)} \rightleftharpoons O_{2(g)}: \Delta G^\circ = -16\,416 \text{ J/mol}$$

Per la reazione complessiva:



» Scheda Didattica / **Spontaneità di una reazione**

4. Infine, in base al punto 3 , valutare la spontaneità nelle condizioni di lavoro:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + R \cdot T \cdot \ln Q$$

Supponendo I_3^- pari a 10^{-8} (assente):

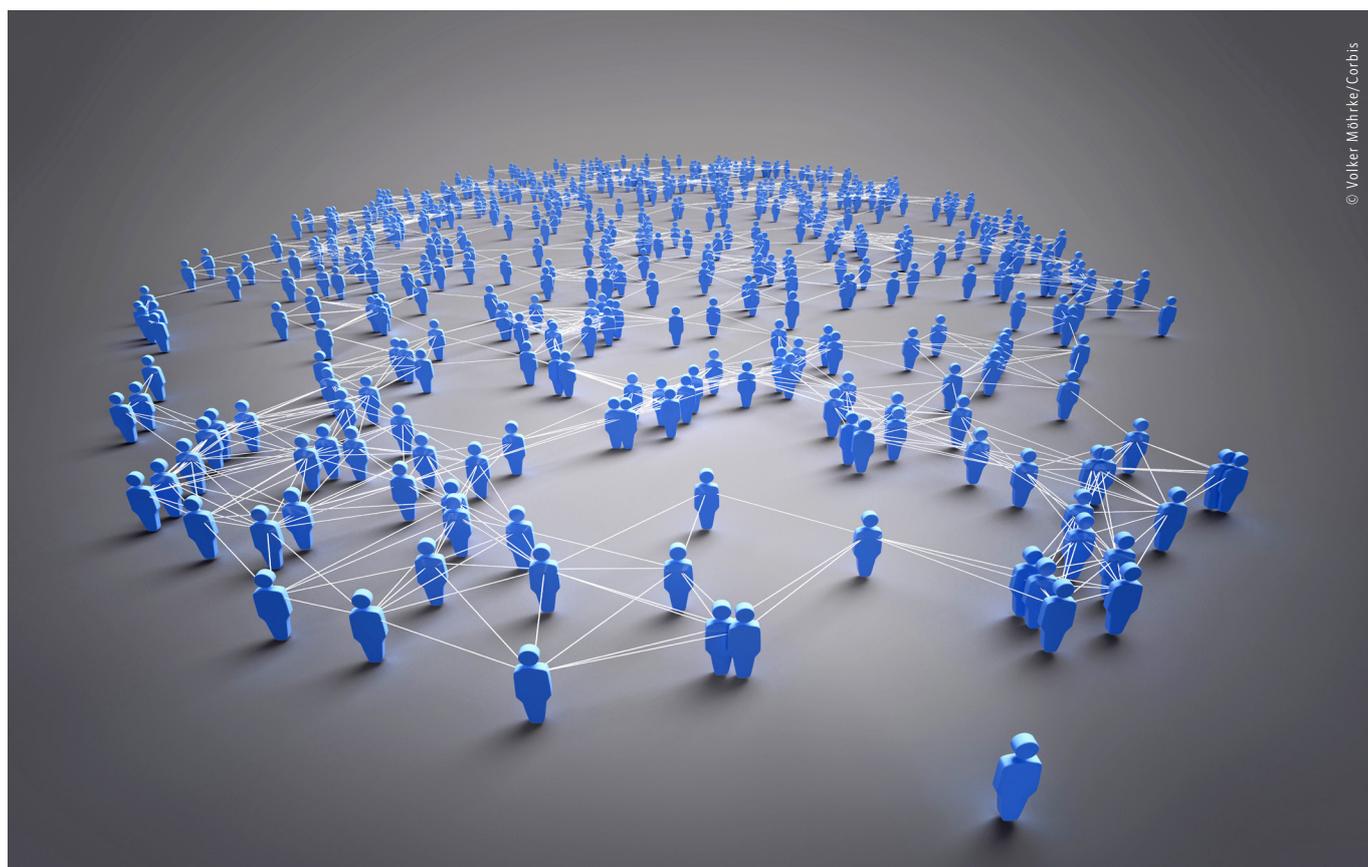
$$\Delta G = \Delta G^\circ + R \cdot T \cdot \ln \frac{[I_3^-]^2}{[I^-]^6 \cdot [H_3O^+]^4 \cdot [O_2]}$$

