

science magazine

02
DICEMBRE 2014

LA SCIENZA IN CLASSE

Callista Images/cultura/Corbis



Speciale Scienze Polari

**IDEE E STRUMENTI
PER INSEGNARE**

**Un'app per scoprire
l'Antartide**
di Matteo Cattadori
e Cristiana Bianchi

2

**IDEE E STRUMENTI
PER INSEGNARE**

Vita nei ghiacci
di Luca Miserere

5

**IDEE E STRUMENTI
PER INSEGNARE**

Neutrini al Polo Sud
di Francesca E. Magni

8

**ESPERIENZE
DI CLASSE**

Etologi in classe
di Gabriella Salerno

11

**IDEE E STRUMENTI
PER INSEGNARE**

**Chimica del freddo: una
gallery di risorse online**
di Valentina Murelli

14

FILM

In classe con Frozen
di Francesca E. Magni

15

Un'app per scoprire l'Antartide

di **Matteo Cattadori** e **Cristiana Bianchi**

Si chiama CLAST ed è un'app divulgativa sviluppata nel corso di una ricerca scientifica.
In questo articolo alcuni suggerimenti per utilizzarla in classe, per attività sulla geografia
fisica del continente antartico e sul tema dei cambiamenti climatici.



Michael Van Woert, NOAA NESDIS, ORA / Wikipedia

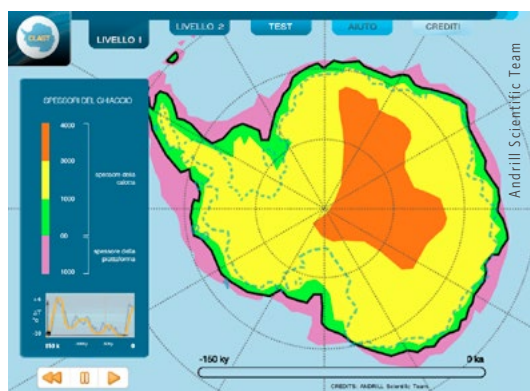
Piattaforma di Ross,
Antartide

C'è una regione, in Antartide, sulla quale ricercatori di tutto il mondo stanno concentrando da oltre due decenni la propria attenzione, per cercare di capirne la storia e le relazioni con il sistema climatico terrestre. Si tratta della piattaforma di Ross, la più grande piattaforma di ghiaccio del nostro pianeta, un ambiente glaciale marino esteso quanto la Francia e che ha un ruolo chiave nel regolare i flussi di materia ed energia e i rapporti tra

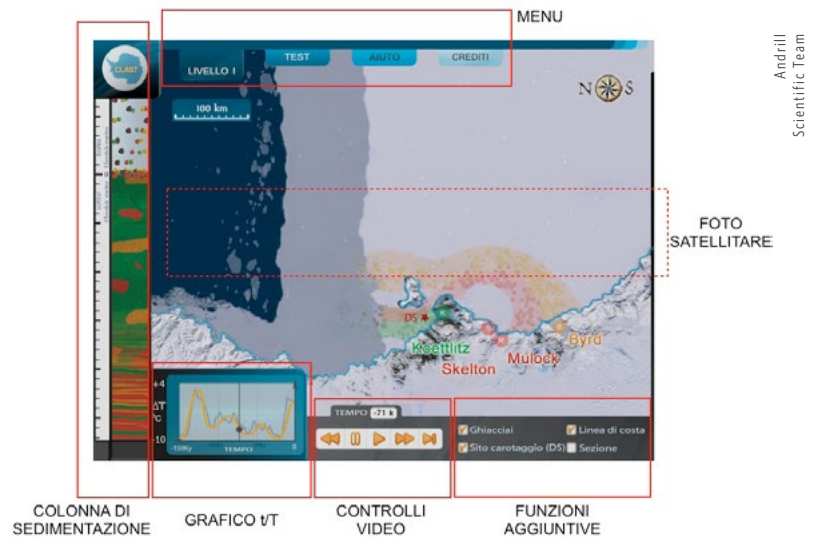
l'oceano e l'immensa calotta glaciale antartica situata più a Sud. La storia remota di questo sistema glaciale è stata ricostruita tramite lo studio di sedimenti marini svolto nel corso della ricerca internazionale ANDRILL, durante la quale è stata anche sviluppata CLAST, un'app didattica interattiva gratuita che rappresenta, a scopo divulgativo, la dinamicità in termini di trasformazioni ambientali successive proprio della piattaforma di Ross.

PRIME INFORMAZIONI SUL CONTINENTE ANTARTICO

CLAST può essere adottata per svolgere in classe attività di scienze della Terra che non richiedono una preparazione specifica preliminare da parte degli studenti. Le schede didattiche di accompagnamento, scaricabili dal sito di riferimento (link.pearson.it/7EABBEF) sono organizzate in sezioni indipendenti e composte da domande alle quali gli studenti (tipicamente di scuole secondarie di secondo grado) possono rispondere usando le funzioni della app. Gli scenari d'uso che si possono prospettare in classe sono principalmente due. Uno prevede lo sviluppo di contenuti relativi al carattere geografico e fisico del continente antartico. In questo contesto i ragazzi, in particolare studenti del primo biennio delle superiori, possono essere indirizzati verso un' esplorazione libera dei contenuti della sezione "Info sull'Antartide", nonché alla visione dei video introduttivi che mostrano la posizione del continente rispetto all'Europa e allo svolgimento delle sezioni delle schede didattiche intitolate "In volo verso l'Antartide", "La piattaforma di ghiaccio" e "Ghiacciai".



CLAST: estensione della calotta antartica



CLAST: dati della piattaforma di Ross

GHIACCI ANTICHI E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Il secondo scenario d'uso è stato immaginato per studenti di quinta superiore, in considerazione del fatto che le indicazioni nazionali citano esplicitamente l'argomento "Cambiamenti climatici". In questo caso la app offre la possibilità agli studenti di confrontarsi con alcune domande che li costringono a esplorare le relazioni esistenti tra l'andamento delle temperature medie sul nostro pianeta negli ultimi 150 mila anni, l'evoluzione dello scenario paleoambientale della piattaforma di Ross e i cambiamenti dei flussi di sedimenti glaciali. I ragazzi infatti possono seguire in tempo reale l'andamento del processo di sedimentazione sul sito di perforazione della ricerca ANDRILL, in accordo con i cambiamenti ambientali dell'area. L'impiego della app in contesti reali di apprendimento è stato valutato in alcune scuole, con una fase di test della durata di alcuni mesi. L'esito è stato estremamente positivo e sono emerse nuove indicazioni utilizzate per migliorare ulteriormente l'efficacia didattica della app e delle schede associate.

