

di Paolo Scaranari

Lo sguardo dell'uomo sempre più profondamente scruta gli abissi dello spazio e del tempo. Nuovi orizzonti si svelano agli strumenti, eredi della lente e del cannocchiale. Sempre nuove sorprese, nuovi improbabili mondi ci inviano flebili tracce di un Universo antichissimo, che ci appare sempre più strano.

Da millenni l'Uomo, sollevato lo sguardo a sondare la notte, cerca segni, ispirazioni, profezie. Ma anche forme, leggi, cause. Così oggi, con strumenti osservativi e concettuali sempre più raffinati, ricercatori e teorici in tutto il mondo si affrettano a cercare un senso, a unire idee, segni e immagini che appaiono spesso difficilmente conciliabili.

Materia Oscura: una via alla comprensione dell'Universo

di Paolo Scaranari

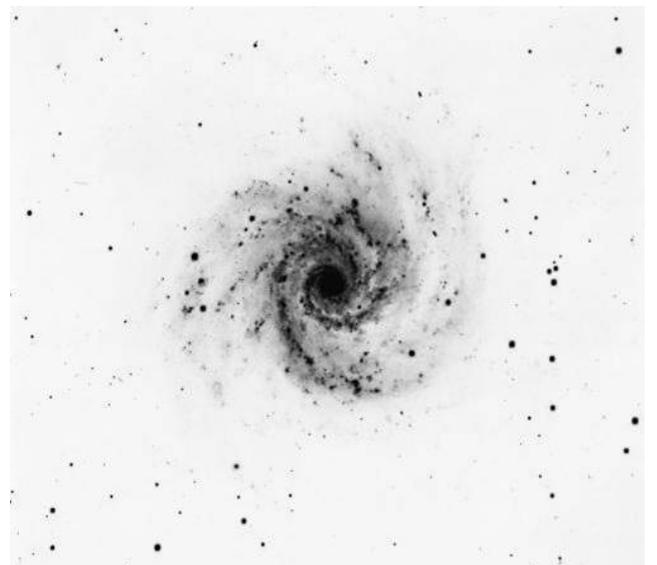
La fisica e in particolare le scienze del cielo, l'astrofisica e la cosmologia, sono sempre più affollate da strani concetti creati per rendere conto della stranezza delle osservazioni che si vanno via via raccogliendo. Concetti che, come evidenziano i loro nomi, rimangono oscuri e, nonostante gli sforzi di generazioni di ricercatori, non sembrano conciliarsi con i concetti e gli oggetti più familiari della fisica. Vogliamo parlare qui espressamente della materia oscura, e di un altro concetto strettamente legato, l'energia oscura, dalla cui natura dipende la dinamica cosmica e la cui comprensione ci può condurre a una nuova visione dell'Universo e della Realtà.

Quali sono le principali questioni aperte che turbano la mente degli astrofisici e dei cosmologi in questo primo scorcio del nuovo millennio? Sempre nuovi fatti osservativi spingono i teorici ad apportare modifiche a teorie e modelli descrittivi in visibile difficoltà. Il quadro di riferimento generale, conosciuto come modello del Big Bang, pur integrato da teorie largamente condivise come l'inflazione, sembra non essere più in grado di rendere

conto dell'emergente stranezza dell'Universo. L'apparente incongruenza nella distribuzione cosmica della materia visibile e della massa. La presenza di strutture complesse, immensi ammassi di galassie già completamente formate in epoche troppo remote, prossime al supposto inizio dei tempi. L'imbarazzante uniformità della radiazione cosmica che contrasta visibilmente la concentrazione della materia nell'Universo visibile. E ancora, il tasso di espansione crescente che appare contrastare la gravità, la forza più pervasiva e intensa che modella l'Universo. L'impossibilità di trovare una sorgente plausibile per l'immensa energia che avrebbe dovuto supportare l'esplosione, la creazione istantanea del Big Bang, al di là di improbabili e inspiegabili fluttuazioni quantistiche o fantastici cunicoli, emergenti da universi madre a noi assolutamente preclusi. E si potrebbe continuare.

Ma andiamo con ordine. L'attuale impasse in cui si trova la scienza ci offre una grande occasione per andare oltre, per guardare l'Universo con occhi nuovi, con nuovi strumenti concettuali, nuovi modelli, nuove teorie. Nuovi e insieme antichi. Recuperare conoscenze tradizionali sviluppate nel corso dell'evoluzione dell'umanità, l'occasione per imparare, per sviluppare nuova conoscenza, per trasformare una grande difficoltà in un rilevante avanzamento nella comprensione della Realtà.

