

## FILOSOFIA

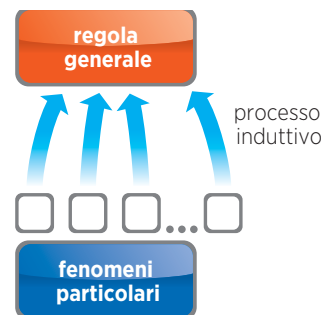
### La teoria nella scienza secondo Karl Popper

Nella fisica del XX secolo si assiste a uno scavalco della teoria rispetto alla fase sperimentale: in molti casi la formalizzazione della descrizione di una classe di fenomeni precede l'osservazione dei fenomeni stessi. È questo il caso della relatività ristretta, che fu elaborata prima ancora che si potessero osservare le sue manifestazioni: a partire da considerazioni astratte, attraverso esperimenti concettuali, è stato possibile derivare alcune deduzioni che sono state verificate sperimentalmente in seguito. Una teoria scientifica di tipo moderno, quindi, non è tanto la sintesi formale *indotta* da una serie di fatti già osservati, quanto una costruzione autonoma la cui validità è controllata dalle conseguenze da essa *dedotte*.

Il filosofo Karl Popper (1902-1994) ha analizzato la struttura logica del metodo scientifico, giungendo a una distinzione tra scienza e non-scienza: la prima fondata sulla deduzione, la seconda sull'induzione. Fino ad allora si erano succedute teorie *verificate*, ma nessuna di queste riusciva a garantire in modo definitivo la sua infallibilità. Popper dimostra che la verifica non è sufficiente e individua nella *falsificabilità* il criterio per accettare una teoria scientifica come tale, nell'impossibilità di *verificare* la totalità degli eventi che la confermano. Una teoria considerata valida sulla base dei soli fenomeni osservati non è, secondo Popper, una teoria scientifica perché non può essere falsificata.

#### I limiti dell'induzione

Come esempio di quanto detto prendiamo in prestito una storiella proposta dal filosofo Bertrand Russell (1872-1970): un tacchino che vive in un allevamento statunitense osserva che ogni giorno gli viene fornito un pasto alle 9 del mattino e, dopo qualche mese di osservazioni, induce una regola secondo la quale, indipendentemente dal tempo, dalla stagione, dal giorno della settimana, dall'umore dell'allevatore e dal tipo di abito indossato, il cibo gli viene dato ogni giorno alle 9 del mattino. L'inferenza del tacchino viene irrimediabilmente smentita il giorno di Natale, quando, invece che essere nutrito, diventa egli stesso il piatto della festa. La «teoria» costruita dal tacchino mediante un processo induttivo, sulla sola base di osservazioni empiriche verificate giorno dopo giorno, non è dunque una teoria scientifica: non c'è nulla che garantisca il perpetrarsi dell'evento.

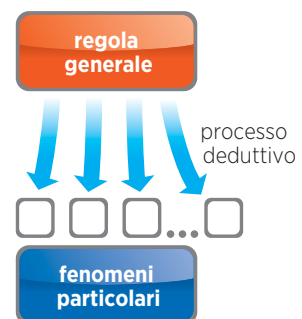


L'induzione è il procedimento logico con il quale si ricava una regola generale a partire da una moltitudine di fatti particolari. Il pensiero passa da un grado inferiore di organizzazione logica del mondo dell'esperienza a un grado superiore.

#### L'uso della deduzione

Popper sostiene che l'unico metodo scientifico valido sia quello basato sulla deduzione, cioè il controllo della teoria attraverso le conclusioni che se ne possono trarre. Il compito di un ricercatore è quindi quello di indagare su affermazioni che siano falsificabili, cioè delle quali si possa ricercare un contro-esempio. La possibilità di indagare su fenomeni che falsifichino un'affermazione è ciò che fa di essa una «teoria scientifica»: un ragionamento logico, per quanto logicamente corretto, non può essere assunto come fondamento della veridicità di un'affermazione, ma è solo uno strumento per controllare le sue conseguenze, cioè uno strumento critico.