$$\Delta G = 284\,156 + R \cdot T \cdot \ln \frac{[10^{-8}]^2}{[0,1]^6 \cdot [10^{-7}]^4 \cdot [2,64 \cdot 10^{-4}]} = 155\,350 \text{ J}$$

Tutto il bello delle piattaforme in cloud

di **Giuseppe De Ninno**

Per le scuole impegnate in progetti collaborativi, le piattaforme in cloud possono essere uno strumento molto potente di gestione delle comunità di pratica. In questo articolo, l'esperienza dell'Istituto Majorana di Orvieto con le Google Apps for Education.



© Volker Mörke/Corbis

Immaginiamo una scuola con l'abitudine a lavorare per progetti, con l'esigenza di avere una comunicazione agile tra i docenti, che collaborano per produrre progetti e materiali didattici. In una scuola così, come ce ne sono tante, i docenti formano in modo naturale delle comunità di pratica, a livello del consiglio di classe, dei dipartimenti, dell'intero Collegio: gruppi strettamente connessi, con forte reciprocità, scambiano flussi di conoscenze principalmente diretti e l'apprendimento è il prodotto della condivisione tra pari di informazione ed esperienza ①. Ebbene, in una scuola così – l'Istituto Majorana di Orvieto, un liceo scientifico e linguistico – abbiamo avuto modo di toccare con mano i vantaggi

offerti dall'utilizzo di una piattaforma in cloud per la gestione di questa comunità.

DUE ANNI CON GAE

Ci sono molte piattaforme di questo tipo. In particolare sono noti nel mondo della scuola i Learning Content Management Systems, quali Moodle, Docebo, DOKEOS. Noi abbiamo scelto Google Apps for Education (GAE) per la sua potenza e la semplicità di implementazione, ma anche per la gradualità con cui può essere introdotto nella comunità scolastica, a livello sia amministrativo sia funzionale. Voglio raccontare la storia dei nostri due anni trascorsi in compagnia delle GAE.

IL PRIMO PASSO: ACCOUNT PER TUTTI

I prerequisiti per ottenere gratuitamente le app sono modesti: basta che la scuola possieda un dominio web registrato, mettiamo *miascuola.gov.it*. Una volta ottenuta l'autorizzazione da Google, che di fatto si è limitata a controllare che si trattasse di una scuola pubblica, è stato immediato creare centinaia di account per docenti, studenti e personale, partendo dalle tabelle fornite dalla segreteria.

Pariamo di indirizzi di posta elettronica del tipo *mionome@miascuola.gov.it*: in pratica account gmail, che però gli amministratori hanno potuto suddividere in unità organizzative (docenti, studenti suddivisi per classi) o raggruppare in modi diversi, assegnando a ogni gruppo un indirizzo email, come *prof_scienze@miascuola.gov.it* oppure *studenti_triennio@miascuola.gov.it*.