ANDRILL, UNA RICERCA INTEGRATA

ANDRILL (link.pearson.it/9AC8E79) è stato un progetto di ricerca scientifica internazionale con scopi prevalentemente glaciologico-paleoclimatici. Si è svolto in Antartide nelle estati australi (da ottobre a febbraio) 2006 e 2007 ed ha coinvolto oltre 200 ricercatori, numerosi insegnanti ed educatori e migliaia di studenti di sette nazioni (inclusa l'Italia). Nel corso del progetto sono state recuperate due carote di roccia e sedimenti, ognuna lunga oltre 1000 metri, che costituiscono la testimonianza più estesa disponibile delle vicende climatiche della regione del Mare di Ross. L'analisi multidisciplinare e integrata delle carote ha permesso di ricostruire la storia climatica della piattaforma di Ross e delle vicende susseguite negli ultimi 13 milioni di anni. Infatti i periodi climatici di riscaldamento e raffreddamento hanno determinato corrispondenti fasi di regressione e avanzamento della piattaforma glaciale, le cui tracce sono state trovate nelle rocce e nei sedimenti marini esaminati. Fin dalle sue prime fasi, la ricerca ha sviluppato un approccio divulgativo centrato sulla collaborazione diretta con il mondo della scuola. Il team dei ricercatori ha realizzato uno specifico programma di Education and Public Outreach (EPO), che ha previsto anche il coinvolgimento e l'inclusione di insegnanti nel team di ricerca e nella spedizione scientifica stessa (link.pearson.it/90A5DFC3).

L'APP NEL DETTAGLIO

La app si compone di due livelli di contenuti, due sezioni informative (una sull'uso della app stessa e una sul continente antartico), alcuni video introduttivi e un sito web (link.pearson.it/7EABBEEF). Il livello 1 consiste in un'animazione che mostra le variazioni in termini di estensione della calotta antartica, su scala continentale e in accordo con le variazioni di temperatura alle quali è stato soggetto il sistema climatico del nostro pianeta. Il livello 2 sposta il focus dell'attenzione sulla regione della piattaforma di Ross e mostra i cambiamenti su scala regionale delle stesse oscillazioni di temperatura del livello 1 con, in più, alcune indicazioni di sedimentazione. La parte centrale dell'interfaccia è occupata da una foto satellitare dell'area della piattaforma circostante l'isola di Ross, in cui si svolgono i movimenti di avanzamento e regressione. Oltre al grafico tempo / temperatura del livello 1, è presente anche una colonna di sedimentazione nel bordo sinistro dell'interfaccia. Qui viene rappresentato in tempo reale il processo di sedimentazione così come avviene sul sito di perforazione. I pattern di sedimentazione mostrati e le indicazioni cromatiche invitano a trovare una correlazione con il contributo in termini di sedimenti dato dai ghiacciai circostanti, indicati ognuno con un colore differente. ●



Cortesia di Matteo Cattadori

Un momento della fase di test di CLAST con le scuole.

UN'ALLEANZA EFFICACE

CLAST è disponibile per sistema operativo iOS nella versione 2.0, presentata di recente al Meeting Annuale della Associazione americana di geologia. È stata realizzata dall'azienda di computer grafica Pixelcartoon di Trento, insieme a un team composto da ricercatori delle Università di Siena e Padova e da insegnanti di scienze. Tra gli enti finanziatori del progetto figurano anche la Fondazione Cariparo (Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo) e il MUSE, Museo delle Scienze di Trento. Inoltre è risultato determinante il contributo del Museo Nazionale dell'Antartide, che ne ha sostenuto la diffusione in rete attraverso il proprio sito web (link.pearson.it/E7A2EF55). Per questa ragione l'app può essere vista come la prova tangibile che alleanze di soggetti eterogenei (insegnanti, ricercatori ed enti privati) possono dare un contributo significativo in termini di produzione di strumenti innovativi di divulgazione, capaci di conciliare rigore scientifico ed efficacia didattica.

Matteo Cattadori

è insegnante di scienze presso il Liceo Filzi di Rovereto (TN). Dal 2006 realizza progetti didattici nell'ambito delle scienze polari (link.pearson.it/771DF2C4).



Cristiana Bianchi

Laureata in scienze geologiche, è docente in utilizzo presso IPRAE in Trentino, dove realizza corsi di formazione in matematica, scienze e tecnologie didattiche.



Vita nei ghiacci

di **Luca Miserere**

Da un'originale esperienza di ricerca, un insegnante propone un'articolata presentazione, utile per illustrare in classe il tema delle reti trofiche in un ambiente particolare come quello antartico.



Raccolta dei campioni di ghiaccio

Nel novembre del 2012 ho partecipato alla XXVIII Spedizione Italiana in Antartide organizzata dal Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA). Un'esperienza unica, fantastica che mi ha permesso di conoscere e ampliare le mie conoscenze sulle Scienze Polari e di realizzare un esercizio molto interessante di collegamento fra la ricerca e la divulgazione scientifica. Fra le tante esperienze condotte durante la spedizione, la principale è stata quella di affiancamento al progetto scientifico SICaF (Sea Ice Carbon Flux), che ha lo scopo di studiare la componente organica presente nel

ghiaccio marino per valutare l'importanza di questo elemento nell'ecosistema marino antartico. La mia attività si è svolta per circa un mese presso la stazione Mario Zucchelli, base italiana in Antartide. Durante questo periodo ho raccolto un grande quantitativo di materiale didattico, che ho organizzato in alcune schede didattiche su vari argomenti polari (1) e in una presentazione su Prezi che illustra le varie forme di vita presenti nel ghiaccio (2). E, in effetti, per me è stato proprio sorprendente scoprire la complessa ed importante vita presente in un ambiente così estremo.

