



Daniele Missiroli

Sono nato a Ravenna e vivo a Bologna, dove lavoro come analista programmatore e consulente privacy nell'azienda che ho fondato. Laureato in fisica con lode, sono attratto da numeri, astronomia e scienze in generale, oltre che da fantascienza, fumetti e film. Scrivo libri di fantascienza e ho creato una serie ambientata su un lontano pianeta. Ho scritto anche un libro di matematica sul calcolo mentale.

L'Universo "Come se..."

L'Universo può essere suddiviso in due componenti: gli oggetti grandi e gli oggetti piccoli. Chiameremo i primi *macroscopici* e gli altri *microscopici*. Da molti secoli sappiamo come si comportano gli oggetti grandi: è possibile capire come funzionano quelli microscopici, senza addentrarci in complicate formule matematiche? Leggiamo cosa disse uno dei più importanti fisici del secolo scorso:

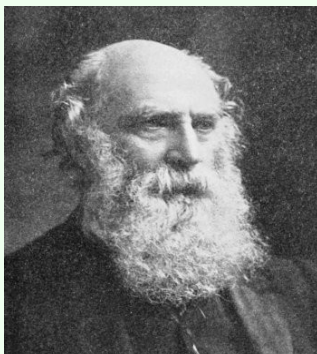
*“È sbagliato pensare che il compito della fisica sia di scoprire **come** è la natura.
La fisica riguarda quello che noi possiamo dire a **riguardo** della natura.”*
Niels Bohr, premio Nobel per la Fisica 1922.

Dobbiamo renderci conto che ci sono domande cui non sappiamo rispondere per limiti tecnici, e domande cui non sapremo mai rispondere perché non ha senso porsele. Compito della fisica è discernere fra i due tipi di domande.

L'equazione più famosa di tutti i tempi (questa è l'unica formula che userò, promesso), fu scritta da Albert Einstein nel suo secondo articolo sulla relatività ristretta nel 1905.

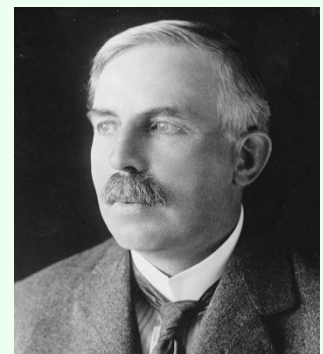
$$E = mc^2$$

È stata ampiamente dimostrata, per cui la possiamo accettare senza citare i vari esperimenti che sono stati fatti in oltre un secolo. Questa formula ci dice che la materia e l'energia sono la stessa cosa. Dall'energia si può ottenere materia e dalla materia energia. C'è solo una costante di mezzo. La costante **c** che, sempre Einstein, dimostrò essere universale. La materia non può andare più veloce della luce, perché, man mano che aumenta la velocità, aumenta la massa, opponendosi per inerzia a un ulteriore aumento. L'unico oggetto che può andare a **c** è il fotone, che non ha massa. Anzi, proprio perché non ha massa, **deve** andare a **c**.



George Johnston Stoney

Già nel 1803 gli atomi erano considerati i costituenti fondamentali della materia, ma non si sapeva come fossero fatti. Nel 1874 **George Stoney** scoprì l'elettrone con carica negativa e nel 1909 **Ernest Rutherford**, bombardando una sottile lamina d'oro, propose un modello in cui c'era un nucleo atomico, di carica positiva, circondato da elettroni, come il Sole con i pianeti del sistema solare.



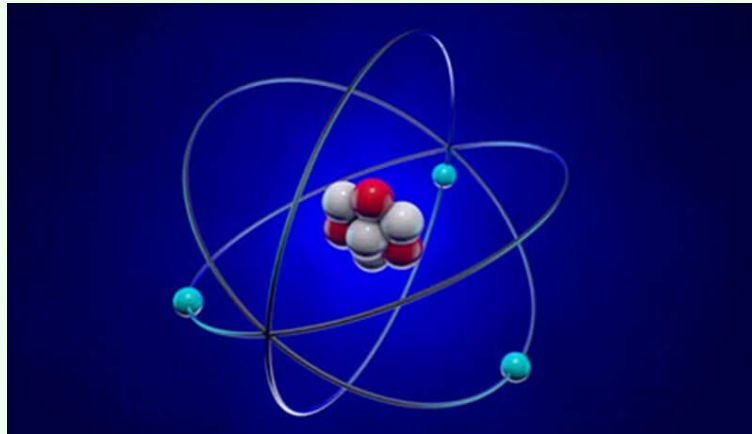
Ernest Rutherford



Daniele Missiroli

Sono nato a Ravenna e vivo a Bologna, dove lavoro come analista programmatore e consulente privacy nell'azienda che ho fondato. Laureato in fisica con lode, sono attratto da numeri, astronomia e scienze in generale, oltre che da fantascienza, fumetti e film. Scrivo libri di fantascienza e ho creato una serie ambientata su un lontano pianeta. Ho scritto anche un libro di matematica sul calcolo mentale.