DAGLI INDIRIZZI EMAIL ALLA CONDIVISIONE DEI DOCUMENTI

Nella nostra scuola tutti usavano già la posta elettronica, e molti conoscevano già alcuni strumenti associati a un account gmail, ma con le GAE è avvenuta una rapida trasformazione delle vecchie abitudini: «Dammi il tuo indirizzo, così ti scrivo una email e ti allego la mia nuova versione del documento», è diventato in un batter d'occhio «Poiché ho già il tuo indirizzo, ti condivido un documento per continuare a modificarlo insieme». *Ho già il tuo indirizzo*: la mia rubrica è già popolata con gli indirizzi di tutti i docenti e gli studenti della scuola. *Ti condivido un documento*: ho a disposizione 30 Gb di spazio in cloud, con una



gestione fine dei permessi sui file, integrati con la rubrica. Posso per esempio permettere a un gruppo di modificare un file e ad un altro solo di visualizzarlo. *Per continuare a modificarlo insieme*: possiamo creare documenti collaborativi, per lavorare insieme in modalità sincrona e asincrona su documenti di testo, fogli di calcolo, presentazioni; a margine del documento possiamo inserire fil di commenti che diventano vere e proprie discussioni su un paragrafo, una parola, un titolo. Inoltre è sempre disponibile lo storico di tutti i contributi di ciascun autore al documento collaborativo.

UN'ORGANIZZAZIONE PIÙ FACILE

Fino a ieri, il coordinatore della classe doveva affiggere una circolare all'albo per convocare una riunione dove discutere la sua proposta di un documento collegiale. Oggi, invece, il coordinatore condivide il documento con permessi di modifica all'indirizzo email del gruppo dei docenti della classe, in un solo clic: ognuno può dare il suo contributo quando preferisce. Ancora qualche esempio di facilitazione organizzativa: la commissione designata dal Collegio propone a tutti i docenti di commentare il nuovo Regolamento di Istituto che ha elaborato; la segreteria, senza possedere alcuna competenza da webmaster, popola un sito web accessibile ai soli docenti con le circolari che via via il Dirigente scrive; lo staff di dirigenza condivide un calendario di Istituto per raccogliere tutte le attività programmate; un gruppo di docenti condivide i propri calendari personali in modo da trovare facilmente la finestra temporale adatta per una riunione; la funzione strumentale pubblica online un modulo per un'indagine conoscitiva estesa a tutti i docenti e ottiene in modo automatico i risultati nel dettaglio e aggregati. Come i documenti condivisi, anche i siti web, i calendari, i moduli, sono funzionalità delle GAE facili da utilizzare, e già perfettamente integrate nel sistema complessivo dell'istituto.

F(g)	Δ (STRETCHING)	L(Cm)
0	0	11
50	0,4	11,4
100	1,6	12,6
150	3,8	14,8
200	6,7	17,7
245	10,2	21,2

In this case we saw that the Hook
In fact the stretching wasn't direct
force applied, so the points in the
straight line but a curve line

Osservare lo storico degli interventi mostra il
valore della collaborazione



Cortesia De Mirino

Condividere contenuti ed esperienze incrementa interesse e curiosità

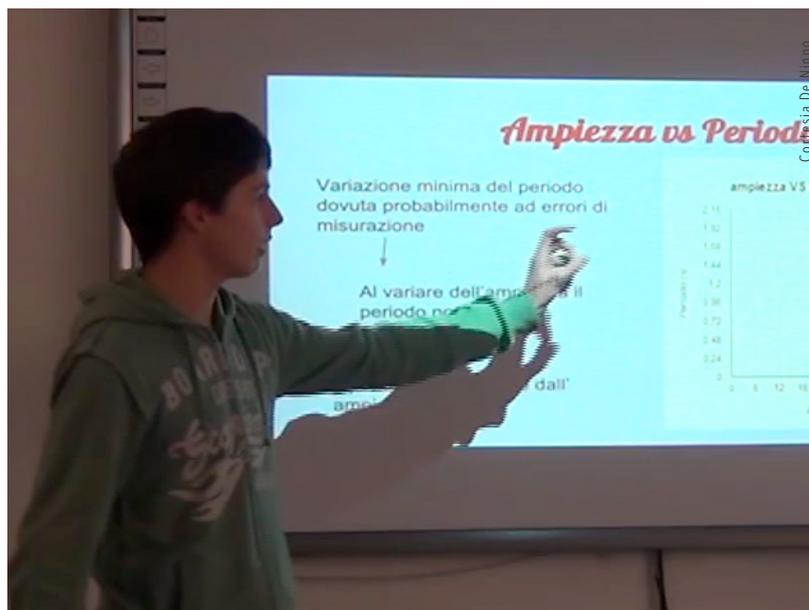
IL PASSO SUCCESSIVO: IL COINVOLGIMENTO DEGLI STUDENTI

