

Paleomagnetismo: leggere il campo magnetico nelle rocce

Scheda breve

Materia: Scienze della Terra. **Destinatari:** triennio della scuola secondaria di secondo grado. **Prerequisiti:** rocce magmatiche e sedimentarie, successione degli strati, proporzioni, conversioni fra metri e millimetri. **Durata indicativa:** due lezioni da 50 minuti, da adattare alla classe.

Una roccia può conservare informazioni su un campo magnetico molto più antico di qualunque bussola. In questa lezione scoprirai come nasce questa registrazione, che cosa significa polarità normale o inversa e come una successione di polarità aiuti a confrontare strati lontani. Il punto non è trovare una data leggendo una sola roccia: è imparare a distinguere un indizio da una correlazione affidabile.

Obiettivi: spiegare la magnetizzazione rimanente; leggere una colonna di polarità; usare una scala didattica senza scambiarla per la scala geologica reale; riconoscere riscaldamento tardivo, lacune e campionamento insufficiente come possibili problemi.

Revisione docente e prova in classe: aperte

1. Una memoria senza scrittura

Il campo magnetico terrestre principale è prodotto dai movimenti del materiale metallico, elettricamente conduttore, nel nucleo esterno liquido. Non bisogna immaginare una gigantesca calamita permanente al centro della Terra: il paragone del magnete serve soltanto a rappresentare in modo approssimato la forma del campo. [1, §9.3, apertura]

Il campo cambia nel tempo. In alcune epoche geologiche la sua polarità è stata opposta a quella attuale. Come possiamo saperlo, se non c'erano strumenti? Alcune rocce contengono minerali magnetici che possono conservare una **magnetizzazione rimanente**, cioè una magnetizzazione che persiste dopo la sua acquisizione. Il **paleomagnetismo** studia queste registrazioni del campo del passato. [2, paragrafi sulla definizione e sulle rocce]

Una roccia, però, non è un registratore perfetto. Il segnale può essere modificato e può comprendere contributi acquisiti in momenti diversi. Prima di usarlo per ricostruire il passato dobbiamo capire quale evento registra.

2. Come una lava può registrare il campo

Consideriamo una colata di lava con minerali magnetici adatti. Durante il raffreddamento, la magnetizzazione di certi granuli può diventare stabile e conservare una direzione collegata al campo presente in quel momento. Si parla di **magnetizzazione termorimanente**. Non è l'intera roccia che si gira come l'ago di una bussola: la registrazione riguarda i momenti magnetici nei minerali. [3, §7.4, figura 7.7 e testo]

Due concetti vicini non sono identici. La **temperatura di Curie** riguarda il cambiamento delle proprietà magnetiche di un materiale; le **temperature di bloccaggio** descrivono le condizioni sotto le quali la rimanenza dei granuli diventa stabile sulla scala temporale considerata. Non tutti i granuli si bloccano alla stessa temperatura. Perciò la frase «la roccia si magnetizza tutta in un istante appena solidifica» è troppo semplice. La solidificazione e l'acquisizione di una rimanenza stabile non sono necessariamente lo stesso istante. [3, §7.4, paragrafi «The sharpness of the relationship...» e «Now let us put...»]

Anche i sedimenti possono conservare registrazioni magnetiche, ma non per lo stesso meccanismo di raffreddamento di una lava. Particelle magnetiche possono orientarsi durante la deposizione e nelle fasi successive; altri processi possono aggiungere una rimanenza. Qui non calcoliamo la fisica dei singoli granuli: ci interessa riconoscere che **rocce diverse possono registrare il campo con meccanismi e tempi diversi**.

