

RENATO ANGELO RICCI*

EINSTEIN: FISICA E CONOSCENZA¹

L'anno 2005 è stato dichiarato dalle Nazioni Unite "Anno Internazionale della Fisica", ufficializzando così l'iniziativa della Società Europea di Fisica sponsorizzata dall'UNESCO e dalla IUPAP (Unione Internazionale di Fisica pura e applicata), che ha promosso questo Anno Mondiale della Fisica, celebrando così il centenario della pubblicazione di alcuni lavori scientifici di Albert Einstein che hanno profondamente influenzato e modificato la nostra comprensione dell'Universo. Nel 1905 ("Anno mirabile") Einstein in effetti pubblicò 5 articoli che introducevano idee rivoluzionarie su tre questioni fondamentali che sono alla base della fisica moderna: *l'esistenza degli atomi, la natura della luce, i concetti di spazio, tempo, materia ed energia.*

Nel primo caso si tratta di interpretare il moto irregolare di particelle sospese in un liquido (*moto Browniano*) dovuto all'agitazione termica delle molecole arrivando alla loro identificazione e alla misura delle loro dimensioni e di conseguenza a quelle degli atomi costituenti.

Nel secondo, è l'effetto fotoelettrico (emissione di elettroni da parte di un metallo esposto alla luce o, più in generale, a radiazioni elettromagnetiche), che viene spiegato ipotizzando che un fascio di luce è costituito da particelle (i "fotoni") che interagiscono con la materia scalzando con la loro energia ($E=h\nu$ dove ν è la frequenza della luce e h è la costante di Planck legata alla quantizzazione dell'energia) gli elettroni del metallo: tale interpretazione implica una concezione rivo-

* Presidente onorario della Società Italiana di Fisica.

¹ Conferenza tenuta ad Acireale il 28 settembre 2005, in occasione della celebrazione dell'anno mondiale della Fisica.

luzionaria sulla natura duale della luce (ondulatoria nella propagazione e particellare nella interazione con la materia).

Il terzo infine, riguardante l'*elettrodinamica dei corpi in movimento*, rivoluziona il concetto di *spazio e tempo* tramite la *teoria della relatività* e spiega l'equivalenza *massa-energia* tramite la famosa relazione $E=mc^2$.

Queste scoperte hanno tra l'altro portato ad applicazioni imprevedibili e straordinarie: la meccanica statistica, la manipolazione degli atomi, la cellula fotoelettrica, il laser, la trasformazione di massa in energia (come nella fissione nucleare e nella fusione nucleare) fornendo una nuova fonte di energia (l'*energia nucleare*) e la *creazione di nuove particelle* tramite la trasformazione inversa di energia in massa, come avviene negli acceleratori del CERN e dei grandi Laboratori di fisica nucleare e subnucleare.

È interessante osservare come, durante il dibattito che seguì la scoperta della teoria della relatività sulle implicazioni concettuali e filosofiche circa lo spazio-tempo, fu Enrico Fermi a portare l'attenzione sull'importanza dell'equivalenza massa-energia e a prevederne le clamorose conseguenze. Bastava mettere in evidenza il fatto che, per esempio, la liberazione dell'energia di un grammo di materia è maggiore di quella sviluppata dal lavoro ininterrotto per tre anni di un motore di mille cavalli. Si pensi che, malgrado le perplessità e lo scetticismo di allora, venti anni dopo doveva toccare a lui fornire la prova sperimentale riuscendo nell'impresa di liberare quella "*spaventosa quantità di energia*".

Qual è dunque il significato culturale ed anche sociale delle conquiste scientifiche apportate dalla Fisica, in particolare nel corso del XX secolo?

Innanzitutto cos'è la Fisica? Citerò questa definizione del fisico americano Ed Purcell:

"Scienza è conoscenza. Ciò che l'uomo conosce sulla natura inanimata è Fisica o, piuttosto, le cose più durature e universali che egli conosce costituiscono la Fisica".

È la fisica che ha permesso all'uomo di comprendere meglio ciò che succede nell'Universo e acquistando più conoscenza si riesce a vedere in ciò che appare complicato un'essenza più semplice e ordinata.

Sono queste le precondizioni metodologiche per conoscere meglio

la natura e scoprirne le leggi da cui noi facciamo discendere la nostra visione del mondo.

Nello scenario fisico moderno tale visione è governata dalla TRIADE: ENERGIA-MATERIA-RADIAZIONE sintetizzata appunto dalle formule di Einstein: $E=mc^2$ e $E=h\nu$.