Tutto ciò che ho descritto è puntualmente avvenuto nella nostra esperienza: in questo processo, durato alcuni mesi, la condivisione tra pari di informazione ed esperienza ha prodotto apprendimento... tra i docenti! E ha anche assolto ad una funzione "ansiolitica", di certo utile prima di mettersi in gioco con gli studenti: siamo pur sempre nell'era del web 2.0, dei social network, del social web, in cui forse per la prima volta nella storia i docenti rischiano di sentirsi indietro rispetto ai loro studenti. Finalmente pronti al nuovo passo, abbiamo consegnato a ogni studente le credenziali del proprio account. È stato entusiasmante vedere anche i colleghi meno arditissimi, quelli che solo fino a pochi anni fa temevano di rompere il computer sbagliando qualcosa, mentre condividevano un video, o una presentazione, o scrivevano un messaggio all'intera classe. E, aspetto interessante, la consuetudine a chiedere senza vergogna e ad offrire aiuto ai colleghi in difficoltà era qualcosa di ormai consolidato.

IL LAVORO CON GLI STUDENTI

Gli strumenti già familiari tra i docenti hanno fatto scoprire presto nuove modalità di utilizzo nel lavoro con gli studenti: le possibilità dei documenti condivisi permettono di assegnare lavori di gruppo, dalla relazione di laboratorio al racconto o alla ricerca collaborativa, in cui il docente può

monitorare ciò che fanno i ragazzi, commentando e offrendo consigli. La possibilità di visualizzare lo storico dei contributi dei singoli studenti offre un utilissimo strumento di osservazione e valutazione. I moduli online possono diventare uno strumento semplice per creare e somministrare test, raccogliendo i risultati in tempo reale. La possibilità di creare e modificare un sito web con estrema facilità può essere utilizzata dallo studente per costruire il proprio portfolio.



Cortesia De Mirino

Le GAE alimentano un approccio costruzionista, un apprendimento incentrato sullo studente attivo e collaborativo

Ancora un esempio di flusso lavoro GAE che abbiamo sperimentato numerose volte, questa volta con le eccellenze: scrivo a tutti gli studenti del triennio invitandoli ad aderire a un progetto a classi aperte, allegando materiale informativo e linkando un modulo di adesione online; ottengo automaticamente la lista degli indirizzi email di coloro che aderiscono e la uso per costruire un gruppo, dove inserisco anche gli altri docenti interessati; creo una cartella in cloud condivisa in modifica al gruppo dove ognuno può depositare materiali. Uso l'email del gruppo per dare istruzioni su come utilizzare tutto ciò. Con pochissima fatica è stato costruito un ambiente di lavoro formidabile.

ALTRI STRUMENTI E NUOVE MODALITÀ DI APPRENDIMENTO

Da quest'anno scolastico è inoltre disponibile la Classroom, un nuovo strumento che si è aggiunto alle GAE: si tratta di un comodo contenitore del flusso delle attività che un docente porta avanti con una particolare classe. Si può costruire un compito, includendo una descrizione e allegando documenti, video, collegamenti ad altre risorse; una volta assegnato il compito, con la relativa scadenza, il docente vedrà in modo immediato tutti gli studenti che lo hanno consegnato e potrà restituirlo con una valutazione. Ogni operazione può essere commentata privatamente o pubblicamente nella classe. A mio avviso, però, non si tratta di uno strumento rivoluzionario, anzi mi sembra piuttosto orientato a modalità di lavoro tradizionali, in quanto riporta il lavoro al livello individuale.