3. Normale e inversa: una convenzione, non un giudizio

Chiamiamo **normale (N)** una polarità con orientamento complessivo come quello del campo attuale; **inversa (R)** una polarità opposta. «Normale» non significa più forte, migliore o più frequente. Il passaggio da una polarità all'altra è un'**inversione geomagnetica**. Non indica che il pianeta abbia capovolto il proprio asse di rotazione o che nord e sud geografici si siano scambiati. [1, §9.3; 4, risposta iniziale e paragrafi sulle inversioni]

Una descrizione completa del campo comprende anche direzione e intensità. La **declinazione** è l'angolo della direzione orizzontale rispetto al nord geografico; l'**inclinazione** descrive l'angolo rispetto al piano orizzontale. Il moto dei poli magnetici e le variazioni della direzione non equivalgono automaticamente a un'inversione completa. [2, paragrafi «Another crucial component...» e «Secular variation...»]

Negli esercizi useremo N e R già attribuite da un ipotetico studio: sono un risultato interpretato, non ciò che si legge avvicinando una calamita a una pietra. Il semplice segno di una componente, senza posizione geografica, orientamento del campione e contesto, non basta a classificare correttamente ogni campione reale.

4. Dal campione alla colonna di polarità

Il percorso di lavoro, semplificato, comprende quattro passaggi.

Campionare con orientamento noto. Occorre sapere come si trovava la roccia sul terreno. Senza orientamento, una direzione misurata sul campione non si traduce correttamente in una direzione geografica.

Misurare e separare i contributi. In laboratorio si studia la magnetizzazione e si usano trattamenti controllati per distinguere componenti diverse. Non ogni magnetizzazione misurata è quella originaria. Questi trattamenti richiedono strumenti e competenze: non sono un esperimento domestico da eseguire con forno o fiamme.

Controllare la successione. Bisogna conoscere l'ordine degli strati, eventuali deformazioni, interruzioni della deposizione e parti mancanti. «In basso più vecchio» è una regola utile per una successione non rovesciata e non disturbata, non un'autorizzazione a ignorare la geologia.

Costruire la colonna. Si riportano lungo la successione intervalli N e R. Un intervallo della stessa polarità non corrisponde necessariamente a una singola colata o a uno strato: più livelli possono essersi formati mentre il campo aveva la stessa polarità. [3, §15.3.1 «Dating geological sequences»]

5. Come si usa il calendario delle polarità

Gli studi su successioni diverse, insieme a vincoli cronologici indipendenti, permettono di costruire una **scala temporale delle polarità geomagnetiche**. La magnetostratigrafia confronta la sequenza di polarità degli strati con questa scala. È simile al riconoscimento di un motivo in un archivio, ma con una difficoltà: brevi motivi come N-R-N possono comparire più volte. [3, capitolo 15 e §15.3.1]

Per assegnare un'età non basta dire «questa roccia è normale». Servono una successione sufficientemente riconoscibile, un campionamento adeguato e vincoli indipendenti, per esempio datazioni radiometriche o informazioni biostratigrafiche pertinenti. Anche una correlazione apparentemente buona può essere sbagliata se manca una parte della successione.

Distinzione fondamentale: un confine di polarità può fornire un riferimento cronologico, ma lo spessore dello strato non è direttamente una durata. Per passare da spessore a tempo occorrono età e ipotesi sulla deposizione. Due intervalli dello stesso spessore non hanno necessariamente avuto la stessa durata; il tasso di sedimentazione può variare.

La magnetostratigrafia non è una datazione radiometrica: non misura il decadimento di isotopi. Usa una registrazione magnetica e la sua correlazione con una cronologia già vincolata. Le due famiglie di metodi possono aiutarsi, non sono sinonimi.

6. Che cosa può alterare la memoria?

Un riscaldamento successivo può modificare o cancellare parte della rimanenza; reazioni chimiche possono formare nuovi minerali magnetici e produrre una registrazione più giovane della roccia. Anche una componente magnetica acquisita lentamente nel tempo può sovrapporsi a quella più antica. **Età della roccia ed età della magnetizzazione non coincidono per definizione.** [3, capitolo 7, sezioni sui meccanismi di acquisizione]

Inoltre una lacuna stratigrafica può eliminare intervalli di tempo dal record; un campionamento troppo rado può non riconoscere un intervallo breve. Ecco perché i ricercatori cercano coerenza fra molti campioni, trattamenti di laboratorio e informazioni geologiche indipendenti. [3, §15.3.1, paragrafo «Sedimentation is not always a continuous process...»]