Tali relazioni si estendono e sono verificabili alla scala macroscopica (al di là delle galassie) e a quella del microcosmo (le particelle elementari) sulla base della universalità della costanza della velocità della luce nel vuoto ($c=300.000\text{km}$ al secondo). A questi due estremi che segnano i confini della nostra conoscenza ciò che esiste (o è esistito) non può più essere espresso in termini spaziali ma temporali (e tutte le scienze si riducono alla Cosmologia) e i concetti stessi di struttura e di materia si confondono e tutto si riduce alla fisica nucleare e subnucleare.

Il fatto straordinario è che i due estremi si toccano: l'Universo primigenio potrebbe aver contenuto solo il tipo di materia che noi oggi identifichiamo tra i nuclei e le particelle del microcosmo. Noi fisici assumiamo che l'Universo (lo spazio-tempo) abbia avuto inizio con una esplosione catastrofica (il BIG BANG) circa 14 miliardi di anni fa, sulla base appunto del fatto che siamo riusciti a riprodurre in Laboratorio condizioni e fenomeni del lontano inizio dell'Universo stesso.

È del resto un dato specifico delle ricerche di frontiera nella fisica delle particelle e delle alte energie la convinzione che si debba conoscere *l'infinitamente piccolo per conoscere l'infinitamente grande*.

Vi è in questa ricerca continua l'idea che si possa ricondurre tutta la nostra conoscenza del mondo fisico ad una unità primordiale corrispondente ad una unificazione delle forze primarie della natura. In effetti noi siamo passati in ordine cronologico dalla conoscenza della Forza di Gravità (Gravitazione Universale, legge di Newton) all'Elettromagnetismo (primo caso di unificazione tra forze elettriche e forze magnetiche grazie alla teoria di Maxwell) fino alle forze agenti a livello microscopico: l'interazione debole (responsabile dei decadimenti radioattivi e limitata a distanze dell'ordine di 10^{-15} cm) e l'interazione forte (responsabile dei legami nucleari e delle strutture subnucleari è limitata a distanze dell'ordine di 10^{-13} cm).

Sono le precisioni raggiungibili nelle misure corrispondenti che convalidano l'ipotesi di uno stesso comportamento ovunque siano osservate alle diverse scale dell'Universo.

A titolo di esempio la precisione delle misure elettromagnetiche corrisponde a misurare la distanza Londra-New York con un errore pari allo spessore di un capello umano ($1:10^{11}$). D'altro canto, nel caso della Gravità, si è scoperto che i moti di coppie di stelle di neutroni distanti 30.000 anni luce e soggette ad una forza di gravità 10^5 volte maggiore di quella del nostro sistema solare, soddisfano la legge di Newton con un'accuratezza migliore di $1:10^{14}$. Ancora meglio fa l'Elettrodinamica quantistica, già citata, con accuratezze dell'ordine di $1:10^{18}$. Bastano queste quattro forze (le sole che a tutt'oggi conosciamo alla nostra scala) per spiegare ogni interazione e ogni struttura fisica osservabile nell'universo.

La ricerca dell'unificazione nasce dall'ipotesi che le varie forze siano manifestazioni di aspetti diversi (a scale diverse) di un'unica forza della Natura ed è corroborata dall'aver già raggiunto l'unificazione dell'interazione elettromagnetica con quella debole (*interazione elettrodebole*) tramite l'identificazione di uno specifico *quanto d'interazione* (nella fattispecie il *bosone intermedio* W^- , Z_0) ad una determinata scala di energia corrispondente ad una temperatura dell'Universo pari a 1 milione di miliardi di gradi.

Per completare il quadro è prevista una particella chiave, il *Bosone di Higgs*, detta anche *particella di Dio*, la cui ricerca è aperta (con probabile successo) presso i grandi acceleratori (quali il grande collisionatore LHC al CERN) e che spiegherebbe per esempio l'origine delle masse di tutte le altre particelle dell'Universo.

L'ulteriore unificazione con l'interazione forte (*teoria della Grande Unificazione*) è pure prevista a energia e temperatura ancora più grande (circa 10 miliardi di miliardi di miliardi di gradi), che vanno oltre la possibilità degli acceleratori dei nostri Laboratori terrestri.

Più problematica ancora è l'unificazione cosmica con la forza di gravità che sarebbe esistita a tempi lontanissimi appena dopo il BIG-BANG, veramente agli albori dell'Universo (questo tempo si chiama tempo di Planck e mette in gioco le nostre teorie cosmologiche sull'origine e l'evoluzione dell'Universo).

E qui ancora una possibile chiave di lettura è data dalla *Teoria della Relatività Generale*, anch'essa elaborata da Einstein per tentare di spiegare tale evoluzione.

