

Versione italiana della postfazione al racconto di Adam Marek, "End Titles". Inizialmente pubblicata in inglese da Andrea Giammanco col titolo "Don't shoot the messenger particles!"¹ nell'antologia "Collision", Comma Press, 2023. Traduzione dell'autore.

Un'estate della mia adolescenza, si parla della fine degli anni '80, trascorsi lunghi pomeriggi a leggere avidamente una raccolta di vecchi Lanciostory, storica rivista di fumetti del decennio antecedente. Tra le varie rubriche che facevano da contorno ai fumetti ne ricordo una su fatti misteriosi del mondo, in realtà interamente dedicata a varie forme di pseudoscienza. Uno degli argomenti più ricorrenti era la "fotografia Kirlian". A quanto pare, era considerata un ottimo materiale per articoli relativi alla vita dopo la morte, a guarigioni soprannaturali, ai fantasmi, ai miracoli, ecc., poiché "fotografie Kirlian" scattate con apposite "fotocamere Kirlian" potevano fungere abbastanza bene come supporto di molte di quelle affermazioni eccezionali. La fotografia Kirlian dimostrava l'esistenza di un'aura altrimenti invisibile attorno a qualsiasi essere vivente, e persino molti oggetti inanimati (il che, secondo gli autori, dimostrava che quegli oggetti in particolare dovevano possedere un qualche significato spirituale). Alcune foto mostravano un'aura in uno spazio altrimenti vuoto: prova di entità soprannaturali, invisibili all'occhio umano? Si sosteneva che l'aura diventasse più luminosa o più fioca a seconda della salute del paziente (e si sosteneva che la fotografia Kirlian fosse effettivamente utilizzata per la diagnostica in molti ospedali del blocco sovietico) e che fosse anche sensibile agli stati emotivi. In un esempio particolarmente notevole, una macchina fotografica Kirlian aveva catturato il momento esatto della morte di un paziente, mostrando parte dell'aura che si spostava dal corpo: il momento in cui l'anima veniva liberata?

Peccato che la maggior parte delle foto fossero così palesemente false. Se quelle fotocomposizioni non fossero state così irrimediabilmente amatoriali, forse avrei dato loro il beneficio del dubbio, perché la narrazione era così potente e stranamente coerente. Anni dopo avrei scoperto che la fotografia Kirlian esiste davvero. Ma sebbene sia particolarmente popolare in una particolare nicchia pseudoscientifica, i suoi principi fisici sono ben noti alla scienza ufficiale. Nessun mistero, nessuna spiritualità, nessun legame con l'anima, nessuna correlazione con la salute, l'umore; niente a che vedere con l'essere animato o inanimato, spirituale o terreno. Una volta che si sa cosa causa quelle "aure", diventa tutto molto noioso. E purtroppo, nonostante le speranze di Semyon Kirlian, non è mai stato trovato un modo per fare diagnosi mediche con il suo metodo.

A quanto pare, sono davvero tante le persone nel mondo, attraverso la maggior parte delle culture e delle religioni, che credono nell'esistenza dei fantasmi. Probabilmente, per coloro che credono nel concetto di anima, non è troppo inverosimile immaginare che un'anima possa staccarsi dal suo corpo (in particolare quando quest'ultimo muore) e vagare in giro. Un'anima e un fantasma sono presumibilmente invisibili, almeno per la maggior parte del tempo. Ma se un qualche meccanismo collega un'anima particolare a un corpo particolare, deve esserci un'interazione fisica che li lega; gli atomi di un corpo (fatti di particelle ordinarie: quark e leptoni, reciprocamente legati tramite forze elettromagnetiche e nucleari) e gli atomi di un'anima (fatti di particelle sconosciute, reciprocamente legati da qualcosa di

¹ Gioco di parole intraducibile. Letteralmente: "non sparate le particelle messaggere"; ma "don't shoot the messenger" (non sparate AL messaggero) corrisponde al detto italiano "ambasciator non porta pena", e il concetto di particella messaggera ha un ruolo importante nella trama del racconto di Adam Marek a cui si fa riferimento nel testo di questa postfazione.

insondabile) devono necessariamente essere consapevoli l'uno dell'altro. Lo stesso meccanismo, qualunque esso sia, renderebbe un'anima o un fantasma rilevabili con qualche strumento apposito, in linea di principio. Quindi, in effetti, perché non uno strumento concettualmente simile a una macchina fotografica Kirlian?

I fisici tradizionali, quale io sono, sono molto meno propensi a credere ai fantasmi rispetto alla maggior parte delle altre persone. Tuttavia, i fisici tradizionali delle particelle, ancora quale io sono, continuano anche a dire alla gente che sono necessarie ulteriori ricerche perché sappiamo che il Modello Standard della fisica delle particelle è incompleto, il che significa che devono esserci nuovi fenomeni, ancora non spiegati dalle leggi note della fisica. (E lasciatemi sottolineare: non ho detto "potrebbero esserci", ho detto proprio "devono esserci"). Quindi, un profano potrebbe chiedere, perché non nuovi fenomeni collegati alle anime, ai fantasmi e a molte altre cose che attualmente liquidiamo come non scientifiche?