BIBLIOGRAFIA

- ① Comunità di pratica, voce di Wikipedia: link.pearson.it/37458606
- ② Apprendimento cooperativo, voce di Wikipedia: link.pearson.it/4042B690

PICCOLI CONSIGLI PRATICI

Per dotare la propria scuola delle Google Apps for Education, la persona che sarà in seguito l'amministratore principale della piattaforma deve registrarsi (link.pearson.it/D94BE72A) e fornire le informazioni sulla scuola.

Consiglio, per una gestione avanzata e rapida delle operazioni di amministrazione di molti account, il software open source Google Apps Manager (link.pearson.it/AE4CD7BC).

Alcune note sulla privacy: al momento dell'attivazione ogni studente dovrà accettare le condizioni di utilizzo imposte da Google; a differenza dei normali account gmail, in GAE si può eliminare la pubblicità; gli amministratori non possono leggere la posta degli utenti; GAE può essere impostato in modo che tutti gli account degli studenti siano abilitati esclusivamente a scambiare posta all'interno del dominio della scuola, opzione utile per esempio per la scuola primaria.

Preferisco porre l'accento sulle possibilità offerte, all'interno delle GAE, dai documenti collaborativi perché mi sembrano un potente strumento per facilitare l'apprendimento cooperativo ②. Siamo in ritardo, la scuola nel nostro tempo e nel nostro paese richiede un ulteriore passo verso la costruzione e la valutazione delle competenze, per di più con modalità inclusive. Le piattaforme collaborative, come le Google Apps for Education, ci possono aiutare a proporre ai nostri studenti compiti di realtà, producendo risultati concreti, in un approccio costruzionista: un apprendimento incentrato sullo studente, un processo in cui l'insegnante è un tutor. ●

Giuseppe De Ninno

insegna fisica e matematica, anche in modalità CLIL, presso il Liceo Majorana di Orvieto.

Si è dedicato all'insegnamento dopo un breve passato da fisico, presso i Laboratori Nazionali di Frascati e il CERN.



Scheda Didattica / Tutto il bello delle piattaforme in cloud

di **Giuseppe De Ninno**

IL LABORATORIO DI FISICA CON LE GAE

In questa scheda propongo un flusso di lavoro per il laboratorio di fisica che fa un utilizzo esteso delle Google Apps for Education. Si tratta di un tipo di lavoro adatto all'anno iniziale dell'insegnamento della fisica, nel primo anno del Liceo Scientifico o delle Scienze Applicate oppure nel terzo anno del Liceo Linguistico, ma potrebbe essere utilizzato anche nella secondaria di primo grado per il laboratorio di scienze. L'obiettivo è spostare il fuoco dalle conoscenze alle competenze, limitando enormemente il ruolo della lezione frontale. Il ciclo descritto può richiedere fino a dodici ore per la prima volta, fino a diventare un ciclo bi- o trisettimanale, su sei ore, quando gli studenti hanno raggiunto una buona autonomia. Al termine dell'anno avremo trattato "pochi argomenti", ma gli studenti avranno raggiunto diverse competenze e... adoreranno il laboratorio di fisica.