IL MATERIALE DIDATTICO

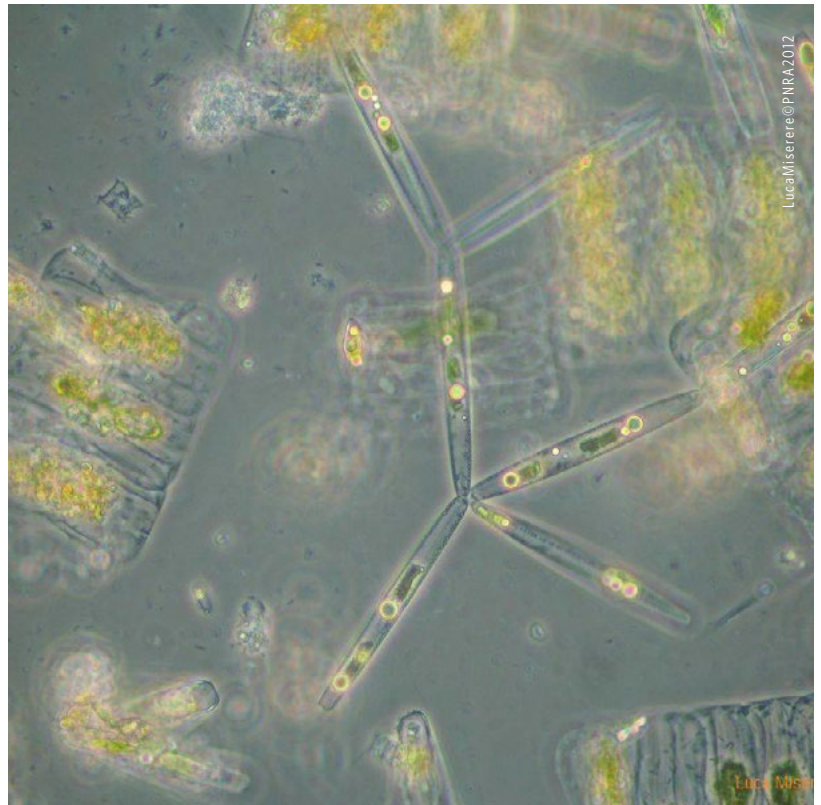
La presentazione può essere riproposta in classe per illustrare come la notevole biomassa prodotta da minuscole microalghe sia il motore di una rete trofica che alimenta ben cinque gradi di consumatori. Questo può aiutare a trasmettere agli studenti l'importanza degli oceani polari e la loro notevole complessità, aiutando anche a riflettere sul ruolo dei cambiamenti climatici e sulle loro conseguenze globali.

DIATOME: MICROALGHE, MA GRANDI PRODUTTORI

Il progetto SICaF ha come obiettivo la caratterizzazione della struttura, del funzionamento e dell'efficienza delle reti trofiche simpagiche e pelagiche nelle aree costiere antartiche, mediante un'analisi comparativa dei processi di produzione, consumo, degradazione ed esportazione del carbonio organico. Nella parte del progetto che ho seguito, le attenzioni erano tutte rivolte al ruolo delle microalghe, produttori dell'ecosistema marino antartico. Tra queste, le diatomee sono le più rilevanti poiché contribuiscono per il 75% alla produzione primaria nell'Oceano Meridionale (per il 50% in tutti gli oceani). Esse quindi costituiscono la base delle reti trofiche antartiche; per questo motivo nella mia presentazione su Prezi rivestono una posizione centrale, con immagini di diverse specie fotografate sia al microscopio ottico sia a quello elettronico, che permette di vedere meglio le meravigliose ornamentazioni del guscio siliceo di questi organismi unicellulari.

STUDIARE LA BIOMASSA

Lo studio delle diatomee condotto dai ricercatori non si basa solo sulla composizione specifica delle comunità ma, in questi ultimi anni, si è concentrato sempre più sui potenziali meccanismi di controllo della crescita e dell'accumulo della biomassa microalgale come l'irradianza, la



La microalga *Nitzschia stellata*

dinamica della colonna d'acqua, la temperatura, la presenza dei macro e micronutrienti ed infine le attività di pascolo (*grazing*) da parte del krill. Per esempio, durante la sua formazione il ghiaccio marino costituisce una trappola efficace di nutrienti provenienti dall'aerosol minerale dell'atmosfera attraverso i venti. In estate, invece, al momento dello scioglimento del ghiaccio, questi micronutrienti verranno rilasciati in mare insieme alle microalghe. Inoltre, gli studi condotti hanno evidenziato che la disponibilità di ferro gioca un ruolo chiave nel limitare i processi di produzione primaria.

IN CONTINUO MOVIMENTO

Le comunità di microalghe sono prevalentemente planctoniche, ma vi sono anche alghe bentoniche che risalgono lungo la colonna d'acqua dal fondo verso il punto di contatto con il ghiaccio marino, costituito anche da una caratteristica struttura inconsistente sotto forma di scaglie (*platelet*). L'alone scuro nella parte terminale delle carote di ghiaccio che si possono vedere in alcune immagini della presentazione, testimonia la notevole concentrazione di microalghe, che aumenta sempre più durante la stagione primaverile fino al completo scioglimento del ghiaccio marino. In corrispondenza di questo evento, le diatomee ritornano sui fondali muovendosi lungo la colonna d'acqua, un'immagine estremamente affascinante.



Carotaggio dei ghiacci

DAL KRILL ALL'ORCA

La grande biomassa di diatomee è il cibo principale del krill (*Euphausia superba*) che ha la capacità di rimuovere completamente le fioriture microalgali attraverso un *grazing* selettivo del ghiaccio marino. Il krill costituisce anche l'alimento di numerosi pesci e pinguini e quindi rappresenta il punto di partenza di tutta la catena trofica alimentare marina. A questo piccolo e fondamentale crostaceo si collega anche *Pleuragramma antarcticum*, un pesce che depone le uova proprio nel ghiaccio marino. La presentazione, attraverso l'intervista a Eva Pisano, ricercatrice presso l'Università di Genova, mostra gli studi che si stanno conducendo per capire la biologia di questo importante pesciolino, principale alimento dei pinguini e delle foche di Weddell. A questo punto, la presentazione prosegue con il contributo anche di materiale raccolto nella rete, per illustrare diversi livelli di consumatori fino ad arrivare ai due predatori principali, consumatori all'apice della piramide alimentare di questo particolare ecosistema marino, la foca leopardo e l'orca.

Le foto e i video dei pinguini sono stati fatti a Cape Washington, una riserva naturale speciale nel Mare di Ross, dove vi è una delle più importanti colonie di pinguino imperatore (*Aptenodytes forsteri*), il pinguino più grande e anche l'unico che vive a sud, superando l'inverno in Antartide. Chiaramente, un numero così vasto di consumatori è possibile se vi è una produzione molto elevata di carbonio organico; questo ruolo è svolto proprio dalle microalghe e dalla loro abbondante biomassa vegetale presente nel ghiaccio marino.



Tepper, Natalie/Arcadi/Corbis

Foca di Weddel, in Antartide

CAPIRE CHE COSA CI ASPETTA

La formazione e l'estensione del ghiaccio marino subiscono già e continueranno a subire in futuro delle variazioni dovute ai cambiamenti climatici. Queste variazioni avranno sicuramente conseguenze sulla rete trofica alimentare e lo studio delle microalghe ci aiuterà a capire meglio l'entità e la pericolosità di questi cambiamenti. ●

BIBLIOGRAFIA

- ① Link alla pagina con schede didattiche scaricabili: link.pearson.it/6E06C385
- ② Presentazione su Prezi: link.pearson.it/1901F313

Luca Miserere

ha un dottorato in geobotanica ed è insegnante di scienze naturali all'I.I.S. Maxwell di Nichelino (TO). Per la sua esperienza polare ringrazia le professoresse Olga Mangoni ed Eva Pisano.