Le domande, sottintese nel titolo, non possono che essere: "Cos'è la materia oscura?". "A chi o a cosa serve?" I tentativi di rispondere a queste domande hanno spinto i ricercatori inizialmente a passare in rassegna tutte le entità fisiche e cosmiche conosciute (neutrini, buchi neri, nane brune, polveri e gas, macho, ecc.) e, successivamente, a ipotizzare oggetti sempre più lontani dalla esperienza della natura (materia esotica, non



barionica, supersimmetrica, wimp, ecc.). Materia oscura calda, materia oscura fredda o tiepida? Nessuna delle ipotesi pare portare veramente luce sulla questione. I modelli proposti sembrano non soddisfare, allo stesso tempo, tutte le evidenze osservative. Di fatto risulta chiaro che allo stato attuale la scienza non sa quasi nulla sulla materia oscura, salvo che essa è estremamente abbondante, è sorgente di effetti gravitazionali di straordinaria intensità che modellano l'Universo conosciuto, e non interagisce, o interagisce molto debolmente, con la materia ordinaria dal punto di vista elettromagnetico. A complicare ulteriormente la questione si inserisce il fenomeno dell'espansione cosmica, che mostra uno strano comportamento: pare accelerare nel tempo, configurarsi come una forza antagonista della gravità e sembra manifestarsi principalmente tra grandi concentrazioni di massa su grandi distanze. Ancora oggi, dopo molti decenni dalla scoperta delle prime evidenze di inspiegabili effetti gravitazionali nella dinamica degli ammassi galattici e dalla misurazione delle anomale velocità di rotazione orbitale dei gas attorno alle singole galassie, la scienza si interroga sull'esistenza della materia oscura come entità fisica reale. Le evidenze si accumulano: osservazioni della radiazione di fondo a microonde, distribuzione di strutture di larga scala, dinamiche galattiche, effetti di lente gravitazionale, gas caldi che emettono radiazione X negli ammassi galattici, e così via. Tutte prove indirette. Questa ipotetica entità viene chiamata appunto "oscura" perché sinora non è stato possibile in alcun modo osservarla direttamente, ma solo attraverso la misurazione degli effetti del campo gravitazionale generato. In alternativa, o accanto all'ipotesi della materia oscura, sono state proposte teorie che in generale prevedono un comportamento differente della gravità alle grandi scale cosmiche o addirittura che comportano revisioni della stessa legge di gravitazione e della dinamica. Le recenti evidenze¹, emerse dalle osservazioni dello scontro tra due ammassi di galassie, farebbero concludere che la materia oscura risulti necessaria per spiegare la peculiare distribuzione della massa e della materia ordinaria evidenziata dagli effetti di lente gravitazionale su oggetti remoti. La massa e il campo gravitazionale risultano in generale associati a concentrazioni di materia oscura nella proporzione di circa dieci, o venti, a uno rispetto alla materia ordinaria. Si tratta quindi di una proporzione vicina o identica a quella della massa mancante dell'Universo, la massa necessaria per giustificare la quasi completa piattezza o assenza di curvatura dello spazio-tempo. Inoltre, nel citato caso di scontro tra ammassi, le due concentrazioni di materia oscura, che dovrebbero "passarsi attraverso", come avviene per le due galassie e le nubi di gas associate, materia ordinaria quindi, sembrano invece manifestare

proprietà di "solidità" che rendono ancora più complesso il problema. E' questo uno dei più chiari esempi di un campo gravitazionale prodotto da concentrazioni di materia oscura. In questo caso si potrebbe concludere di essere effettivamente in presenza di strutture costituite da una diversa forma di materia e non semplicemente di aspetti sconosciuti di una legge di gravitazione o di una dinamica modificate. Non si tratterebbe, quindi, di particelle di materia ordinaria invisibile a causa di qualche sconosciuta ragione, materia che dovrebbe ovviamente presentare un comportamento dinamico simile alle particelle di materia ordinaria visibile. Da queste considerazioni parrebbe che la materia oscura obbedisca alla stessa legge gravitazionale della materia ordinaria, come se si trattasse di aggregati di bassa densità distribuiti su ampie regioni di spazio. Nonostante il fatto che gran parte dei modelli in corso di sviluppo preveda una materia oscura costituita da un qualche tipo di particella più o meno "esotica", dalle osservazioni, dalle evidenze sin qui raccolte sugli effetti prodotti, non sembrerebbe possibile una sua natura "particellare". Nonostante l'estesa sperimentazione sin qui svolta con le macchine acceleratrici nessuna evidenza è emersa a favore di una qualche tipologia di particella candidata. Si deve quindi trattare di qualche entità dalla struttura completamente diversa dalle particelle previste dal modello standard, che descrive la fisica delle particelle della materia ordinaria. Accanto a queste considerazioni, e riprendendo un argomento più sopra accennato, nonostante l'esistenza della materia oscura non appaia quasi più in dubbio, a complicare ulteriormente lo scenario potrebbe anche sovrapporsi un fenomeno gravitazionale non previsto dalla attuale legge di gravità relativistica (la gravità modificata), che potrebbe riguardare le grandi concentrazioni di massa e le grandi distanze cosmiche. Mentre l'astrofisica e la cosmologia si dibattono in queste e altre, anche più grandi, difficoltà nell'ambito dei fenomeni di larga scala, anche la fisica fondamentale nel mondo dell'infinitamente piccolo sembra manifestare analoghe difficoltà nel rendere conto dei fenomeni osservati e nello spiegare la natura dello spazio-tempo e delle grandezze fisiche elementari: la forza, l'azione, l'energia, la massa. E ancora, le discipline scientifiche sin qui citate paiono sempre più allontanarsi da un lato dalla Realtà quotidiana, con teorie difficilmente provabili dal punto di vista sperimentale od osservativo, e dall'altro dallo sviluppo concettuale delle scienze della complessità, le scienze biologiche e sociali. Nella ricerca delle cause prime, dei componenti elementari della materia, della storia dei primissimi istanti della vita dell'Universo, nella ricerca di grandi teorie unificate, la scienza si avvicina alla filosofia, talvolta sconfinando nella metafisica.

