

STORIA DELLA FISICA

Faraday

«It [science] teaches us to be neglectful of nothing, not to despise the *small* beginnings – they precede of necessity *all great things*».

(Michael Faraday, 1858)

Michael Faraday (1791-1867) ha una storia che assomiglia per molti versi a una favola. Nacque povero e sicuramente non morì ricco. La scienza, alla quale dedicò la vita, diede a Faraday qualcosa di più: egli visse con semplicità, ma immerso nella sua più grande passione, che gli regalò il piacere di grandiose scoperte. I suoi risultati come chimico e abilissimo fisico sperimentale sono ancora oggi attuali e brillanti.

L'inizio di una favola

La sua famiglia viveva in condizioni economiche piuttosto modeste e a 13 anni dovette lasciare la scuola per andare a lavorare. Questa non fu certo una sfortuna: il suo datore di lavoro, un legatore di nome George Ribau, gli consentì di guadagnare un'istruzione scientifica superiore a quella che avrebbe ricevuto a scuola. Faraday, infatti, lavorava tra i libri e poteva leggerli e studiarli, e questo alimentò in lui una vivace curiosità e una profonda passione per la scienza, che lo avrebbe accompagnato per il resto della sua vita.

L'incontro con la scienza accademica

Il giovane Faraday era apprezzato e stimato da Ribau e, grazie a lui, riuscì nel 1812 a ottenere dei biglietti per assistere ad alcune lezioni del chimico Humphry Davy, presso la Royal Institution. Durante le lezioni prese appunti; successivamente li rilegò confezionandoli in un fascicolo e li presentò allo stesso Davy, che entusiasta del lavoro gli offrì un impiego presso il suo laboratorio. Diventando l'assistente di uno scienziato affermato, Faraday entrò ufficialmente nella comunità scientifica, nonostante le sue umili origini.

La storia continua

In laboratorio Faraday era ineguagliabile. La sua perizia sperimentale e il suo intuito spiccatissimo ne fecero uno scienziato di prim'ordine, che presto si rese indipendente da Davy. Accanto all'attività scientifica coltivò interessi per la divulgazione e la didattica. Gli argomenti studiati dal grande scienziato sono molteplici: dallo studio delle leghe dell'acciaio, alla liquefazione dei gas, dai fenomeni elettrici e magnetici alla decomposizione elettrolitica. Nel 1825 scoprì il benzene isolandolo dal petrolio usato nelle lampade per illuminazione.

Nonostante la scarsa preparazione matematica dovuta alla sua formazione particolare, svoltesi al di fuori dei circuiti istituzionali dell'istruzione, egli seppe orientarsi tra i fenomeni con un intuito eccezionale e delineò concettualmente una grandezza matematica del tutto nuova nel panorama scientifico dell'epoca. Egli pose infatti le basi del concetto di campo, sviluppato formalmente da James Clerk Maxwell, che analizzò e approfondì i suoi lavori.



Michael Faraday ritratto in un dagherrotypy realizzato da Mathew Brady.

Library of Congress Prints and Photographs Division
Washington, D.C.



Faraday nel 1855 durante una delle *Christmas lectures*, lezioni appositamente preparate per i giovani.

© Pictorial Press Ltd / Alamy

DOMANDA Quale metodo usò Faraday per visualizzare le linee del campo magnetico? Spiega in 5 righe il ruolo di un magnete di prova per l'individuazione dell'intensità, della direzione e del verso del vettore campo magnetico.

BIOLOGIA

Le bussole degli animali

Come fanno gli uccelli migratori del Nord ad andare verso Sud nella stagione fredda, senza sbagliare direzione? E come fanno balene e delfini, dopo essersi spostati dietro a i flussi di krill, a tornare nei loro mari nella stagione degli accoppiamenti?

Le bussole biologiche

Gli animali migratori si orientano nello spazio grazie a complessi sistemi di navigazione, chiamati genericamente *bussole biologiche*. Un meccanismo piuttosto diffuso nella navigazione animale è quello della *bussola solare*, per il quale gli animali assumono un certo angolo di orientamento rispetto al Sole, che sono in grado di far variare a seconda dell'ora del giorno grazie a informazioni provenienti dal proprio ritmo biologico, calibrato in base all'alternarsi del giorno e della notte. In alcuni uccelli che migrano durante la notte è stata provata l'esistenza di un meccanismo di orientamento basato sulla posizione delle stelle, detto *bussola stellare*. Sono state fatte, infatti, osservazioni all'interno di planetari nei quali l'orientazione dell'immagine della volta stellata è variabile a piacere, ed è stato visto che essi sono in grado di riconoscere alcune costellazioni, in particolare quelle che si trovano vicino ai poli. «Spegnendo» singolarmente alcune stelle, infatti, tali uccelli restavano orientati secondo la direzione di migrazione, mentre apparivano disorientati quando veniva spenta la stella polare o le stelle che si trovano a meno di 35° da essa. Un'altra importante bussola biologica utilizza le informazioni sulla luce proveniente dalla volta celeste, che risulta *polarizzata*: la luce, che è un'onda elettromagnetica, può presentare un piano preferenziale in cui avviene l'oscillazione, detto *piano di polarizzazione*. La polarizzazione della luce è particolarmente utile per l'orientamento al crepuscolo, in assenza di Sole e di stelle.