Neutrini al Polo Sud

di **Francesca E. Magni**

Gli esperimenti estremi sono affascinanti e aiutano a raccontare in classe come si fa ricerca scientifica. È il caso di IceCube, un monumentale laboratorio per la ricerca sui neutrini cosmici.



C-C Ambler/Wikipedia

Un modulo digitale
ottico del progetto
IceCube

I fisici amano le situazioni estreme. E questa ne ha tutte le caratteristiche: ambiente ostile come solo il Polo Sud sa essere e lunghe giornate da passare accanto a un rivelatore di neutrini cosmici ultraenergetici. Stiamo parlando dell'esperimento internazionale IceCube (link.pearson.it/4BF01874), che utilizza un "laboratorio" di ghiaccio sotterraneo delle dimensioni di un kilometro cubo per indagare la natura di quella che da sempre è considerata la particella più ineffabile: il neutrino. Sembra impossibile poterlo catturare per studiarlo perché

a causa della sua massa irrilevante (da 100 000 a 1 milione di volte inferiore a quella dell'elettrone) interagisce pochissimo con la materia che lo circonda, lasciando tracce molto flebili.

TELESCOPI MOLTO PARTICOLARI

Il neutrino proviene dallo spazio ed è esso stesso un personaggio estremo. Nasce all'interno di eventi violentissimi come l'esplosione di una stella, oppure un *gamma-ray burst*, un lampo di raggi gamma forse generati da processi riguardanti i buchi neri e le stelle di neutroni. Per poter "osservare"

i neutrini ad alta energia servono “telescopi” molto particolari, a base di risorse naturali come l’acqua o il ghiaccio. Questo per due motivi: perché occorrono rivelatori di dimensioni enormi, dell’ordine del chilometro cubo, quindi impensabili da costruire artificialmente e perché servono materiali trasparenti – come appunto acqua e ghiaccio – per osservare la flebile luce Cherenkov emessa dopo il passaggio dei neutrini. Attualmente esistono tre importanti rivelatori di neutrini cosmici: il Km3net installato a migliaia di metri di profondità negli abissi del Mar Mediterraneo, il Baikal Neutrino Telescope sotto le acque del lago Baikal in Siberia e IceCube che a una profondità fra i 1500 e i 2500 metri, sfrutta il tipo di ghiaccio più puro e pulito esistente sulla Terra, quello antartico.



I pupazzi Ernie e Bert, da cui il nome dato ai primi due neutrini ad alta energia osservati

NEUTRINI IN POESIA

Lo scrittore americano John Updike (1932 - 2009) ha dedicato una poesia a questa fantasmatica particella elementare, dal titolo *Cosmic Gall* e cioè *Sfacciataggine cosmica* (si veda la traduzione di Marco Fulvio Barozzi: link.pearson.it/3CF728E2), scritta negli anni sessanta, quando si pensava che il neutrino non avesse massa.

Sfacciataggine cosmica

I neutrini, loro sono proprio piccoli:
non hanno carica e nemmeno massa
e non interagiscono per niente.
La Terra è nient’altro che una insulsa palla
per loro, che semplicemente ci passano attraverso
come donne delle pulizie in una sala piena di spifferi
o fotoni attraverso una lastra di vetro.
Essi snobbano i gas più sottili,
ignorano la più solida parete,
l’acciaio tenace e l’ottone sonoro,
insultano lo stallone nella sua stalla,
e, disdegnando le barriere di classe,
si infiltrano in te e me! Come alte
e indolori ghigliottine, cadono
attraverso le nostre teste giù nell’erba.
Di notte entrano nel Nepal
e perforano l’amante e la sua amata
da sotto il letto – per voi
è meraviglioso; per me è stupido.

BERT ED ERNIE, DUE NEUTRINI AD ALTISSIMA ENERGIA

Il più grande telescopio di neutrini attualmente in funzione è proprio IceCube, frutto della collaborazione di più di trecento scienziati e completato nel 2010. Rivela sia il passaggio di neutrini provenienti dalla nostra atmosfera sia di quelli di origine cosmica: per la prima volta sono stati osservati due neutrini di energia molto elevata, dell’ordine del milione di miliardi di elettronvolt, soprannominati dai ricercatori Bert ed Ernie, dai due famosi pupazzi del Muppet Show. L’emozionante esperienza è raccontata da uno dei protagonisti, il ricercatore Carlos Pobes, in un’intervista pubblicata sulla rivista *Asimmetrie* (①), in un numero dedicato proprio alla ricerca estrema (②). ●

BIBLIOGRAFIA

- ① *Il giorno più lungo della mia vita*, in *Asimmetrie*, ottobre 2013
link.pearson.it/A5FE7958
- ② M. Pietroni, *Ai confini della realtà*, in *Asimmetrie*, ottobre 2013.
link.pearson.it/D2F949CE
- ③ Per saperne di più sui neutrini: pagina informativa a cura dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso.
link.pearson.it/4C9DDC6D

Francesca E. Magni
è laureata in Fisica e
pubblicista. Insegna
matematica e fisica al liceo.
Scrivere racconti scientifici.



Scheda Didattica / **Neutrini al Polo Sud**

di **Francesca E. Magni**

RICERCA E COLLABORA

1. I rivelatori di neutrini utilizzano i fotomoltiplicatori: che cosa sono? Con quale meccanismo viene emessa e rivelata la luce Cherenkov?
2. Disegna una tabella di due colonne che contenga nella prima tutti i modi nei quali si generano neutrini in natura e nella seconda tutti gli esperimenti che creano i neutrini "artificiali". Perché si creano neutrini anche nell'atmosfera terrestre? Che cosa sono i "geoneutrini"?
3. Scrivi una breve storia del neutrino: chi lo ipotizzò, quando fu rivelato per la prima volta ecc. Aggiungi anche le notizie più recenti, come l'annuncio da parte del Cern di Ginevra nel 2011, poi smentito, che i neutrini dell'esperimento Opera sembravano muoversi a velocità maggiori di quella della luce.
4. Cerca informazioni sui *gamma-ray bursts* e realizza una fotogallery o un breve filmato di sole immagini o una slow-motion che illustri l'argomento.
5. Sul sito web dell'esperimento IceCube è possibile consultare una pagina di "Activities" per studenti (link.pearson.it/3B9AECFB). Attualmente se ne trovano quattro - Ice Drilling, Cloud Chambers, Popcorn Neutrinos e Micrometeorites - tutte molto interessanti. Prova a realizzare l'esperienza con i popcorn: richiede al massimo un paio di ore e ha lo scopo di far sperimentare direttamente quello che successe con il decadimento beta, cioè la misurazione di un'apparente perdita di energia che sembrava contrastare il principio di conservazione dell'energia. Tramite la misura accurata della massa di un popcorn prima e dopo la cottura, puoi verificare se la massa si conserva oppure no e imparare ad applicare il metodo scientifico, utilizzando le leggi della fisica per risolvere un'apparente contraddizione sperimentale. Inoltre, avrai modo di esercitarti nella lettura della lingua inglese.