Cosa possiamo dire di fronte a un panorama così complesso? Quale atteggiamento ci potrà condurre verso una maggiore comprensione della Realtà, che ci appare sempre più bizzarra e sfuggente? Possiamo utilizzare il problema della natura della materia oscura, o quello collegato dell'energia oscura, per guardare il panorama da un'altra angolazione, nella speranza che emerga un senso più vasto e profondo, che ci faccia intravedere quella unità ora frantumata tra modelli cosmologici e osservazioni astronomiche, tra fisica quantistica e relatività?

La consapevolezza che emerge da queste considerazioni generali è che non si possa ragionare su singole questioni, quali, ad esempio, il problema della materia oscura, senza mettere in discussione i fondamenti stessi della fisica e della cosmologia. Tutto è collegato. Come pensiamo di poter spiegare la natura e la dinamica della materia oscura se non sappiamo quasi nulla della materia ordinaria. Ne conosciamo abbastanza bene il comportamento (la dinamica classica e la teoria della relatività), sappiamo classificarne i costituenti elementari (il modello standard), possiamo calcolarne e prevederne le interazioni e le aggregazioni (la fisica quantistica), ma non sappiamo nulla sulla natura delle sue proprietà fondamentali, la massa, la carica, lo spin, sulla natura della dualità onda-particella e l'apparente contrasto tra campi continui e grandezze quantizzate. Questioni così fondamentali che riguardano l'essenza stessa della Realtà. Dovremmo concludere che stiamo vagando nell'oscurità più profonda. Occorre fare un passo indietro. Dobbiamo chiederci cosa sappiamo veramente dei fondamenti della Realtà, ben al di là della materia e dell'energia, al di là della visione quantistica, figlia dell'ipotesi atomistica, diritti al cuore del problema della natura, delle cause e delle dimensioni dell'esistenza stessa.

Per addentrarci nell'analisi della natura e della dinamica della materia oscura, dobbiamo quindi allargare lo sguardo e richiamare alcuni concetti fondamentali per la comprensione delle ipotesi che più avanti andremo a esporre, ipotesi che sono emerse nell'ambito della ricerca nella disciplina che denominiamo Fisica Evoluzionistica, d'ora innanzi "FE". Questa disciplina ha come obiettivo lo studio della formazione della Realtà a tutti i livelli di complessità, mediante l'estensione del paradigma evoluzionistico a tutti gli ambiti della ricerca. In uno specifico articolo, citato tra i riferimenti, ne sono elencati in forma sintetica i principi fondamentali. Rimandiamo, inoltre, all'articolo Fondamenti di una Nuova Dinamica per una esposizione più dettagliata di quanto qui ripreso.

Nel box 1 viene fornito lo schema del "Processo di Formazione della Realtà", d'ora innanzi "PFR", il processo creativo - formativo, che incessantemente ri-crea la

Realtà e la sua manifestazione, l'Universo. Lo schema mostra lo schema di relazione tra i dodici punti, operatori o "centri di azione" che costituiscono il processo causale che dalla Forza conduce alla Forma, alla complessità dell'Universo in evoluzione. D'ora innanzi indicheremo con iniziale maiuscola i concetti fondamentali che operano al livello più elementare del Processo di Formazione della Realtà e che assumono un significato particolare nella Fisica Evoluzionistica, per distinguerli da concetti normalmente utilizzati nel linguaggio comune o scientifico e che si riferiscono a entità presenti nella Realtà a livelli più elevati di complessità. Utilizzeremo così, ad esempio, il termine "Forza" per riferirci alla entità fondamentale sorgente dell'esistenza e della causalità, distinguendola dal termine "forza" che si manifesta a livelli di esistenza di maggiore complessità, e che rappresenta un vettore di Informazione o energia, termine che ben conosciamo nel lessico comune e scientifico. Focalizzeremo, in particolare, l'attenzione sul concetto di Campo della Azione elementare, che associa a ciascun punto dello spazio-tempo (evento elementare) una struttura geometrico tensoriale, detta micro-stato, caratterizzata da tre attributi: Azione, Traslazione e Rotazione, componenti variabili nel tempo e legate da uno specifico insieme di relazioni. Il Campo viene incessantemente creato dalla Forza, che ne caratterizza la struttura perturbata, prima manifestazione del Principio di Indeterminazione. A questo livello, alla scala di Planck, sono le stesse dimensioni spaziali e temporali, la metrica, a fluttuare secondo una precisa legge di distribuzione. Per il fondamentale Principio di Equivalenza a tali perturbazioni elementari della metrica corrispondono analoghe perturbazioni elementari nel campo delle velocità di propagazione delle perturbazioni stesse. La velocità di propagazione assume il significato di velocità limite, grandezza che si identifica nella velocità della luce, che lungi dall'essere costante, può variare localmente attorno a un valore medio universale. Ed è proprio tale variazione locale il substrato che, opportunamente organizzato, costituisce la natura intima della massa e delle altre grandezze fondamentali.