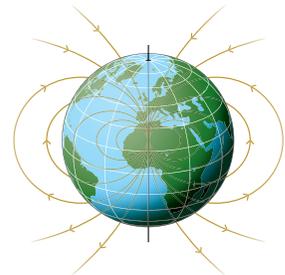
Mikhail Levit / Shutterstock

La posizione del Sole aiuta gli animali migratori durante il giorno grazie alla cosiddetta bussola solare.

Bussole magnetiche

Diversi esperimenti effettuati variando il campo magnetico in cui si trovano gli animali, hanno dimostrato che essi dispongono anche di una sorta di bussola magnetica interna. Sono stati osservati i comportamenti di uccelli chiusi in gabbie circolari prive di qualsiasi punto di riferimento e si è visto che riuscivano a mantenere un'orientazione definita dal campo magnetico presente, sia naturale che artificialmente modificato. Nella maggior parte dei casi gli animali sono in grado di orientarsi misurando l'inclinazione delle linee di forza (e non il loro verso), che è nulla all'equatore e cresce in verso opposto verso i poli.

Per quest'ultimo motivo in prossimità dell'equatore magnetico tali animali non sono in grado di orientarsi e devono ricorrere ad altre strategie. La coesistenza di più tipi di bussola, quindi, garantisce la possibilità di orientarsi in diverse situazioni e condizioni, tuttavia pone il problema della reciproca calibrazione.



Le linee di forza del campo magnetico terrestre fungono da guide per gli uccelli migratori.

Incidenti di percorso

Ogni tanto si assiste a moltitudini di animali che sbagliano drammaticamente direzione: balene e delfini che si arenaano su spiagge, uccelli che seguono rotte suicide. I fattori che inducono sugli animali false informazioni sulla direzione da seguire possono essere diversi. Tra essi l'interferenza con i meccanismi delle varie bussole provocata da attività umane quali sonar, segnali elettromagnetici, eccetera. Anche l'attività magnetica solare influenza il campo magnetico terrestre e potrebbe modificarlo a tal punto da fare letteralmente «perdere la bussola» agli animali che lo usano per orientarsi.

DOMANDA Come funziona una bussola? Spiegalo in 5 righe.

CON GLI OCCHI DI UN FISICO

Tracce nella storia

Conservare il passato

Il ricordo degli avvenimenti e delle opinioni degli uomini del passato giunge fino a noi attraverso il tempo, grazie alla conservazione della loro memoria. Si conservano gli usi e le tradizioni, come regole implicite della vita quotidiana, non scritte, non codificate; si conservano le filastrocche e le fiabe che, di bocca in bocca, raggiungono il presente dalla notte dei tempi. Sono legami profondi con il nostro passato, non affidati ad alcun segno grafico, ad alcun supporto materiale, ma solamente al modo di agire e alle tradizioni orali. Si tratta di una memoria molto stabile, non facilmente cancellabile, ma tuttavia mutevole e soggetta a lenti e piccoli cambiamenti che nel tempo si sovrappongono, modificandone in parte il contenuto originale.

Diversamente accade ai documenti scritti, che rappresentano una forma di memorizzazione del passato capace di raggiungere inalterata il presente, ma che sono soggetti a irreversibile distruzione con grande facilità. Ricordiamo che l'immensa biblioteca di Alessandria, edificata nel III secolo a.C., conteneva presumibilmente oltre 400 000 documenti, i quali andarono irrimediabilmente distrutti in un incendio. Solo l'utilizzo della stampa ha permesso di rinforzare questo tipo di memoria scritta: producendo più copie di un documento è possibile infatti aumentare la probabilità che esso riesca a sopravvivere agli eventi.



L'antica biblioteca di Alessandria non era solamente un archivio per libri e documenti, ma un vero e proprio centro di ricerca scientifica dove gli scienziati si confrontavano tra loro in un ambiente culturalmente ricco e stimolante. Tra il 1998 e il 2002 in sua memoria è stata costruita la nuova Bibliotheca Alexandrina, un enorme edificio in grado di raccogliere fino a 8 milioni di volumi.

PAROLA CHIAVE Poli magnetici

DOMANDA Descrivi in 10 righe la magnetizzazione di un materiale ferromagnetico in termini di domini di Weiss.