ORIGINE ED EVOLUZIONE DELL'UNIVERSO

Per i fisici, almeno, il Big Bang segna la nascita dell'Universo. Questo modello del *Botto Originario* è confortato dalla scoperta della *radiazione cosmica di fondo* (3°K) che pervade l'Universo attuale e costituisce la traccia o l'orma fossile della radiazione primaria che si è andata raffreddando con l'espansione dell'Universo stesso.

Raffreddandosi esso ha attraversato diverse fasi caratterizzate dall'evoluzione del "brodo primario" (una specie di grumo di energia infinita) e dalle *rottture delle leggi di simmetria* primordiali, che corrispondevano ad un *TUTTO UNICO* (un tutto del resto che assomiglia ad un *NULLA*, il *VUOTO* pieno solo di energia). Quel tutto si è andato via via frammentando e dando luogo alle leggi di natura che noi oggi conosciamo che hanno regolato, per esempio, il disaccoppiamento della materia dalla radiazione, la separazione delle varie forze primarie della materia dall'antimateria, la costituzione delle galassie, la creazione dei nuclei, degli atomi, della vita stessa...).

Qual è il tessuto fisico in cui tutto ciò avviene?

Prima di Einstein si credeva che se ogni cosa sparisse dal mondo rimarrebbero comunque lo spazio ed il tempo. Dopo la teoria della relatività, insieme con le cose dovrebbero sparire anche lo spazio ed il tempo. Le "cose" (ossia la materia) possono influire sullo spazio-tempo. Esso infatti s'incurva in presenza di materia come Einstein predice e gli esperimenti confermano.

Una controprova è data dal fatto che la traiettoria di un raggio luminoso viene deviata dalla presenza di masse lungo il suo cammino, che dovrebbe essere rettilineo. Ciò è dovuto al fatto che la luce che è energia ha massa (*la luce pesa*) e quindi subisce la forza gravitazionale che ne devia la traiettoria. Nel linguaggio della teoria della relatività generale ciò significa che lo spazio tempo viene curvato dalla presenza di materia e il raggio luminoso segue un cammino curvo e non più rettilineo mentre il tempo passa più lentamente.

Ciò è stato sperimentalmente verificato osservando la luce di alcune stelle in occasione di un'eclissi solare.

Siamo quindi in presenza di una ulteriore TRIADE, la TRIADE COSMOLOGICA SPAZIO-TEMPO-MATERIA.

Essi sono all'origine di tutto l'Universo. Vi è qui una questione fondamentale: l'Universo è in continua espansione. Ciò è dimostrato dal fatto

che le Galassie si allontanano fra di loro con velocità sempre maggiore. Si tratta del cosiddetto RED SHIFT, scoperto dall'astronomo Edwin Hubble nel 1929, ossia *spostamento verso il rosso* della frequenza della luce da essi emessa e che viene osservata come se si spostasse verso valori più piccoli (verso il rosso, appunto) a causa del moto accelerato delle sorgenti.

È un fenomeno ben noto in ottica e in acustica (effetto Doppler) per cui la frequenza delle vibrazioni emesse da una sorgente in moto varia al variare della sua velocità.

Si può comprendere l'allontanamento delle Galassie immaginando la superficie di un pallone che viene gonfiato (si espande come l'Universo) e i cui punti si allontanano fra di loro man mano che il pallone si sta gonfiando.

Ma allora l'Universo si espande infinitamente? Non lo sappiamo per certo. Ciò che sappiamo è che vi sono tre possibilità che derivano dall'ipotesi di un *Universo inflazionario*, che per un certo periodo ha accelerato la sua espansione per portarsi su una di queste traiettorie possibili.

Così l'Universo può essere "*aperto*", cioè espandersi indefinitamente, o "*chiuso*", ossia rallentare via via la sua velocità di espansione fino a collassare su se stesso e tornare al grumo iniziale di energia (il cosiddetto BIG-CRUNCH, ossia il Grande Collasso) o, infine, disporsi, come sembra, su una *curva critica* (*Universo critico*). È questo Universo critico, il nostro Universo (in cui l'espansione accelerata verrebbe equilibrata dalla presenza di *materia oscura* e/o di *energia negativa* che funzionerebbe come da contrappeso rispetto alla fuga delle Galassie) che, tra l'altro, a causa dei valori specifici che vengono ad assumere certe costanti universali responsabili delle aggregazioni degli atomi, ha permesso e mantiene la vita. Tali valori sono all'origine delle leggi di natura figlie dell'evoluzione delle leggi primigenie di simmetrie presenti all'origine.