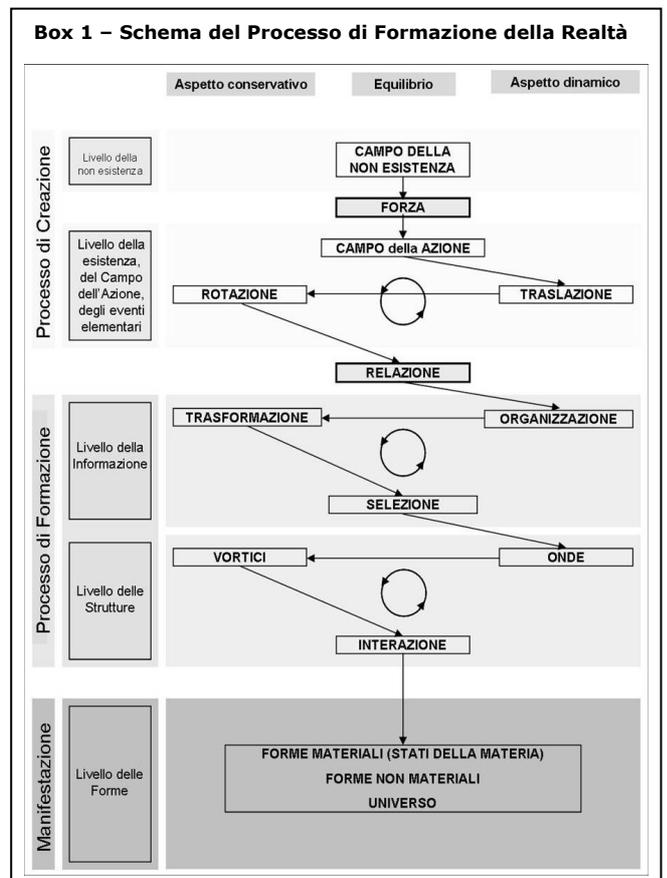
Nel Campo, in assenza di una qualche forma di organizzazione, la distribuzione della velocità locale di propagazione delle perturbazioni è caotica e isotropa: il vuoto, caos tutto potenziale, dalla cui organizzazione scaturiscono le Strutture che formano la realtà materiale. Come accennato, a livello universale il valore medio della velocità limite corrisponde alla grandezza ora conosciuta come la costante naturale "velocità della luce". Vedremo nel seguito come essa, anziché essere costante, possa variare nel tempo per effetto dell'organizzazione di grande scala del cosmo, dell'aumento della massa presente nell'Universo. Come descritto dal Principio di

Indeterminazione, la velocità limite può fluttuare localmente attorno a un valore medio universale. Si creano, quindi, incessantemente gradienti di velocità limite di propagazione, o in senso equivalente gradienti nella metrica spazio-temporale, che costruiscono l'Azione elementare, la più semplice forma di esistenza, che scaturisce dal nulla, l'inesistente, ad opera della Forza, nella sua modalità di espressione che chiamiamo "operatore esistenziale". La Forza media, quindi, la transizione dall'inesistente (Campo completamente isotropo) alla forma più elementare di esistenza (anisotropie locali non organizzate della velocità limite in incessante fluttuazione caotica, il vuoto).

L'Azione elementare, nella forma di micro-gradienti alla scala di Planck, manifesta due aspetti fondamentali che si configurano come il substrato causale dell'evoluzione al livello più elementare: un aspetto dinamico e un aspetto conservativo. Questi aspetti, rappresentano i principi fondamentali che regolano tutta la Realtà a tutti i livelli di complessità, l'Universo nel suo complesso: il Principio di Azione e Reazione e il Principio di Minima Azione, cui si unisce il già citato "Principio di Indeterminazione". Il Principio di Azione e Reazione, in particolare, descrive la generazione di flussi reattivi nel Campo elementare, flussi che incessantemente tendono alla compensazione dei microgradienti e il ritorno alla isotropia. Flussi che chiamiamo "Traslazione", e che realizzano la propagazione dell'Azione al livello più elementare, il substrato causale del moto. L'interazione spaziale di flussi reattivi, della Traslazione, produce micro-vortici. Fenomeno, questo, descritto dal Principio di Minima Azione, che si esprime come tendenza alla conservazione dell'azione traslatoria, nella forma di azione rotatoria, o "Rotazione" (si tratta di un concetto nella sostanza molto diverso dal moto rotazionale nella dinamica delle forme complesse, che rappresenta sempre un moto traslatorio vincolato, ma in linea di principio simile al concetto di spin delle particelle). Vedremo in seguito come i micro-vortici rappresentino il substrato causale della carica e dello spin, mentre i micro-gradienti costituiscono il fondamento causale del fenomeno che chiamiamo massa e che costituisce una delle proprietà elementari della materia oscura e ordinaria. L'incessante interazione nel Campo dei micro-gradienti elementari, dei micro-flussi reattivi e dei micro-vortici conservativi, produce, attraverso la progressiva organizzazione dei micro-stati da essi costituiti, la formazione, la dinamica e la conservazione di gradienti locali di più ampia scala. Questi rappresentano sorgenti di nuovi flussi reattivi e di nuovi vortici a dimensioni sempre più ampie, che in un crescendo di complessità formano le Strutture della materia oscura (forme materiali massive estese non particellari) e della materia ordinaria (particelle e

radiazione).