In questo modo una teoria non può essere mai considerata «vera» ma solo «non falsa», e tale condizione ha un valore temporaneo.



La deduzione è il procedimento logico con il quale si derivano le conseguenze particolari di un'affermazione generale. Questa fase del metodo scientifico permette la falsificazione di una teoria attraverso la ricerca della negazione di almeno una delle sue conseguenze.

**DOMANDA** Trova una conseguenza che può essere dedotta dalla teoria della relatività ristretta. In che modo potrebbe essere falsificata?

## MATEMATICA

### La quarta dimensione

Per disegnare un cubo su un foglio di carta dobbiamo ingannare la nostra percezione e utilizzare le regole della prospettiva, per cui le superfici ortogonali al foglio appaiono deformate rispetto alla forma quadrata che invece hanno nella realtà tridimensionale. Non è semplice creare l'illusione della profondità su un piano bidimensionale, e la scoperta del metodo geometrico per realizzarla è una conquista recente nella storia dell'arte: prima del Rinascimento, infatti, i tentativi di rendere la terza dimensione dello spazio non avevano avuto sempre esiti positivi.

Se rappresentare lo spazio utilizzando una dimensione in meno è difficile, immaginare uno spazio con una dimensione in più richiede competenze matematiche decisamente superiori.

Nel *Presepe di Greccio*, nella Basilica superiore di San Francesco ad Assisi, Giotto (1267-1337) rappresenta la terza dimensione, ma non utilizza le regole della prospettiva.

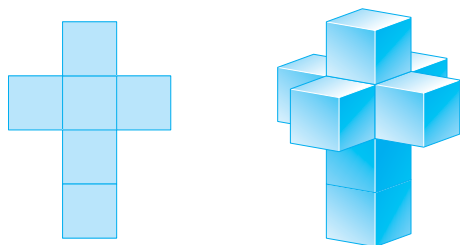


#### L'ipercubo

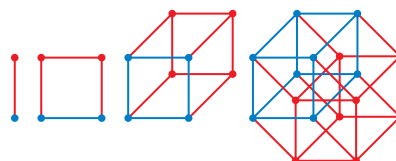
Proviamo, per esempio, a pensare a un cubo in quattro dimensioni, detto anche *ipercubo* o *tesseracto*. Per introdurre questo oggetto partiamo dal quadrato, figura piana formata da 4 segmenti uguali, paralleli a due a due e perpendicolari tra loro. Il cubo in 3 dimensioni è formato da  $(2 \times 3)$  quadrati che hanno i lati in comune a due a due, 12 spigoli e 8 vertici. Analogamente, il cubo in 4 dimensioni è formato da  $(2 \times 4)$  cubi che hanno le facce in comune a due a due, 24 quadrati, 32 spigoli e 16 vertici.

Così come possiamo disegnare un cubo tridimensionale su un foglio di carta usando le regole della prospettiva, possiamo allo stesso modo rappresentare un ipercubo nello spazio tridimensionale: tuttavia in questo caso è richiesto un maggiore sforzo di immaginazione, visto che non abbiamo esperienza di spazi a quattro dimensioni!

Così come possiamo sviluppare un cubo tridimensionale su un foglio di carta bidimensionale, possiamo sviluppare un cubo quadridimensionale nello spazio tridimensionale.



Sviluppi di un cubo tridimensionale e di un ipercubo a 4 dimensioni.



Costruzione di un ipercubo a partire da un segmento.



Rappresentazione bidimensionale di un cubo a 4 dimensioni: dobbiamo fare un notevole sforzo di immaginazione per ricostruire mentalmente un'immagine della quale questa è solo una proiezione.



In *Corpus Hypercubus* (1954), il pittore surrealista Salvador Dalí (1904-1989) utilizza lo sviluppo di un ipercubo come una sorta di «iper-croce» per rappresentare la morte di Cristo.