1. L'insegnante condivide con la classe, su G-Drive, un materiale stimolo e un documento di testo collaborativo per progettare l'esperimento. In aula si definiscono le possibili strutture dell'esperimento.
2. Viene eseguito l'esperimento nel laboratorio, in gruppi di 4 studenti composti per sorteggio.
3. Per ogni gruppo di lavoro, il portavoce designato condivide in modifica su G-Drive un foglio di calcolo collaborativo con i membri del suo gruppo e con l'insegnante, per raccogliere tabelle e grafici; in seguito farà lo stesso con un documento di testo, per scrivere la relazione.
4. L'insegnante tiene sotto controllo il progresso del lavoro di ogni gruppo, fornendo consigli o correzioni sotto forma di commenti sul documento. Questo avviene in modalità asincrona, a casa, ma alcune sessioni in presenza, in aula con la LIM o nel laboratorio di informatica, permettono di socializzare dubbi e quesiti tra i gruppi. L'insegnante avrà così ogni tanto anche la possibilità di fornire "pillole frontali" (perdere il vizio della lezione "docente-centrica" è tuttora la sfida più grossa per me!).
5. Quando la relazione è considerata matura, ogni gruppo crea una presentazione collaborativa per la costruzione delle diapositive.
6. Nel giorno stabilito, per ogni gruppo il portavoce presenta il lavoro a tutta la classe. Tempo di presentazione tassativo: tre minuti. È emozionante, tutta la classe è attentissima perché al termine, dopo gli applausi, tutti potranno porre domande a chi ha presentato, o agli altri membri del gruppo.
7. Tutte le presentazioni vengono filmate e i video sono condivisi con la classe su G-Drive, con commento e valutazione del docente (una valutazione individuale per ognuno dei tre documenti, che tiene conto di tutti gli interventi dei diversi membri del gruppo, e una aggiuntiva per il portavoce che ha parlato).

8. Segue un approfondimento in aula per l'ulteriore formalizzazione, alternato a flipped classroom basata su G-Drive per approfondimenti teorici più difficili.

9. La valutazione formativa può essere fatta a casa appoggiandosi ai moduli di G-Drive, che forniscono in modo automatico l'analisi dei risultati, mentre per la valutazione sommativa preferisco la buona vecchia carta, in aula!

Ecco, a questo punto si possono sorteggiare nuovi gruppi e nuovi portavoce e ripartire con un nuovo argomento.

SI PUÒ FARE ANCHE IN CLIL

Nella mia classe terza del Liceo Linguistico ho applicato il flusso di lavoro descritto nella scheda secondo la metodologia CLIL, per l'intero anno scolastico.

È possibile scaricare il Lesson Plan e i materiali didattici di un'Unità Didattica di questo percorso, relativa all'elasticità, al seguente link: link.pearson.it/57820FE3.

Le Google Apps for Education si prestano assai bene al lavoro in L2, dal momento che si può cambiare la lingua dell'intero ambiente con un clic. Inoltre, ritengo che l'approccio CLIL all'apprendimento si sposi perfettamente con lo spostamento degli obiettivi verso il raggiungimento delle competenze.

Fiori di cera

di **Tiziana Moriconi**

I modelli di cera permettono di approfondire l'anatomia in modo avvincente ed efficace. Che si tratti di anatomia umana oppure di botanica, con modelli sorprendenti di fiori, piante, funghi, capaci di riprendere e ingrandire anche elementi invisibili a occhio nudo. In questo articolo, una carrellata sulle principali collezioni italiane.

Pollini giganti, ingranditi migliaia di volte – in proporzione un naso umano sarebbe lungo 300 metri – e poi piante carnivore, fioriture effimere, difficili da osservare perché durano un solo giorno o si verificano una sola volta in tanti anni. E ancora, i funghi più velenosi, i parassiti: riproduzioni così fedeli alla realtà da trarre in inganno, a un primo sguardo, anche i botanici. Soltanto la cera può imbrogliare l'occhio umano, e spesso anche il tatto, così bene. Lo sapevano i ceroplasti scientifici della Scuola Fiorentina, vissuti tra il Settecento e l'Ottocento – Clemente Susini, Luigi Calamai, Egisto Tortori, Francesco e Carlo Calenzuoli – artefici di centinaia di perfette copie anatomiche, realizzate a scopo educativo ed espositivo.

Perché il 3D ha sempre avuto il suo fascino, e fino a non troppi anni fa la cera è stata il materiale che meglio si prestava (il più veloce e il più semplice da plasmare, in grado di inglobare i pigmenti) a riprodurre l'anatomia umana, di animali e di piante.