6. Una proposta per una possibile attività da svolgere in classe, coinvolgendo tutti gli studenti. Dividetevi in gruppi, assegnando a ciascuno un laboratorio a scelta fra quelli presentati nella mappa degli esperimenti sui neutrini pubblicati dalla rivista "Asimmetrie" (link.pearson.it/A293BD41). In tutto il mondo si contano ben 19 centri di ricerca dedicati alla rivelazione dei neutrini, quindi la possibilità di scelta è ampia. Gli esperimenti sono situati in luoghi estremi, come profonde miniere o sotto agli abissi marini, perché bisogna evitare ogni possibile fonte di disturbo di origine umana o naturale. Ogni singolo gruppo di studenti dovrà informarsi sul proprio esperimento e, quasi come in un gioco di ruolo, potrà scegliere i "personaggi" da interpretare fra gli scienziati che vi lavorano. Dopo aver analizzato tutti gli aspetti di quel laboratorio, ogni gruppo esporrà agli altri compagni la propria relazione, come in un congresso. Ogni relazione potrà contenere informazioni di tipo scientifico (i risultati ottenuti da quell'esperimento, le prospettive per il futuro ecc.) ma anche di tipo più personale (come racconti della vita quotidiana e aneddoti, ricavabili dalle interviste ai protagonisti di quella ricerca).

Etologi in classe

di **Gabriella Salerno**

L'etologia può essere una disciplina molto utile per avvicinare i ragazzi allo studio delle scienze sperimentali e dell'evoluzione: in questo articolo un'esperienza didattica condotta attraverso l'osservazione dei pinguini.



Ira Meyer/National Geographic Society/Corbis

Pinguino del genere pigascelide, Antartide

Tutti gli animali compiono azioni in risposta a fattori interni e a stimoli provenienti dall'ambiente. Gli uccelli migratori effettuano lunghi viaggi alla ricerca di luoghi adatti alla sopravvivenza nelle stagioni avverse. Il ghepardo in corsa può raggiungere i 100 km orari per uccidere una gazzella, ma anche un animale sessile come il colorato anemone di mare riesce, attraverso il rapido movimento dei tentacoli, ad afferrare le piccole prede che gli si avvicinano. Affascinanti e complessi rituali di corteggiamento assicurano la riproduzione degli insetti.

LA NASCITA DELL'ETOLOGIA

L'uomo è sempre stato incuriosito dal comportamento animale. Già Aristotele nella sua *Historiae animalium* descriveva abitudini e comportamenti degli animali. Nell'Ottocento Jean-Henry Fabre, scrivendo *Souvenirs entomologiques*, ci svelava i segreti della vita sociale delle api. Nella seconda metà del Novecento grazie agli studi di Konrad Lorenz si è sviluppato un nuovo modo di vedere lo studio del comportamento, basato sull'osservazione e la descrizione scientifica dei moduli comportamentali per individuarne il

significato biologico. È la nascita dell'etologia moderna che, attraverso i classici metodi utilizzati in biologia evuzionistica e cioè sulla base di somiglianze e differenze, tenta di ricostruire il percorso evolutivo di una specie. Il comportamento è quindi considerato un adattamento, risultato della selezione naturale al pari di altre caratteristiche come la colorazione mimetica delle ali di una farfalla o la postura eretta tipica di *Homo sapiens*.

UNA DISCIPLINA "DA PROGRAMMA"

Nella scuola secondaria di primo e secondo grado l'etologia rientra nell'ambito dei programmi delle scienze e, benché l'immagine dell'etologo, soprattutto quello di campagna, suscita nei giovani un grande interesse, si attribuisce ad essa un'importanza marginale. Io ritengo invece che lo studio dell'etologia possa offrire numerosi spunti per avvicinare gli allievi allo studio delle scienze sperimentali e dell'evoluzione. Se poi lo studio riguarda animali molto particolari, come i pinguini, il gioco è fatto! Se i vostri studenti non rimangono affascinati dalle immagini di Lorenz accanto alle sue amate oche, sicuramente saranno attratti da questi simpatici e insoliti animali antartici.

SVILUPPARE L'OSSERVAZIONE

L'etologo osserva animali singoli o a gruppi in laboratorio o nell'ambiente naturale, compila schede di osservazione, rielabora i dati raccolti con l'aiuto della statistica. Se è possibile, organizza la sperimentazione, spesso in maniera creativa inventando procedimenti e metodologie. Infine cerca di dare un'interpretazione evolutiva al comportamento in esame. Seguire questa procedura, se pur con i limiti e le problematiche di un ambiente scolastico, costituisce per gli studenti un'ottima attività di investigazione secondo le tecniche dell'IBSE (*Inquiry Based Science Education*). Durante l'anno scolastico 2013/2014, spinta dalla formazione ottenuta alla Scuola Polare Estiva (iniziativa promossa dal Museo Nazionale dell'Antartide e dal MIUR), ho portato avanti un'attività didattica di studio etologico di pinguini in una seconda classe di un Istituto Tecnico ad Indirizzo Economico. Il lavoro aveva come fine non soltanto la conoscenza dell'ambiente antartico, ma anche lo sviluppo della capacità di osservazione. Oggi i nostri studenti sono bombardati da un'infinità di immagini che giungono loro dai media e hanno perso la capacità di osservazione, che è una delle principali competenze da acquisire con lo studio delle scienze. Altro obiettivo era la rielaborazione di dati scientifici attraverso l'utilizzo di semplici metodi statistici e la loro presentazione sotto forma di grafici.

IL LAVORO DELL'ETOLOGO

L'attività è stata introdotta con la visita al Museo dell'Antartide di Siena, dove alcuni esperti hanno illustrato la vita degli animali antartici, facendo riferimento agli adattamenti che permettono loro di sopravvivere in condizioni estreme.

A scuola ho poi proposto alla classe di approfondire il comportamento dei pinguini. Ovviamente, anche se sarebbe stato molto motivante ed affascinante osservarli dal vivo, ci siamo dovuti limitare a guardare dei video. Per fortuna, però, oggi il web fornisce numerose opportunità di osservare animali molto lontani da noi attraverso webcam che li ritraggono in tempo reale.

Il sito da cui abbiamo tratto il nostro materiale per l'osservazione è quello dell'acquario di Monterey (link.pearson.it/385C6403), che ritrae pinguini in cattività. Ad ogni studente ho assegnato un pinguino riconoscibile per qualche segno particolare o per la posizione che occupava.