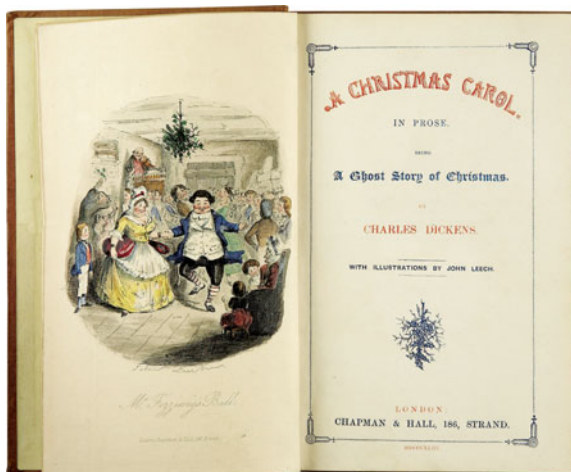
**DOMANDA** «Su ogni vertice dell'ipercubo incidono 4 facce cubiche e 6 facce quadrate». Correggi questa affermazione, se necessario.

## CON GLI OCCHI DI UN FISICO

### A Christmas carol

#### Ebenezer Scrooge

*A Christmas carol*, o *Canto di Natale*, è uno dei più celebri romanzi di Charles Dickens (1812-1870). Protagonista del racconto è il vecchio, avido e avaro finanziere londinese Ebenezer Scrooge. È talmente attaccato ai suoi guadagni che costringe Bob Cratchit, suo impiegato sottopagato, a lavorare anche durante la vigilia di Natale, che egli considera un'inutile perdita di tempo, sottratto all'accumulo di ricchezze. La vicenda centrale è un istruttivo viaggio avanti e indietro nel tempo, che porta Scrooge a ravvedersi delle sue azioni insensibili verso le sofferenze altrui. Nell'epoca vittoriana, nella quale si svolge il racconto, l'Inghilterra stava vivendo un periodo di forte incremento delle attività industriali e, insieme a questo, anche un notevole aumento della popolazione e della miseria. Il sovraffollamento di alcuni quartieri londinesi, la disoccupazione, lo sfruttamento minorile contrastavano fortemente la ricchezza crescente di pochi privilegiati. Dickens, attraverso una sorta di favola natalizia, denuncia la situazione in pagine che hanno resistito al tempo e che, ancora oggi, possono essere rivisitate in termini sempre attuali. Non è un caso che *Canto di Natale* sia una delle storie che ha avuto il maggior numero di adattamenti cinematografici di ogni tempo.



Frontespizio della prima edizione di *A Christmas carol*, di Charles Dickens, illustrata da John Leech, 1843.

**PAROLA CHIAVE** **Spaziotempo**

**DOMANDA** Possiamo viaggiare nel passato attraverso la memoria, facendo rivivere i nostri ricordi, ma non possiamo fisicamente tornare a eventi precedenti il nostro presente. Quale dovrebbe essere la velocità di un oggetto che tornasse indietro nel tempo? Disegna la sua linea di universo.

#### Indietro e avanti nel tempo

Scrooge riceve un'inaspettata visita dal fantasma del suo vecchio socio in affari, condannato a portare in eterno le catene dalla sua avarizia, il quale lo mette in guardia sulle conseguenze di una condotta arida e ostile al prossimo. Successivamente giunge il momento di affrontare il suo primo viaggio nel tempo, accompagnato dallo spirito del Natale passato. Il vecchio avaro rivede, come uno spettatore invisibile, alcune scene della sua infanzia e del periodo di fidanzamento con Belle, una donna che lui trascura, troppo indaffarato a seguire i suoi affari. Assiste quindi alla rottura del fidanzamento, voluto dalla ragazza esasperata dal suo comportamento.

Il viaggio successivo è guidato dallo spirito del Natale presente, che gli consente di fermare il tempo e viaggiare nello spazio a velocità infinita, trovandosi quindi in più luoghi nello stesso istante. Visita dunque diverse case in cui si stanno svolgendo i festeggiamenti per il Natale e scopre la triste condizione della famiglia del suo impiegato che, a causa della povertà, non è in grado di curare il figlio Tiny Tim, gravemente ammalato. Visita altre misere case di gente comune e quella di suo nipote Fred, in cui assiste a un'aspra critica nei suoi confronti per i suoi modi sgarbati e la sua avarizia.



Scrooge incontra il fantasma del defunto socio in affari Jacob Marley.