Gli schemi di organizzazione degli eventi elementari, dei micro-stati alla scala di Planck, che rappresentano l'Azione, costituiscono la forma più elementare di Informazione. Accediamo ora, quindi, al livello funzionale del PFR che riguarda il vero motore evolutivo della Realtà. E' in questo ambito formativo che gli eventi elementari iniziano a formare processi di eventi, e, in altri termini, i micro-stati a formare insieme organizzati legati da relazioni causali, spaziali e temporali, che costituiscono l'Informazione alla forma più elementare. A questo livello, attraverso l'incessante azione auto-organizzativa, espressione dell'operatore "Organizzazione", viene creata sempre nuova Informazione, nuovi schemi di organizzazione sempre più complessi che legano i micro-stati, gli eventi elementari. Il bilancio caos-ordine della Realtà trova sempre nuovi equilibri nella ricerca della massimizzazione del livello di organizzazione, della quantità e della qualità dell'Informazione esistente, che corrisponde alla tendenza evolutiva che l'Universo manifesta verso livelli crescenti di complessità.



Appartengono a questo aspetto del motore evolutivo tutti i processi anti-entropici, che costruiscono nuova informazione a partire dal caos e dall'Informazione già esistente (spostamento verso il lato "ordine" nel bilancio caos - ordine). Il secondo aspetto del livello dell'Informazione è rappresentato dall'azione trasformatrice, anche se meglio dovremmo dire "distruttrice", l'azione dell'operatore "Trasformazione". Appartengono a questo aspetto tutti i processi entropici, che, distruggendo Informazione a più alto livello di complessità, spostano il bilancio caos - ordine verso il lato del caos. Informazione meno complessa diviene quindi disponibile, materia prima per nuovi processi organizzativi, in un ciclo evolutivo senza fine, che incessantemente dà forma alle Strutture di Informazione (onde e vortici, radiazione e particelle) che compongono le forme materiali dell'Universo. Come appare nello schema presentato nel box 1, il terzo e ultimo aspetto del livello dell'Informazione è rappresentato dal centro di azione, l'operatore funzionale, che chiamiamo "Selezione". Nell'interazione, con l'Informazione circostante, "l'ambiente", l'adiacente causale, gli insiemi organizzati di micro-stati, i processi di eventi elementari vengono incessantemente selezionati. Se compatibili (a tutti i livelli di complessità che essi rappresentano, dal livello massimo raggiunto e a tutti i livelli di complessità inferiori) acquistano o mantengono la proprietà che chiamiamo "permanenza causale", continuano cioè a esistere e a evolvere come centri di azione causale.

Dal motore evolutivo sopra descritto, dal ciclo dell'Informazione, emergono incessantemente Strutture di Informazione che rappresentano i mattoni costruttivi delle forme materiali che compongono l'Universo. Si tratta di due ampie classi di Strutture, "onde" (o flussi) e "vortici", la cui "interazione" dà origine, come detto, alle Forme materiali che popolano l'Universo. Onde, vortici, interazioni rappresentano gli operatori derivati che agiscono al livello delle Forme. Le caratteristiche (i parametri fisici: massa, carica, spin, lunghezza d'onda, impulso) delle Strutture che emergono dal processo formativo sopra descritto, sono determinate dalle proprietà fondamentali del Campo: il rapporto tra il valore medio universale e quello locale della velocità limite, la resistenza alla Traslazione e la resistenza alla Rotazione. Esse devono essere intese come grandezze fisiche fondamentali, variabili nello spazio e nel tempo per effetto della presenza e della dinamica delle Strutture di Informazione, risultato dell'organizzazione del Campo. Vedremo nel seguito come la presenza nell'Universo di quantità crescenti di materia, oscura e ordinaria, produca una generale diminuzione del valore medio universale della velocità limite. La diminuzione è responsabile dell'effetto di spostamento verso il rosso della radiazione

proveniente dai corpi celesti e della percezione dell'espansione del cosmo come proporzionale alla distanza delle sorgenti osservate. Ritornando alle Strutture di Informazione, possiamo classificarne la natura in due ampie classi: Strutture di grande scala e bassa densità di massa, e Strutture di piccola scala e alta densità. Alla prima classe appartengono le Strutture che costituiscono la materia oscura, che esprimono la propria azione essenzialmente a livello cosmico. Alla seconda classe appartengono le Strutture della materia ordinaria, che conosciamo come particelle, raccolte in tre famiglie, come classificate dal Modello Standard.

Introduciamo qui sinteticamente i concetti di massa, moto, carica e spin, che rappresentano le proprietà fondamentali delle Strutture vorticosose. Per non appesantire la trattazione, tralasciamo la definizione delle proprietà delle Strutture ondulatorie, non rilevanti per lo specifico argomento. In forma estremamente semplicistica possiamo dire che la massa è funzione del rapporto tra la distribuzione delle perturbazioni elementari nel punto considerato e la distribuzione media universale, o, in senso equivalente, tra la velocità limite media universale e la velocità limite media locale relativa al dominio spaziale sul quale si estende la Struttura vorticososa in esame. Maggiore è questa differenza, maggiore è la massa; minore è il volume di spazio occupato dalla Struttura e maggiore è la densità di massa. Maggiore la differenza e maggiore sarà l'attrazione gravitazionale esercitata sulle altre Strutture, poiché maggiore sarà la reazione del Campo tendente ad annullare la locale anisotropia, espressione a livello complesso del fondamentale Principio di Azione e Reazione, che descrive la naturale tensione verso l'isotropia. La forma vorticososa della Struttura, espressione del Principio di Minima Azione, che tende a conservare l'Informazione, lo schema di relazione tra gli eventi elementari, assicura la conservazione della Struttura stessa. La relazione tra massa, densità, estensione spaziale e attrazione gravitazionale delle Strutture vorticosose costituisce una legge universale fondamentale della natura, la legge di gravitazione ampliata secondo i principi della FE, che deriva direttamente dalla Dinamica evolutivistica del Campo dell'Azione. Solo le Strutture vorticosose che soddisfano tale relazione possono esistere, o, per utilizzare concetti illustrati nella descrizione del livello dell'Informazione, possono acquistare e mantenere la proprietà esistenziale che chiamiamo "permanenza causale" e possono essere considerati Agenti, centri di "Azione" in grado di produrre effetti nelle interazioni reciproche. Le proprietà fondamentali del Campo assicurano la costante autoregolazione della citata "relazione di massa", nel senso che l'estensione spaziale e l'attrazione gravitazionale variano contestualmente al