I FIORI DELLA SPECOLA

È di cera il primo modello creato per dimostrare come avviene la fecondazione di una pianta angiosperma, nel caso particolare una zucca, con la formazione del tubetto pollinico. Quest'opera è italiana, e la si può osservare esattamente là dove è stata realizzata: alla Specola di Firenze (link.pearson.it/F266B4E9), uno dei più antichi e grandi musei scientifici d'Europa, al quale appartiene la più consistente collezione di cere anatomiche del mondo. La sezione botanica è meno nota di quella biomedica, ma non meno strabiliante: vi sono oltre 180 frutti e ortaggi a grandezza naturale, 37 tavole con riproduzioni anatomiche, istologiche o patologiche e circa 200 modelli di piante in vaso, per esempio *Magnolia*



Il museo della Specola a Firenze è il più antico museo scientifico d'Europa

grandiflora del Nord America, *Strelitzia reginae* e *Aloe succotrina* dall'Africa meridionale, varie specie di *Euphorbia*, *Cactus* e *Mesembrianthemum*. Piante alle quali oggi siamo abituati, ma che erano sconosciute un tempo. Oltre ai disegni, la cera è infatti stata a lungo l'unico modo per mostrare al pubblico le specie esotiche scoperte dagli esploratori.

PERCORSI DIDATTICI, DAL PASSATO AL PRESENTE

Perché riproporre agli studenti questo tipo di rappresentazione botanica, oggi che è così facile accedere online a immagini dettagliate e fotografie macroscopiche di ogni struttura vegetale? «Potrebbe sembrare anacronistico, ma le cere botaniche hanno ancora un grande valore didattico, perché sono perfette per costruire percorsi interdisciplinari, e perché la verosimiglianza genera sempre meraviglia nei ragazzi», risponde Cristina Delunas, naturalista, divulgatrice scientifica per i musei e, soprattutto, ceroplasta scientifica da oltre 20 anni. L'unica, attualmente, in Europa. «Studi recenti di museologia – continua Delunas – ci confermano che l'oggetto tridimensionale ha ancora un impatto maggiore sul pubblico rispetto a un'immagine bidimensionale o riprodotta su



Esempio in cera di *Euphorbia canariensis*



Cortesia Cristina Delunas

Esempio di polline di *Artemisia*: la riproduzione di elementi microscopici è uno dei campi più interessanti di applicazione della ceroplastica

uno schermo. Senza contare quanto permette di ottenere la ceroplastica quando la si abbina all'uso del microscopio elettronico: è infatti possibile riprodurre fedelmente ciò che è invisibile all'occhio, come le strutture cellulari e le spore dei funghi, una caratteristica che permette di progettare percorsi per ipovedenti.» A chi si chiede se non sia più semplice ottenere tutto questo con una stampante 3D, Delunas risponde di no: «Certe consistenze, certi tessuti e certi colori non si riescono ancora a rendere con questa tecnologia. Inoltre ogni pezzo creato con la cera è unico, e può avere un valore storico e artistico. Questa arte antica che blocca nello spazio e nel tempo qualcosa di effimero come un fiore non smette ancora di stupire.»

CONOSCERE PER PROTEGGERE

Seguendo la tradizione della Scuola Fiorentina, in questi anni Delunas ha creato molte collezioni monografiche per il Museo Botanico dell'Università di Cagliari (link.pearson.it/8561847F): i pollini allergenici riprodotti su scala macroscopica, le piante carnivore, i funghi più pericolosi della Marmilla, una regione centro-meridionale della Sardegna, le orchidee e i fiori tropicali presenti anche nell'Orto Botanico dell'ateneo. «In questo modo – spiega l'artista – è possibile strutturare percorsi didattici integrati orto-museo: quello che si vede prima in vivo, lo si può approfondire subito dopo.» Il suo ultimo lavoro è stato ospitato di recente dal Museo Regionale di Scienze Naturali - Palazzo Lascaris di Torino: si tratta di un modello di *Morisia*, una pianta rara esclusiva