Quello che più si approssimava all'idea di Rutherford era questo:



Al centro protoni positivi e neutroni senza carica elettrica, all'esterno elettroni negativi che ruotavano con orbite circolari o ellittiche. Questo modello spiegava bene molte cose che si osservavano sperimentalmente, ma non tutte. Per esempio, secondo la teoria elettromagnetica di Maxwell sulle cariche in moto accelerato, l'atomo avrebbe dovuto collassare in un attimo. La materia osservata, invece, era stabile.

Questo modello era molto diffuso, anche fra i non addetti alla materia. Lo conosceva anche William Ritt, che nel 1933 aveva creato il personaggio di Brick Bradford. Nel 1944 lo fece addirittura viaggiare all'interno di una moneta, scoprendo che davvero gli atomi non erano altro che sistemi solari costituiti da stelle e pianeti. Nessuno, in quegli anni, si chiese di quali atomi fossero poi composti gli oggetti che già erano atomi loro stessi.

Un siffatto modello generava molte altre domande: se l'elettrone, i protoni e i neutroni erano delle sfere, che cosa c'era al loro interno? Era possibile romperli? Tentando di rompere un protone si scoprì che al suo interno c'era qualcosa. Si vide che era costituito da tre particelle più piccole a cui fu assegnato il nome di *quark*. Stessa cosa per il neutrone, che però aveva solo due quark identici a quelli del protone, ma un terzo quark era diverso. Ecco perché aveva carica nulla. Le equazioni che giustificavano che i tre quark fossero confinati all'interno di quello spazio ristretto indicavano che per separare i quark sarebbe stata necessaria energia pressoché infinita, per cui si capì che si era arrivati al limite fisico del concetto di *piccolo*.

Per quanto riguarda l'elettrone, invece, si sapeva questo:

Raggio	10^{-22} metri
Massa	$9,1 \times 10^{-31}$ kg
Energia	0,5 MeV
Rapporto col protone	1 a 1836



Daniele Missiroli

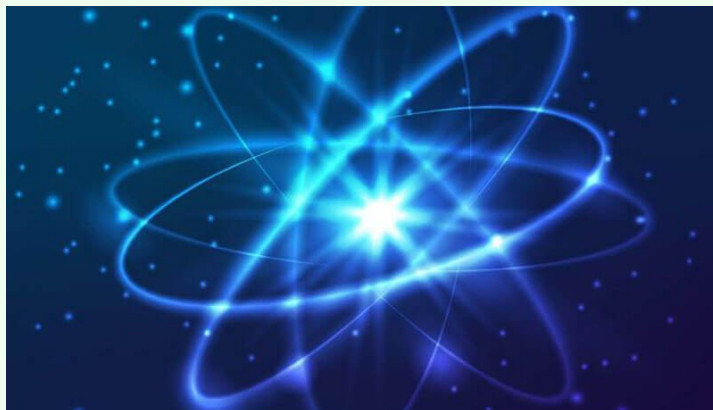
Sono nato a Ravenna e vivo a Bologna, dove lavoro come analista programmatore e consulente privacy nell'azienda che ho fondato. Laureato in fisica con lode, sono attratto da numeri, astronomia e scienze in generale, oltre che da fantascienza, fumetti e film. Scrivo libri di fantascienza e ho creato una serie ambientata su un lontano pianeta. Ho scritto anche un libro di matematica sul calcolo mentale.

Per spezzare l'elettrone furono fatti degli esperimenti, usando sempre più energia, finché non ne utilizzarono proprio 0,5 megaelettronvolt. Il risultato furono due elettroni! Si scoprì che l'elettrone era una particella inscindibile. Un *quanto*. E fu un'altra conferma della legge dell'equivalenza massa/energia. Fornendo l'energia equivalente alla sua massa, si era generato un secondo elettrone. Che l'elettrone fosse un corpuscolo sembrava un fatto certo. Invece nel 1929 Louis de Broglie vinse il premio Nobel per la fisica per aver scoperto che gli elettroni che passavano attraverso due fenditure producevano una figura di interferenza, esattamente come se fossero delle onde. Che cosa diavolo era, quindi, l'elettrone?