variare della densità e della forma della Struttura e viceversa. In particolare, le masse delle particelle elementari, quale ad esempio l'elettrone, rappresentano soluzioni di equilibrio delle equazioni del Campo, che legano indissolubilmente le sopra citate grandezze. Per il protone o il neutrone, "Strutture composite" derivanti dalla interazione di più Strutture vorticosi elementari (quark e gluoni), la situazione è molto più complessa. Le altre grandezze che descrivono le Strutture vorticosi, la carica e lo spin, sono determinate rispettivamente dal valore della componente rotazionale del vortice e dall'allineamento degli assi di rotazione dei micro-stati che lo compongono. Queste due proprietà rappresentano la sorgente causale dei fenomeni elettrici e magnetici della materia ordinaria. Questo modello descrittivo, che mette al centro il Campo della Azione e descrive le particelle come Strutture di Informazione che organizzano le relazioni tra i micro-stati all'interno dei domini spazio-temporali che le ospitano, implica che le stesse particelle di materia ordinaria non abbiano forma puntiforme, ma posseggano un'estensione spaziale determinata. Essa trova un limite nel Principio di Indeterminazione, quando il livello di organizzazione degli attributi dei micro-stati nelle zone periferiche delle Strutture scende al di sotto degli effetti dell'indeterminazione sugli attributi stessi.

Il Processo di Formazione della Realtà si chiude con il livello delle Forme, materiali e non materiali, che popolano l'Universo, il quale raccoglie tutte le Forme generate incessantemente dalla interazione delle Strutture di Informazione sotto l'azione degli operatori che formano il livello dell'Informazione, il motore evolutivo della Realtà. Delle Forme materiali abbiamo fornito alcune anticipazioni parlando delle Strutture materiali che le compongono. Ci occuperemo in seguito più in dettaglio delle Strutture e delle Forme della materia oscura, mentre rimandiamo a un successivo articolo l'analisi approfondita delle caratteristiche e della dinamica della materia ordinaria. Per Forme non materiali intendiamo, invece, gli schemi complessi di relazione tra le Forme materiali, che si instaurano per effetto dell'evoluzione, soprattutto nell'ambito delle forme più complesse, e cioè le forme viventi e le loro strutture organizzative. Ci riferiamo in particolare al pensiero, alla cultura e a tutti i sistemi di Strutture di informazione di alto livello di complessità, che caratterizzano l'esistenza degli ecosistemi planetari e delle società umane.

Sulla base dei concetti sin qui espressi, possiamo fornire una breve esposizione delle ipotesi proposte dalla Fisica Evoluzionistica sulla nascita e l'evoluzione dell'Universo, dove un ruolo determinante gioca l'entità fisica che viene chiamata materia oscura; ipotesi che ci aiuteranno a comprenderne la natura, la struttura a

grande scala e la relazione con la dinamica delle strutture cosmiche. Riassumendo, la Forza, sorgente causale dell'esistenza, produce il Campo della Azione, tutto potenziale, insieme degli eventi elementari, dei micro-stati dalla cui organizzazione scaturiscono le Strutture e le Forme. Al Campo privo di organizzazione (per utilizzare i concetti della Fisica Evoluzionistica diremmo "privo di Informazione"), il "Vuoto", possiamo associare l'immagine del caos primigenio, caro a molte tradizioni antiche, o del vuoto quantistico incessantemente scosso da perturbazioni caotiche, concetto introdotto dalla fisica moderna. Ciascun punto del Campo, ciascun micro-stato, è un centro di Azione, descritto dalla dinamica dei tre attributi Azione, Traslazione e Rotazione. Abbiamo visto come il Campo sia fondamentalmente dinamico, conservativo, evolutivo, illimitato e infinito. Tra le altre proprietà fondamentali troviamo la continuità, l'unità, la località. L'azione combinata dei Principi di Indeterminazione, di Azione e Reazione e di Minima Azione, su un substrato causale caoticamente perturbato, e l'azione degli operatori evoluzionistici, Organizzazione, Trasformazione e Selezione produce l'emergere di Informazione e di Strutture di Informazione.