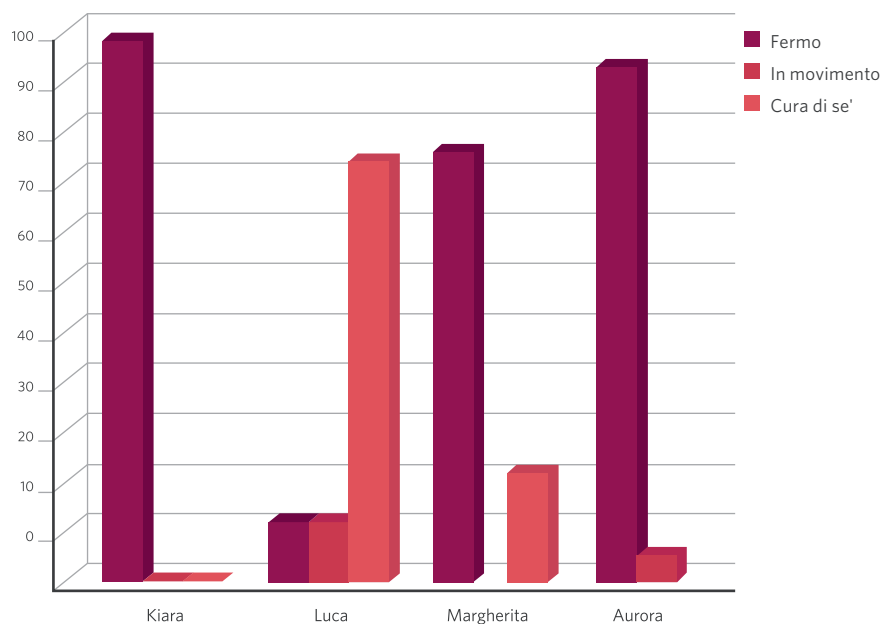
Museo Nazionale dell'Antartide di Siena

Lo studente quindi effettuava un'osservazione a scansione che, secondo i metodi classici dell'etologia, consiste nell'osservare gli animali a intervalli regolari di tempo, registrandone il comportamento in quell'istante. Per ogni pinguino era prevista una tabella con quattro colonne che indicavano le seguenti azioni: sosta, deambulazione, cura di sé (in queste azioni rientrano l'autopulizia e il lisciarsi con il becco il piumaggio), alimentazione. Ho preparato la tabella scegliendo alcuni moduli comportamentali dei pinguini indicati nell'etogramma di un articolo dello zoologo Philippe J. Seddon (1).

Le 20 righe della tabella indicavano intervalli temporali di 15 secondi per un tempo totale di 5 minuti di osservazione. Ogni 15 secondi, uno studente con il cronometro dava un segnale e i suoi compagni "osservatori" indicavano una X in corrispondenza dell'azione compiuta dal proprio pinguino in quel momento. Alla fine, per ogni animale abbiamo ottenuto il numero totale delle azioni compiute, quindi una traduzione in numeri di un comportamento. Con questi numeri, trasformati in percentuali, abbiamo costruito un istogramma. Abbiamo eliminato l'azione "alimentazione" poiché non compariva in nessun individuo.

RISULTATI, TRA ENTUSIASMI E CRITICITÀ

I ragazzi si sono entusiasmati, tanto che avevano assegnato il proprio nome al pinguino in osservazione, e hanno molto apprezzato l'interdisciplinarietà del lavoro tra scienze e matematica. Un punto di criticità è stato invece la scelta del video. I pinguini in cattività si muovono poco e quindi in certi momenti l'osservazione risultava noiosa, anche se questo è stato un buon esercizio di pazienza. Esistono tuttavia anche webcam in diretta dall'Antartide, come quella dello United States Antarctic Program (link.pearson.it/4F5B5495), molto utile per l'osservazione a scansione perché le immagini vengono rinnovate ogni 15 secondi, ma utilizzabile soltanto durante l'estate antartica (da ottobre a febbraio). Altri video in cattività possono essere reperiti dallo zoo di Orlando, in Florida (link.pearson.it/79C67AF6). Una fase importante è stata la discussione dei risultati, poiché è emersa, oltre agli apprezzamenti e alle criticità sopra riportate, una possibile interpretazione del fatto che questi pinguini si muovessero poco, legata alla necessità di risparmiare energia per il freddo intenso.



I risultati dell'esperimento

UN INVITO E UNA SEGNALAZIONE

Il lavoro svolto non è scientifico, poiché per essere tale avrebbe richiesto diverse ore di osservazione su un numero molto elevato di individui. È stato comunque importante dal punto di vista didattico poiché ha portato i miei studenti a ragionare in termini evolutivi. Invito quindi a provare questa attività, che ritengo adatta agli studenti di terza media e del biennio della scuola superiore. Segnalo anche un'altra interessante attività sul comportamento dei pinguini, relativa alla nidificazione e alle cure parentali e riportata dal sito Penguin Science (link.pearson.it/EC14A60). Ne esiste anche una versione tradotta dalla collega Maddalena Macario per il progetto Icleen del Museo di Trento (link.pearson.it/97C81BDA). ●

BIBLIOGRAFIA

- ① P.J. Seddon, *An Ethogram for the Yelloweyed Penguin Megadyptes Antipodes*, in *Marine Ornithology*, 1991, vol. 192, pp. 109-115. link.pearson.it/E0CF2B4C

Gabriella Salerno

è laureata in scienze naturali. Dopo alcuni anni di ricerca in etologia, oggi insegna scienze, chimica e geografia presso l'istituto tecnico Cattaneo di San Miniato (PI).



Chimica sotto zero

di **Valentina Murelli**

Neve, ghiaccio, freddo: la stagione invernale offre numerosi spunti per approfondire in classe alcuni temi di chimica direttamente legati all'esperienza quotidiana. Qui una piccola rassegna di materiali utili che si possono trovare in rete.

CHIMICA DELLA NEVE

Che cos'è la neve dal punto di vista chimico? Perché è difficile osservare un cristallo di neve? Perché spargiamo sale sulle strade quando comincia a nevicare? Ce lo spiega Martyn Poliakoff, chimico dell'Università di Nottingham, in uno dei suoi *Periodic Videos*.

Guarda il video: link.pearson.it/2B379191

NON È TUTTA NEVE QUELLA CHE LUCCICA

Ulteriore approfondimento, in italiano, sulla forma dei cristalli di neve. Dal blog Chimicare.

Visita il sito: link.pearson.it/D57335FA

BIANCO NATALE

Acqua e ghiaccio sono trasparenti o lievemente azzurrognoli, ma la neve è bianca. Su Chemistry.about.com, la spiegazione del perché. Insieme ad altre risorse dedicate a ghiaccio e neve.

Visita il sito: link.pearson.it/A274056C

NEVE ED ECOLOGIA

La neve non è solo un gradevole elemento paesaggistico, ma svolge anche un ruolo importante in alcuni processi biogeochimici. Questa presentazione dell'Alaska Geobotany Center offre una sintetica panoramica su questo aspetto. Guarda la presentazione: link.pearson.it/3B7D54D6

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E GHIACCIO

Quali effetti provoca l'inquinamento atmosferico sullo scioglimento dei ghiacci polari? L'iniziativa PolarTREC (*Teachers and Researchers Exploring and Collaborating*) propone una semplice scheda didattica per lavorare in classe su questo argomento.