Cortesia Cristina Delunas



Cortesia Cristina Delunas

L'utilizzo di modelli
di cera consente
di costruire
percorsi didattici
multidisciplinari

della Sardegna e della Corsica. Attorno a questa piccola pianta è stato possibile organizzare percorsi didattici multidisciplinari che partivano dalla vita dello scopritore, il medico e botanico piemontese Giuseppe Giacinto Moris, passavano dalla storia dell'Unità d'Italia e arrivavano al tema della protezione della biodiversità e delle specie rare. Questo è un argomento centrale: le piante riprodotte appartengono in molti casi a specie protette: in questo modo è possibile osservare da vicino tutte le loro fasi di sviluppo, e il messaggio diventa "conoscere per proteggere".

IMPARARE DAL VERO(SIMILE)

«Nell'insegnamento delle scienze, l'osservazione dal vero è importantissima», conferma Maria Rita Di Simone, docente di Scienze e Matematica alla scuola secondaria di primo grado "Ser Lapo Mazzei" di Prato. Quasi ogni anno Di Simone porta le sue classi alla Specola di Firenze, anche per vedere le cere. «Normalmente introduco gli argomenti oggetto della visita con una lezione frontale: l'uscita didattica è sempre successiva al lavoro in classe, in modo che i ragazzi possano trarre il più possibile da ciò che osservano. Ancora oggi, queste cere danno la possibilità di spiegare in modo molto concreto cosa sia l'anatomia, stupiscono e impressionano. Che sia l'apparato circolatorio umano o la struttura di un fiore, poter spiegare davanti a un modello ha un impatto molto forte. Se si vuole poi affrontare lo studio dei frutti, si entra in un mondo sconfinato, che i modelli rendono molto più comprensibile.»

MELE E FUNGHI D'ARTISTA

Se si è interessati ai frutti, il posto giusto in cui recarsi è il Museo della Frutta "Francesco Garnier Valletti" di Torino (link.pearson.it/1B0511DC). Qui si trovano esposti 1100 *frutti artificiali plastici* (così chiamati dallo stesso autore) della fine dell'Ottocento, la maggior parte dei quali appartengono alla collezione pomologica originale. Sono riprodotte 295 varietà di mele, 501 di pere, 98 di pesche, 70 di susine, 56 di albicocche, e poi fichi, uva, patate, rape, barbabietole, carote, pastinaca, melograno, fragole, ciliegie, arance, mandarini e limoni. Sono varietà antiche, molte delle quali ormai scomparse dai nostri mercati, con sapori e consistenze che non soddisferebbero un palato degli anni Duemila. Il percorso didattico enfatizza il confronto fra passato e presente dell'agronomia, spiegando cosa abbia portato ad abbandonare la coltivazione di molte varietà, e l'evoluzione della ricerca applicata all'agricoltura. Come per le cere delle botteghe fiorentine (che non hanno lasciato indizi sulle miscele usate, se

NON SOLO PIANTE

Oltre che collezioni di cere botaniche, esistono in Italia numerose e pregiate collezioni di cere anatomiche umane, che possono rivelarsi molto utili per affiancare lo studio del corpo umano. I luoghi principali che le ospitano sono il Museo delle cere anatomiche "Luigi Cattaneo" di Bologna (link.pearson.it/820C4066), il Museo di Palazzo Poggi di Bologna (link.pearson.it/12B35DF7), il Museo delle cere di Clemente Susini di Cagliari (link.pearson.it/65B46D61) e il Museo Anatomico "Giovanni Tumiati" dell'Università di Ferrara (link.pearson.it/573E484).

Comitato editoriale: Valeria Cappa, Marika De Acetis, Cristina Gatti, Valentina Murelli
Coordinamento e progettazione: Valentina Murelli
Redazione e ricerca iconografica: Jacopo Cristini, Triestina Giannone
Coordinamento realizzazione editoriale: Marco Palvarini
Progetto grafico: Shiroi studio
Impaginazione: Giorgia De Stefani

Pubblcazione 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 © 2015 Pearson Italia. www.pearson.it