Per risolvere almeno il dilemma per cui l'elettrone avrebbe dovuto collassare sul protone, nel 1913 Niels Bohr propose un modello in base al quale gli elettroni potevano trovarsi solo su determinate orbite. Nel primo livello c'era posto per due elettroni, nel secondo ce ne stavano otto, nel terzo diciotto e così via, secondo una precisa formula matematica. Il modello funzionava benissimo, ma poneva un'ulteriore domanda: fornendo energia un elettrone poteva saltare al livello più esterno, ma quanto tempo impiegava? E poi: nello spostamento percorreva anche orbite intermedie: com'era possibile, dato che poteva esistere solo nel livello basso e in quello successivo?

Furono fatti degli esperimenti e si scoprì una cosa incredibile: l'elettrone non si muoveva da un livello all'altro, ma scompariva da quello interno per apparire in quello esterno. E tutto avveniva all'istante. Una cosa proibita secondo la famosa legge di Einstein per cui la materia non può muoversi a una velocità superiore a quella della luce. Eppure gli esperimenti lo dimostravano. La spiegazione era più semplice di quello che si potesse pensare, ma era difficile da accettare. L'elettrone NON è un corpuscolo, NON è un'onda energetica, ma si comporta a volte in un modo, a volte in un altro. E questo ci fa tornare alla frase di Bohr: i fisici si occupano di capire il **comportamento** della natura, NON quello che è **realmente**.

La rappresentazione dell'atomo più aderente alla realtà, pertanto, era questa:





Daniele Missiroli

Sono nato a Ravenna e vivo a Bologna, dove lavoro come analista programmatore e consulente privacy nell'azienda che ho fondato. Laureato in fisica con lode, sono attratto da numeri, astronomia e scienze in generale, oltre che da fantascienza, fumetti e film. Scrivo libri di fantascienza e ho creato una serie ambientata su un lontano pianeta. Ho scritto anche un libro di matematica sul calcolo mentale.

L'elettrone, il protone e il neutrone NON sono palline di materia come si intende a livello macroscopico, ma *nuvole di energia confinate in uno spazio ristretto*. A seconda dell'esperimento effettuato, a volte si comportano da corpuscoli, a volte da onde, a volte da energia allo stato puro. Ecco perché un elettrone riesce a spostarsi all'istante.

Ricordiamoci però che tutte le rappresentazioni che facciamo sono, appunto, delle rappresentazioni nel mondo macroscopico di oggetti che appartengono al mondo microscopico. Pertanto NON sono la **realtà**. Sono un modo di rappresentarla, così che le equazioni matematiche associate agli eventi ci permettano di predirne il **comportamento**.

A riprova di questa affermazione, recentemente un pool internazionale di ricercatori della Scuola Normale di Pisa ha scoperto che a -197° gli elettroni di un sottile foglio di grafene si comportano come un liquido viscoso. Le equazioni che descrivono il comportamento dell'aria contro una vela o contro l'ala di un aereo funzionano anche per quel flusso di elettroni.

Tutte queste considerazioni sono alla base di quella che poi fu chiamata **Meccanica Quantistica**. Concludiamo con un esperimento logico che permette di capire come sia possibile che da qualcosa di piccolo, che non ha una certa proprietà, il passare a qualcosa di più grande possa far emergere quella proprietà.

Se per esempio consideriamo un cubetto di legno di un centimetro di lato, vediamo subito che non ha la proprietà *rotolamento*. Anche se lo poniamo su un piano inclinato, esso non rotola giù. Ora, immaginiamo di avere miliardi di cubetti identici e di incollarli insieme in modo da ottenere una sfera gigantesca. Ecco che questo nuovo oggetto macroscopico avrà la proprietà *rotolamento*. Osservandola da lontano non ci porremmo mai la domanda: "Come diavolo fa a rotolare?" Per noi sarebbe naturale. Poi, osservando da vicino i suoi componenti, vedremmo che sono dei cubetti, che pertanto non possono rotolare. Questo è ciò che accade quando facciamo esperimenti con gli atomi. Hanno delle proprietà che spariscono nel mondo macroscopico e gliene mancano alcune, che invece emergono.

Tutto questo, in sostanza, per via dalla formula $E=mc^2$ scoperta oltre un secolo fa.

L'Universo è "come se" ma in realtà non è così.
Questo concetto non va capito, va solo accettato!