Scarica la scheda didattica: link.pearson.it/4C7A6440



Una schermata della tavola periodica a tema natalizio

CRISTALLI ARTIFICIALI

Come si produce la neve artificiale? Lo spiega un articolo del New York Times, con un video allegato, partendo dall'esperienza delle olimpiadi invernali di Sochi del 2014. L'articolo è stato ripreso in italiano da wired.it.

Leggi l'articolo sul New York Times:

link.pearson.it/D21EF1E3

Leggi l'articolo su wired.it: link.pearson.it/A519C175

UNA TAVOLA NATALIZIA

Di tavole periodiche ce n'è di tutti i tipi, comprese quelle più curiose e divertenti. Proponiamo una versione perfetta per le festività natalizie.

Visita il sito: link.pearson.it/3C1090CF

Valentina Murelli
è giornalista e
science writer
freelance.



In classe con *Frozen*

di **Francesca E. Magni**

Gli straordinari “poteri del freddo” della principessa Elsa si prestano benissimo a introdurre in classe argomenti di fisica e matematica: dalle proprietà dell’acqua ai cicli frigoriferi, dalla simmetria ai frattali.



Radius Images/Corbis

La scena della regina Elsa che crea un magnifico palazzo di ghiaccio e quella dove raggela interamente il proprio regno rimarranno fra i momenti più riusciti della storia del cinema di animazione. *Frozen*, film di animazione Disney, tratto da una favola di Hans Christian Andersen, narra infatti la storia di una principessa condannata fin da piccola alla reclusione a causa del “potere del freddo” che non riesce a controllare. Il film ha avuto grande successo di pubblico, vinto ben due Oscar e riscosso interesse sia per l’aspetto scenografico, emozionale, narrativo, sia per quello

scientifico. Al punto da meritarsi un articolo sulla rivista americana *Journal of Interdisciplinary Science Topics* (1).

UNA BOMBA INVERNALE

In questo articolo, Aaron Goldberg, studente della Università canadese McMaster, ha calcolato l’energia necessaria per ricoprire di ghiaccio l’intero regno intorno alla città di Arendelle, che corrisponderebbe all’attuale fiordo norvegese Naerofjord, lungo 18 km e largo 500 m. Dai suoi calcoli risulta che un ciclo frigorifero di Carnot

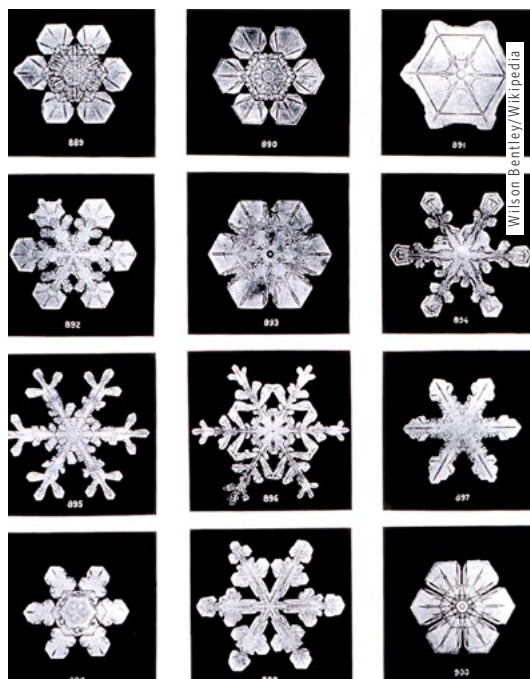
dovrebbe compiere un lavoro di $5,8 \cdot 10^{15}$ Joule: ciò significa che per creare quel paesaggio invernale, la regina Elsa avrebbe utilizzato tanta energia quanta ne scatenò la bomba atomica lanciata su Hiroshima! Insomma, un “potere” impressionante che giustifica anche dal punto di vista termodinamico i timori di Elsa e dei suoi genitori.

LA REGINA DELLE NEVI

Uno degli aspetti scientifici più spettacolari del film è costituito dai tantissimi fiocchi di neve che nascono dalle mani della principessa (e in seguito regina) Elsa, insieme alle altre forme di ghiaccio. Il primo effetto è quello estetico: la loro bellezza è tale da affascinare lo spettatore. Però la forma di questi meravigliosi cristalli di ghiaccio risveglia anche la nostra curiosità intellettuale. Gli animatori del film si sono avvalsi delle conoscenze di Kenneth Libbrecht, chiamato anche dottor Snow (2), del California Institute of Technology (Caltech), e hanno sviluppato un software, *Matterhorn*, per generare oltre 2000 forme diverse di fiocchi di neve da utilizzare nel film.

UNA QUESTIONE DI SIMMETRIA

Dal punto di vista didattico, i fiocchi portano ad affrontare il tema matematico della simmetria della natura, in quanto ne presentano di diverso tipo: da quella assiale a quella rotazionale fino alla simmetria frattale. Esiste in rete, a questo proposito, un ottimo lavoro, premiato nel 2011 con il terzo posto nella manifestazione ScienzaFirenze



Varietà di forme ad elevata simmetria

CICLI FRIGORIFERI ED ENTALPIA

Il calcolo utilizzato da Aaron Goldberg per determinare l'energia del ciclo frigorifero, utilizza la formula del rendimento che compare nei libri di testo scolastici: basta stimare le due temperature T_1 e T_2 fra le quali la macchina frigorifera lavora e sostituirla nella formula del rendimento, con $T_1 < T_2$:

Ponendo quindi $T_1 = -15^\circ\text{C}$ e $T_2 = 20^\circ\text{C}$ si ottiene un valore del rendimento di 7,38.

Il calcolo dell'energia spesa utilizza poi l'entalpia (che richiede però l'uso di integrali). Ecco una buona occasione per introdurre in classe una grandezza fisica come l'entalpia che normalmente non si affronta: potrebbe essere lo spunto per un approfondimento sui legami fra questa funzione di stato termodinamica e i cicli frigoriferi: per imparare a leggere e ad analizzare, per esempio, un diagramma pressione/entalpia.

(a cura del Centro per la formazione e l'aggiornamento di Didattica e Innovazione Scolastica DIESSE Firenze) intitolato *La semplicità dell'imperfezione: la matematica nei fiocchi di neve* (3). L'elaborato racconta come dall'osservazione di una nevicata, una classe prima del liceo scientifico San Benedetto di Piacenza abbia scoperto e studiato le regolarità di tipo geometrico della struttura dei fiocchi di neve. Si tratta di un semplice e ben fatto percorso didattico di una ventina di ore, dal quale attingere per provare a sperimentare in classe alcune attività, come la costruzione di un esagono regolare con riga e compasso o la costruzione del frattale *fiocco o curva di Koch* o, ancora, le ricerche sulle maniere di classificare i cristalli di neve e sulla crescita dei cristalli.