E quindi il Mondo come oggi lo conosciamo in tutti i suoi aspetti, dalle stelle agli oggetti più usuali, non sarebbe altro che le vestigia asimmetriche di un universo originario perfettamente simmetrico.

I LIMITI: FISICA E FILOSOFIA

Il Cosmo e dunque noi stessi saremmo l'effetto di una anomalia asimmetrica dell'Universo primordiale, il che non può non lasciare adito all'idea di una Creazione con tutte le implicazioni metafisiche che essa comporta. Sull'aspetto religioso e quindi "finalistico" di tali implicazioni non è certo la fisica in particolare o più in generale la scienza che possa essere in grado di rispondere ad una domanda antica come l'uomo ma che, guarda caso, è stata esplicitata proprio dai fisici: "qual è l'essenza dell'Universo?".

Quale sia il significato storico-filosofico di questa domanda è ben espresso ancora dal fisico Leon Lederman: "dopo aver esaminato la questione per più di duemila anni –un semplice tremolio nella scala del tempo cosmologico– cominciamo solo ora a scorgere l'intera storia della creazione. Nei nostri telescopi e microscopi, nei nostri osservatori e laboratori e nei nostri block notes cominciamo a percepire le grandi linee dell'immacolata bellezza e simmetria che governò nei primi istanti dell'Universo. Noi possiamo quasi vederla. Ma il quadro non è ancora chiaro e sentiamo che qualcosa oscura la nostra visione, una forza oscura che offusca e nasconde la semplicità intrinseca del mondo".

È un modo per spiegare di nuovo il tentativo quasi arrogante di scoprire non solo le leggi della Natura ma anche le ragioni di queste leggi.

Il che significherebbe un vero e proprio sconfinamento della scienza oltre i suoi limiti e giustificherebbe impropriamente lo sconfinamento inverso, molto più reale, della filosofia e della morale religiosa nel campo della scienza tale da dettarne le regole.

Non si tratta di una osservazione banale, visto che l'attuale velocizzazione dello sviluppo tecnologico a seguito delle moderne impressionanti conquiste scientifiche può far sembrare perfino possibile la più impensabile delle opportunità date all'uomo: quella di trasformarsi da *Faber* in *Creatore* (mi riferisco per esempio alle biotecnologie).

Personalmente non credo che ciò sia possibile e non tanto per effetto di *prescrizioni esterne* alla scienza quanto perchè le conquiste scientifiche sono sempre controllabili in quanto verificabili e le comunità scientifiche possiedono gli anticorpi e gli antidoti necessari a impedire stravaganze e stravolgimenti singolari.

La scienza di per sé non produce né Stranamore né Frankenstein. È semmai l'Homo Sapiens il paradigma.

L'effettivo percorso della ricerca scientifica deriva da tentativi, errori, dubbi e verifiche continue per arrivare, lasciando molta zavorra per strada, a verità oggettive. La regola è il dubbio, il limite, la verifica continua.

Entro questi limiti, tuttavia, alcune questioni di fondo si pongono comunque.

L'esplorazione dell'infinitamente grande e dell'infinitamente piccolo e le straordinarie conoscenze e applicazioni che ne derivano potrebbero far sorgere il dubbio che, a lungo andare, non ci sia più molto da scoprire. La domanda è mal posta se ciò che ci restasse da scoprire venisse considerato in termini di esaurimento del conoscibile comunque alla nostra portata. Sembra vero il contrario e cioè ciò che ancora non siamo riusciti a scoprire o almeno ciò che appare difficile da scoprire sia addirittura impossibile da raggiungere.

Dice il cosmologo John Barrow:

"..... La nostra conoscenza dell'Universo ha un confine. In ultima analisi potremmo perfino scoprire che il margine casuale della nostra conoscenza dell'Universo definisce il suo carattere in modo più preciso di quanto non facciano i suoi stessi contenuti; in altre parole, potrebbe emergere che quel che non possiamo conoscere di esso ci svela di più di quanto è invece conoscibile".

Là dove si ferma la consapevolezza della fisica di un universo osservabile perché frutto di una imperfezione cosmica di quell'oceano di energia infinita, inizia la contemplazione del mistero che non è dato alla scienza di scoprire.

Si potrebbe concludere, e lascio questo ai filosofi, con l'affermazione dell'anacoreta Giuliana di Norwich (1400):

"Mi mostrò una piccola cosa, grande quanto una nocciola, nel palmo della mia mano, ed era tonda come una pallina. La guardai con l'occhio del mio intelletto e pensai: Che cosa potrebbe essere? E mi fu risposto: È tutto ciò che è creato".