Nel Campo, così come sopra descritto e come doveva presentarsi negli stadi iniziali della formazione dell'Universo, flussi e vortici di dimensioni sempre più estese interagivano in modo sempre più intenso, via via che le nascenti Strutture emergevano e si estendevano nello spazio in formazione, in un arco temporale estremamente lungo. E' questa un'epoca così remota, l'inizio dei tempi, che di essa non si può ora trovare altro che una debole traccia indiretta nell'eredità formativa che modella la dinamica delle strutture cosmiche attuali, in particolare l'entità che identifichiamo come "materia oscura". Un'epoca in cui la materia ordinaria non poteva ancora essersi formata. Non aveva, infatti, ancora iniziato a operare quella interazione tra le grandi Strutture vorticosi che ne rappresenta la sorgente causale. Strutture a bassa densità e grande massa distribuita, con effetti gravitazionali estremamente intensi. In una certa epoca dell'evoluzione del Campo, vortici di grande scala, risultato della interazione e fusione di vortici di minori dimensioni, in un immenso processo di evoluzione mediante estensione nel dominio spazio-temporale, iniziarono a saturare lo spazio disponibile venendo a contatto e interagendo sempre più intensamente, senza possibilità di traslare nello spazio circostante a limitare l'intensità dell'interazione. In quell'epoca iniziarono a formarsi grandi e intensi flussi nelle zone periferiche di frizione tra i grandi vortici di materia oscura. Possiamo dire che in quella fase, nelle zone di interazione più intensa, la "temperatura del Campo" aumentò notevolmente, nel senso di un aumento della velocità

locale delle perturbazioni elementari, aumento che compensava la diminuzione nelle zone occupate dalle Strutture di materia oscura. La temperatura media globale del cosmo, cui corrisponde la radiazione di fondo a microonde, tende a diminuire nel tempo all'aumentare della quantità di materia oscura e ordinaria o, in altri termini, del livello di organizzazione del Campo. La diminuzione generalizzata della temperatura media, che produce un progressivo allungamento delle lunghezze d'onda della luce, determina il fenomeno che identifichiamo con l'espansione cosmica, intimamente connesso con la manifestazione dell'energia oscura. Quest'ultimo fenomeno è alla radice degli intensi processi di formazione di vortici di materia oscura di dimensioni relativamente minori, che andarono a costituire le "bolle" che, sempre a causa dell'interazione delle aree periferiche, avrebbero successivamente determinato la formazione di materia ordinaria (micro-vortici semplici e composti che rappresentano le particelle materiali) e successivamente accolto le strutture galattiche in formazione. La materia ordinaria così formata, che inizialmente si raccoglieva in immensi filamenti e nubi di gas, attratta dalla massa delle bolle di materia oscura di medie dimensioni, più dense dei grandi vortici che avrebbero in seguito accolto i gruppi e gli ammassi di galassie, iniziò a precipitare andando a costituire i dischi galattici che ora osserviamo. Questo processo di formazione di materia ordinaria prosegue ancora oggi, anche se con un ritmo inferiore, poiché influenzato dalla maggiore massa esistente e dalla mutata struttura di larga scala dell'Universo. La costruzione di una dettagliata mappa dinamica delle strutture cosmiche in un'area di spazio sufficiente ampia, associata a una mirata campagna di osservazione astronomica, potrebbe portare, oltre che a una più chiara evidenziazione delle bolle galattiche già note, alla osservazione di immense aree di spazio apparentemente vuoto, di strani attrattori invisibili in grado di determinare la dinamica gravitazionale degli ammassi di galassie, alla osservazione di ampie aree di formazione di materia ordinaria nella forma di lunghi filamenti e nubi di gas e polveri nelle zone periferiche di frizione delle "bolle" identificate. Potrebbero, inoltre, venire identificati flussi di materia rarefatta che dalle zone di formazione precipitano verso i centri di gravità delle bolle galattiche e flussi di bolle galattiche che dalle aree periferiche delle più grandi bolle cosmiche di materia oscura a bassa densità migrano verso i loro piani orbitali, a formare immensi fogli di galassie. E insieme gruppi di bolle galattiche in migrazione verso i centri di gravità, i "grandi attrattori" di bolle ancora più estese, destinati a ospitare gli ammassi e i superammassi di galassie. Una complessa geometria cosmica, con sistemi annidati di bolle di

materia oscura, determinata dalla dinamica degli eventi elementari, dove domini spaziali in evoluzione, caratterizzati da specifiche distribuzioni e rapporti della velocità limite di propagazione, interagiscono incessantemente formando l'Universo come appare ai nostri occhi. In questo senso, lo sviluppo di avanzate tecnologie computazionali di modellazione e simulazione dinamica potrebbe portare a rilevanti miglioramenti nella comprensione della formazione e della dinamica dell'Universo.

Aggiungeremo ora alcune ulteriori considerazioni sulle proprietà della materia oscura, entità che nell'ambito della Fisica Evoluzionistica definiamo come "Struttura vorticoso estesa non particellare a bassa densità". In particolare esamineremo le caratteristiche dell'interazione tra la materia oscura e la materia ordinaria. L'interazione che, come accennato, appare principalmente di tipo gravitazionale, è funzione del rapporto tra la densità delle bolle di materia oscura e la densità della materia ordinaria che risiede e si muove all'interno delle bolle, costruendo le strutture di materia visibile che chiamiamo galassie. Tale rapporto di densità, al livello del Campo, può essere rappresentato come rapporto tra le distribuzioni delle perturbazioni elementari nelle Strutture di materia oscura e quelle di materia ordinaria. Per il fondamentale Principio di Equivalenza, esso può essere visto anche come rapporto tra la velocità di propagazione delle perturbazioni nel dominio spaziale della Struttura di materia oscura che costituisce la bolla ospitante, e la velocità limite media dei domini occupati dalle Strutture della materia ordinaria che compongono la galassia visibile. Le interazioni di carica e spin tra Strutture di materia oscura e materia ordinaria dovrebbero essere deboli, dati i piccoli valori che queste grandezze assumono nei vortici di materia oscura. L'organizzazione degli attributi Rotazione dei micro-stati, che corrispondono alle grandezze fisiche "carica e spin", risultano, infatti, distribuite su volumi immensi di spazio e raggiungono quindi densità molto basse. Ciò nonostante, nelle bolle galattiche, il campo magnetico, determinato dall'allineamento degli assi di Rotazione dei micro-stati, ancorché di modesta intensità per la bassa densità del valore di Rotazione, dovrebbe essere molto intenso, globalmente a livello dell'intera bolla e proporzionalmente maggiore verso il centro, e dovrebbe contribuire in modo determinante alla formazione e alla dinamica galattica. All'effetto rotazionale del vortice di materia oscura si aggiunge l'effetto creato dal flusso del gas e delle polveri in caduta, dalla periferia della bolla verso il disco galattico, e l'effetto della rotazione del disco stesso. Dobbiamo pensare a una bolla galattica come a un immenso vortice di materia non granulare a bassissima densità, la materia oscura appunto,