LICENZE D'ARTISTA

Una curiosità: c'è chi ha osservato molto da vicino i cristalli di neve disegnati da Brittney Lee in *Frozen* (4) e ne ha criticato la simmetria. Jacob Clark Blickenstaff nell'articolo *Cristalizing the Science in Frozen* pubblicato in un report della National Science Teachers Association americana (5), afferma infatti che nei cristalli del film manca la proprietà di “autosimilarità” che caratterizza i frattali e cioè il fatto che la loro forma rimane invariata al cambiare della scala. I fiocchi di Elsa invece non si assomigliano se visti su scale differenti, perché il piccolo esagono che compare al centro di quello più grande che costituisce la figura del fiocco, non è più un esagono regolare: i vertici interni formano fra di loro un angolo più piccolo di 60 gradi, quindi non possono essere messi come tante piastrelle uno accanto all'altro per creare un *pattern esagonale* come succede per l'intero fiocco. Possiamo perdonare questa piccola inesattezza formale e pensare che sia stata scelta per motivi estetici: probabilmente un esagono non regolare è più “gotico” e in linea con la storia. Consideriamola un po' come una “licenza d'artista”. Anche perché gli effetti speciali della scena chiave di Elsa che usa la magia per congelare l'acqua sono stati disegnati tutti a mano.

In tema di “licenze d’artista” si può notare come nelle scene ambientate nel palazzo di ghiaccio, gli autori abbiano deciso di accompagnare le emozioni di Elsa cambiando il colore del ghiaccio attorno a lei: quando è felice, il ghiaccio assume sfumature viola e azzurre che quando è minacciata diventano gialle. Il che ricorda quelle statuette che cambiano colore con il cambiare del tempo, un effetto dovuto all’umidità dell’aria.

ACQUA E GHIACCIO

Jacob Clark Blickenstaff sottolinea inoltre come la visione di *Frozen* possa essere un ottimo punto di partenza per introdurre le proprietà dell’acqua, come il comportamento anomalo sotto ai 4 °C che permette ai laghi di congelare solo in superficie lasciando la possibilità alla vita di permanere in profondità. Anche in questa occasione non gli sfuggono altre due incongruenze del film, dovute al fatto che quando congela, l’acqua aumenta di volume: nella scena dove Elsa congela il golfo del fiordo, l’acqua del mare avrebbe dovuto distruggere tutte le navi presenti al suo interno, schiacciandole con la pressione della propria espansione.

Anche la “versione di ghiaccio” della principessa Anna, sorella di Elsa, sarebbe dovuta risultare più grande in volume almeno del 10% rispetto alle dimensioni normali.

Un altro input alla didattica, infine, può essere rappresentato dai principi di fisica sottostanti al pattinaggio (Ⓢ): come dimenticare la scena finale nella quale tutti pattinano nella piazza ghiacciata davanti al castello?

IL MERAVIGLIOSO MONDO DEI FRATTALI

Quello dei frattali è un mondo matematico che suscita sempre interesse negli studenti perché incorpora concetti affascinanti come l’infinito, ha molte applicazioni nel mondo concreto ed è esteticamente bello. Per realizzarli con i propri studenti, si possono utilizzare anche alcuni software, come XaoS, scaricabile gratuitamente (link.pearson.it/1AC252), un programma molto semplice che riproduce i frattali più noti ed ha la possibilità di crearne di nuovi inserendo la formula.



Chensiyuan/Wikipedia

Hotel De Glace, in Québec

Francesca E. Magni

è laureata in fisica e pubblicitista. Insegna matematica e fisica al liceo. Scrive racconti scientifici.



ANIMAZIONI DA PRIMATO

Fra le tante curiosità di *Frozen* si legge anche che il team produttivo ha visitato il famoso *Hotel De Glace*, in Québec (Canada), un albergo interamente scolpito nel ghiaccio, che dopo il successo del film ha inaugurato e dedicato ad esso la *Frozen Suite*. Gli animatori e gli artisti degli effetti speciali hanno dovuto fare esperienza diretta con la neve alta nella località di Jackson Hole, nel Wyoming, per rendere più realistiche le loro ambientazioni e i movimenti dei personaggi al loro interno o anche solo per capire il tipo di impatto e di interazione della neve alta con i vestiti.

L’oltre un miliardo di dollari di incasso rende ragione della folla di specialisti in computer graphics che hanno contribuito alla realizzazione del film: la sola scena della creazione del castello di ghiaccio ha impiegato ben cinquanta animatori diversi, quella in cui Elsa cammina verso il balcone del suo palazzo (che dura 218 fotogrammi) ha richiesto circa cinque giorni di lavoro per ogni singolo *frame* e solo per il movimento dei capelli di Elsa gli animatori hanno realizzato un software apposito chiamato *Tonic*. Gli animatori hanno usato ben 312 modelli digitali in tre dimensioni (*character mock-up*), una cifra mai raggiunta da nessun altro film della Disney.

PER APPROFONDIRE

- *La snow art* di Simon Beck. link.pearson.it/89BEEE82
- A. Bellos, *Simon Beck’s astonishing landscape and snow art illustrates the cold beauty of mathematics - in pictures*, The Guardian, 6 novembre 2014. link.pearson.it/FEB9DE14

BIBLIOGRAFIA

- ① A. Goldberg, *Powering Disney’s Frozen with a Carnot refrigerator*, in *Journal of Interdisciplinary Science Topics*, February 19, 2014. link.pearson.it/E0CF2B4C
- ② Pagina web di Kenneth Libbrecht sui cristalli di neve link.pearson.it/17DA7B21
- ③ link.pearson.it/8ED32A9B
- ④ Pagina del blog di Brittney Lee, con immagini dei cristalli di neve di *Frozen*. link.pearson.it/F9D41A0D
- ⑤ J.C. Blickenstaff, *Cristalizing the Science in Frozen*, in *National Science Teachers Association Report*, May 5, 2014. link.pearson.it/67B08FAE
- ⑥ *Sul ghiaccio. Lezione di fisica con i pattini*. Una lezione di fisica allo stadio del ghiaccio di Trento. link.pearson.it/10B7BF38

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

Coordinamento e progettazione: Valentina Murelli

Redazione e ricerca iconografica: Jacopo Cristini, Triestina Giannone, Sara Madussi

Coordinamento realizzazione editoriale: Marco Palvarini

Disegni: Vito Manolo Roma

Progetto grafico: Shiroi studio

Impaginazione: Giorgia De Stefani

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 © 2014 Pearson Italia. www.pearson.it