Parole, immagini, suoni...

La scrittura ci consente di far durare nel tempo fatti e opinioni, attraverso racconti, resoconti, scritture private, o attraverso la registrazione di atti pubblici negli archivi ufficiali. Ritratti e busti realizzati dagli artisti del passato ci mostrano i volti e le foggie dei nostri avi; e ancor più la fotografia e il cinema ci permettono di ricostruire fedelmente l'immagine di un tempo lontano. Dal fonografo al grammofono, alle moderne tecnologie per la registrazione e riproduzione dei suoni, la nostra memoria del passato si arricchisce di nuovi elementi e, dal XIX secolo è sempre meno difficile la sua ricostruzione.

I dati da conservare a nostra disposizione si sono tuttavia moltiplicati a dismisura, non solo perché sono aumentate le fonti di informazione, ma anche perché è aumentato il ritmo di produzione dei documenti stessi. Si pone dunque il problema dello spazio fisico necessario per memorizzarli, oltre che alla loro modalità di conservazione.



Una scena del film *Quarto potere* (1941), di Orson Wells. La quantità di dati che la moderna società produce conferisce a quanti hanno il potere di gestirli e diffonderli, la facoltà di influenzare l'opinione pubblica, nonché la memoria degli eventi.

PAROLA CHIAVE Interazione magnetica

DOMANDA Che cosa succede se si fa scorrere una calamita su un nastro magnetico?

Soluzioni magnetiche

Dagli anni Venti del XX secolo alle varie strategie per la memorizzazione dei dati del passato, si è aggiunto il magnetismo. Il primo supporto in grado di registrare dati sfruttando le proprietà magnetiche della materia è il cosiddetto *nastro magnetico*. Esso è composto da una sorta di doppio strato di materiale flessibile e resistente, all'interno del quale è depositato un terzo strato di materiale ferromagnetico, in grado di modificare la sua struttura a seconda del campo magnetico in cui è immerso. Inizialmente i nastri magnetici furono usati per registrare e quindi memorizzare i suoni. La registrazione di un nastro audio avviene per mezzo di un segnale elettrico che varia a seconda del suono e produce quindi un campo magnetico che dipende dal suono stesso. Mentre il nastro scorre il materiale ferromagnetico modifica la sua struttura in base al campo magnetico e fissa quindi le caratteristiche del suono che l'ha prodotto. In fase di lettura avviene il contrario: a partire dai cambiamenti del campo magnetico impressi sul nastro è prodotto un segnale elettrico che riproduce il suono in un opportuno sistema di trasformazione e amplificazione.

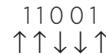
Negli anni Sessanta del secolo scorso i nastri magnetici iniziarono a essere usati anche per la memorizzazione di immagini in movimento. I dispositivi a uso domestico più diffusi per la memorizzazione di musica e filmati mediante nastri magnetici sono le musicassette e le videocassette, che sono state completamente rimpiazzate da sistemi di memorizzazione ottica o elettronica negli ultimi 10 anni.

Memorizzare dati

I nastri magnetici sono stati utilizzati anche per memorizzare dati in formato digitale. Un dato in formato digitale è rappresentato da una serie di cifre (dall'inglese *digit*). Utilizzando il sistema di numerazione binario, che usa la base 2 anziché la base 10, ogni numero è rappresentato da una sequenza di cifre uguali a 1 o a 0, ed è quindi possibile trasformare un dato in una sequenza di dipoli magnetici orientati verso l'alto o verso il basso. Per esempio il numero 25 si scrive

$$25 = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11001$$

Cioè può essere rappresentato da una sequenza di dipoli magnetici.



Nella realtà non si lavora su singoli dipoli magnetici, ma su domini di Weiss, che hanno un'estensione e una stabilità maggiore. Il nastro è in grado di memorizzare lunghe sequenze di dati, ma ha l'inconveniente di consentirne una lettura solamente sequenziale, oltre che essere molto ingombrante. Nell'informatica sono stati sviluppati supporti più compatti e versatili come i dischi magnetici (*floppy disk* e *hard disk*).

Oggi esistono molte strategie di memorizzazione dei dati digitali: dalle memorie ottiche a quelle basate sulle proprietà dei semiconduttori, che tendono a ridurre sempre più lo spazio necessario all'archiviazione. Il rischio di perdita dei dati è ridotto dalla semplicità con cui essi possono essere duplicati.



Dispositivi per la registrazione di audio e video su nastro magnetico.



I dati vengono memorizzati in formato digitale come sequenze ordinate di cifre uguali a uno o zero.

PAROLA CHIAVE Circuitazione

DOMANDA Quale relazione c'è tra il fatto che un materiale ferromagnetico si magnetizza presentando un polo nord e un polo sud, con il fatto che la circuitazione del campo magnetico è diversa da zero?