rappresentato da un gradiente di densità, o di velocità limite di propagazione, con un minimo nel centro del vortice, il centro di gravità della struttura, e un massimo alla periferia della bolla, molto oltre il confine della distribuzione di materia ordinaria visibile. Le Strutture di materia ordinaria, tipicamente atomi e molecole di gas e polveri, che dalla periferia precipitano verso il centro di gravità della bolla di materia oscura, per effetto del flusso vorticoso della bolla stessa tendono a raccogliersi in un disco di accrescimento con una densità decrescente verso la periferia del disco della galassia in formazione. La galassia visibile, composta di materia ordinaria più densa, ruoterà quindi al centro di un vortice più ampio di materia oscura di bassa densità, ma di massa grandissima dato l'immenso volume occupato, e la dinamica della materia ordinaria sarà fortemente determinata dalla interazione con la materia oscura. Ricordiamo che quando parliamo di flussi vorticosi stiamo ovviamente facendo riferimento alla dinamica dei microstati del Campo dell'Azione, e non di materia ordinaria in movimento. Non si tratta, quindi, di un nuovo modello di una qualche forma di etere, ma, come visto sopra, dell'organizzazione su grande scala della stessa struttura metrica dello spazio-tempo alla dimensione infinitesima delle perturbazioni elementari del Campo alla scala di Planck. Tali flussi possono essere rappresentati come l'organizzazione locale della struttura tensoriale del Campo elementare, associata alla dinamica dei microstati.

La conseguenza più sorprendente del modello proposto riguarda la geometria del cosmo e quindi l'aspetto "reale" dell'Universo che osserviamo. La struttura cosmica a bolle di materia oscura annidate di varia estensione mina pesantemente l'illusione di un Universo osservabile quale esso è; le distorsioni introdotte dalla distribuzione della massa oscura non osservabile, per quanto caratterizzata da bassa densità, tenderanno sempre a deformare le osservazioni astronomiche e imporranno limiti difficilmente superabili all'accuratezza delle misurazioni delle distanze e delle velocità dei corpi celesti e alla realizzazione di mappe del cosmo veramente accurate. Altra conseguenza notevole del modello di cosmogenesi qui proposto, è la dimensione del cosmo che viene ritenuta infinita e illimitata sia dal punto di vista spaziale che temporale. Un Universo senza inizio (il tempo si sarebbe formato insieme all'Universo stesso), e comunque molto più antico di quanto oggi si ritenga, e infinito dal punto di vista spaziale (dell'Universo vediamo solo una piccola porzione finita), Un Universo fatto di "vuoto" organizzato, dove l'organizzazione, l'Informazione, che da forma al Campo dell'Azione, rappresenta tutto l'esistente.

In conclusione, nell'articolo abbiamo visto come la

ricerca di un modello descrittivo e esplicativo di un'entità misteriosa come la materia oscura possa fornire occasione e necessità di ampliare l'analisi degli stessi fondamenti della Realtà. Per un approfondimento dei temi trattati e più in generale dei concetti della Fisica Evoluzionistica suggeriamo di fare riferimento ai siti www.scaranari.net e www.centroevoluzione.org, area di ricerca "Fisica Evoluzionistica", e ai numerosi articoli sotto citati.

Riferimenti

1. Sean Carrol - Dark matter is real - Nature Physics Vol.2 No.10 October 2006
2. John Boslough - I Signori del Tempo - Garzanti Ed. - 1998 (J. Boslough - Masters of Time - 1992)
3. Il Valore della Conoscenza di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
4. Fisica Evoluzionistica: cos'è e a cosa serve di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
5. I Principi della Fisica Evoluzionistica di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
6. Gli Operatori di Realtà di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
7. Fondamenti di una Nuova Dinamica: la natura profonda della Realtà di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
8. Energia Oscura di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
9. Cosmogonia Evoluzionistica di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
10. Il Vuoto: la Culla dell'Esistenza di Paolo Scaranari - Articolo scaricabile dal sito www.centroevoluzione.org
11. LCE - Laboratorio Conoscenza Evoluzionistica - Risorsa disponibile sul sito www.centroevoluzione.org - Rete concettuale in corso di sviluppo destinata a contenere gran parte degli argomenti trattati nel presente articolo con ulteriori approfondimenti.