**PAROLA CHIAVE** **Simultaneità**

**DOMANDA** La teoria della relatività afferma che non è possibile definire la simultaneità di due eventi. Questa frase è errata, correggila.

## Avanti e indietro nel tempo

Lo spirito del Natale futuro accompagna Scrooge al cospetto della sua morte. Intorno alla sua salma si muovono squallide figure che, prive di ogni pietà per la circostanza, si appropriano di oggetti e beni a lui appartenuti, o gioiscono per non dover più saldare i propri debiti. Nella casa del suo impiegato, invece, regna una pesante tristezza: il piccolo Tiny Tim è morto, privato delle cure necessarie dall'avarizia del vecchio datore di lavoro del padre, cioè lo stesso Scrooge.

Divenuto consapevole delle conseguenze della sua condotta, il vecchio avaro cade in preda alla disperazione, ma gli viene concessa un'altra possibilità. Compie, infatti, un altro viaggio nel tempo e ritorna al presente, deciso a cambiare il suo comportamento e quindi il corso della storia. È di nuovo la mattina della vigilia di Natale e può ricominciare una nuova vita: cordiale con tutti, generoso e solidale con la sofferenza altrui, si guadagna la stima dei suoi concittadini e nuove sincere amicizie. Al piccolo Tiny Tim viene così risparmiata una morte prematura, grazie alle cure rese possibili dalla sua nuova umanità.

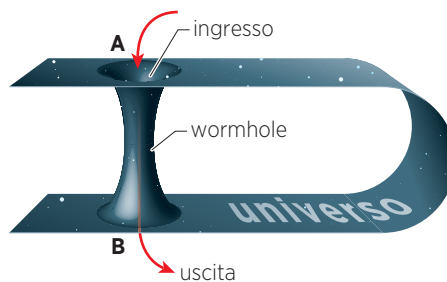


L'ultimo degli spiriti. Scrooge è al cospetto della sua stessa lapide.

## Qualche «piccolo» problema

Premesso che siamo tutti viaggiatori nel tempo, nostro malgrado, destinati a procedere inesorabilmente verso il futuro, la teoria della relatività non ci impedisce di raggiungere il futuro prima di altri. Viaggiando a una velocità prossima a quella della luce, i nostri orologi rallenterebbero rispetto a quelli rimasti in quiete e noi invecchieremo più lentamente, trovandoci, al nostro «ritorno», più giovani di quanti non sono partiti insieme a noi. Questo fatto è stato più volte verificato sperimentalmente, per esempio con lo studio delle particelle subatomiche.

Tuttavia, non potendo superare la velocità della luce, non saremmo in grado di tornare indietro, cioè di raggiungere nuovamente l'evento di partenza. I viaggi nel passato, indietro nel tempo, sono in teoria possibili assumendo ipotesi aggiuntive, e sono argomento di grande seduzione nella divulgazione scientifica. Se pur realizzabili, però, dovrebbero prevedere condizioni che impediscano la generazione di paradossi. È noto, infatti, che tornando indietro nel tempo potremmo uccidere noi stessi e quindi anche l'assassino di noi stessi, restando per questo vivi. Una delle contraddizioni più eclatanti di un ipotetico viaggio nel passato è quindi quella di anteporre l'effetto alla sua causa, sconvolgendo ogni connessione logica tra gli eventi. Riflettiamo: se Scrooge non fosse stato avido e scontroso non avrebbe assistito allo svolgersi di un futuro desolato e triste; ma non sarebbe diventato un uomo migliore se non avesse assistito alla sua squallida fine.



Oggi si ritiene che un ipotetico viaggio verso il passato sarebbe possibile attraversando un cosiddetto *wormhole*, una sorta di scorciatoia che unisce punti dello spaziotempo altrimenti molto distanti. In questo modo, senza superare la velocità della luce, potrebbero essere collegati tra loro eventi con distanza spaziotemporale di tipo spaziale.

### PAROLA CHIAVE

### Massa relativistica

**DOMANDA** Quale dovrebbe essere la velocità di un elettrone affinché la sua massa sia pari a 1 kg?