Questo non rende inutile il metodo: spiega perché la sua affidabilità dipenda dai controlli. La domanda scientifica non è soltanto «che polarità vedo?», ma anche «quando è stata acquisita e quanto è completo il record?».

7. Le inversioni non sono un orologio periodico

Il record geologico mostra intervalli fra inversioni di durata molto diversa. Non esiste una cadenza fissa che permetta di calcolare la prossima inversione aggiungendo un periodo all'ultima. La FAQ USGS colloca l'ultima inversione completa a circa 780.000 anni fa: è un valore approssimativo di contesto, non un conto alla rovescia. [4, paragrafo «These reversals are random...»]

Un'inversione è un processo, non un istante matematico. Contare quattro passaggi N/R in una colonna non ci dice quanto sia durato ciascun passaggio. La durata di un intervallo stabile e quella della transizione che lo separa dal successivo sono grandezze diverse.

Il paleomagnetismo ha anche applicazioni alla ricostruzione dei movimenti delle placche e della storia dei vulcani. Qui ci concentriamo però sulla **lettura e affidabilità di un archivio magnetico**, non sulle prove dell'espansione dei fondali o su previsioni catastrofiche.

Fonti per approfondire e controllare

[1] Steven Earle, Physical Geology, seconda edizione, BCcampus, 2019, §9.3 «Earth's Magnetic Field». Localizzatori: paragrafo iniziale per nucleo esterno e origine del campo; paragrafo «Earth's magnetic field is generated within the outer core...» e figura 9.3.2 per irregolarità delle inversioni. Testo aperto CC BY 4.0. [Leggi il capitolo.](#)

[2] U.S. Geological Survey, Hawaiian Volcano Observatory, «Volcano Watch — Unveiling Earth's magnetic secrets: paleomagnetism and its geological applications», 15 giugno 2023. Localizzatori: «Paleomagnetism is the study...» per la definizione; «Another crucial component is magnetic inclination...» e «Secular variation refers...» per gli elementi del campo; «In geologic terrains...» per registrazione nelle lave e correlazione. Non si usano come attuali gli aggiornamenti vulcanici presenti in fondo alla pagina. [Leggi l'articolo.](#)

[3] Lisa Tauxe, Subir K. Banerjee, Robert F. Butler e Rob van der Voo, Essentials of Paleomagnetism, quinta edizione web, 2018 secondo la citazione raccomandata del sito; pagina intestata 28 dicembre 2021. Manuale universitario: §7.4 «Thermal remanent magnetization», figura 7.7 e paragrafi sulle temperature di bloccaggio; capitolo 7 per gli altri meccanismi di rimanenza; §15.3.1 «Dating geological sequences» per correlazione, lacune e campionamento. Le figure non sono riprodotte. [Consulta il manuale.](#)

[4] U.S. Geological Survey, FAQ «Is it true that Earth's magnetic field occasionally reverses its polarity?». Pagina web senza edizione numerata; localizzatori: risposta iniziale per le tracce in lave e sedimenti; paragrafo «These reversals are random with no apparent periodicity...» per irregolarità e ultima inversione; «Reversals are not instantaneous...» per il carattere non istantaneo delle transizioni. [Leggi la FAQ.](#)

Le fonti appartengono a tre produzioni indipendenti: manuale BCcampus, USGS e manuale specialistico Tauxe e collaboratori. Le due pagine USGS non sono conteggiate come due fonti istituzionali indipendenti. Spiegazione e attività sono una rielaborazione didattica originale. I dati degli esercizi sono inventati e non riproducono una scala reale delle polarità.