E per essere più specifici, sappiamo anche che ci sono prove convincenti dall'astrofisica (anche se non ancora da esperimenti di laboratorio, ahimè) che dobbiamo essere circondati, e persino compenetrati, da una materia di natura sconosciuta che ci è invisibile, che chiamiamo Materia Oscura. Sebbene i suoi effetti siano sottili, la Materia Oscura non è rara: si stima che costituisca circa l'80% della materia dell'Universo. I fantasmi potrebbero essere fatti di Materia Oscura? E già che ci siamo, la Materia Oscura potrebbe spiegare altri misteri?

Di recente, una risposta ingegnosa a tutto questo genere di domande è stata fornita dal mio collega Brian Cox, parlando a un programma radiofonico della BBC. Il ragionamento di Cox è più o meno il seguente: le interazioni fisiche tra materia spettrale e materia standard non possono far parte del Modello Standard; e l'acceleratore LHC del CERN non ha trovato alcuna interazione fisica sconosciuta fino a scale di energia molto elevate, quindi *a fortiori* non può esserci alcuna nuova interazione alle scale di energia molto basse che sono tipiche dei processi biologici e chimici all'interno del nostro corpo.

Immagino che l'argomentazione di Cox suoni molto più convincente per il fisico medio delle particelle che per il profano medio. Infatti, il ragionamento di Cox presuppone implicitamente, come fa la maggior parte della letteratura specialistica di fisica delle particelle, che le interazioni sconosciute dovrebbero diventare più rilevabili con l'aumentare dell'energia; ma il profano medio non ha motivo di supporre tale ipotesi. (Ci si potrebbe in effetti anche chiedere: perché non il contrario?). Per una volta, il profano medio potrebbe avere ragione. C'è un'intera nicchia della fisica delle particelle che sta fiorendo da qualche anno, che risponde ai nomi di "settori oscuri", "settori nascosti", "vallate nascoste", "particelle debolmente interagenti", ecc., che esplora la possibilità che nuove interazioni, nuove particelle e nuovi fenomeni fisici siano più o meno nascosti in bella vista, e non siano stati trovati all'LHC o persino in esperimenti precedenti solo perché eravamo accecati dai nostri pregiudizi collettivi, incluso il pregiudizio di Cox secondo cui qualsiasi nuova fisica dovrebbe manifestarsi in modo più visibile con l'aumentare dell'energia. E nonostante questa sia ancora una nicchia, comincia a essere presa molto sul serio: ha già motivato alcuni nuovi esperimenti all'LHC, estensioni di quelli esistenti e nuovi modi originali per reinterpretare i dati già raccolti.

Lo scenario da incubo secondo cui avremmo potuto avere scoperte degne del premio Nobel sotto il naso ma non avevamo ottimizzato i nostri rilevatori per vederle, a dire il vero, non è così popolare tra i miei colleghi. Eppure, ci sono alcuni precedenti storici. Ad esempio, sappiamo che la serie di scoperte rivoluzionarie che nei primi anni '70 hanno imposto la realtà di ciò che ora chiamiamo Modello Standard, col senno di poi, sarebbe già stata realizzabile con la tecnologia di diversi anni prima, se solo i rilevatori di

particelle fossero stati ottimizzati per il tipo di fenomeni che questa teoria spiega e che non erano previsti dai modelli che erano di moda a quel tempo². E alcuni di questi nuovi fenomeni, col senno di poi, erano probabilmente già stati osservati negli anni '60, e liquidati per consenso generale come fluttuazioni poco interessanti del rumore di fondo³. Proprio come le "banane" scoperte dal protagonista del racconto di Adam Marek. In quell'universo immaginario, ci vuole un salto tecnologico delle macchine per la risonanza magnetica nucleare (RMN) e un evento di attività solare eccezionale per fare questa scoperta fortuita, ma le banane erano sempre state lì e, anche in quel caso col senno di poi, si potevano riconoscere in alcuni dei dati raccolti da innumerevoli macchine MRI per decenni.

Mi è stato chiesto di scrivere questa postfazione per fornire il contesto scientifico alla storia di Adam. Spiegherò quindi cosa è finzione, cosa è scienza consolidata, cosa è plausibile ma non dimostrato e, infine, cosa è puramente speculativo.

Partiamo da ciò che è conoscenza consolidata e incontrovertibile: il Modello Standard è una teoria di enorme successo, confermata con precisione in quasi tutti i test finora concepiti in condizioni di laboratorio. Eppure è una teoria incompleta. Come facciamo a sapere che è incompleta? I suoi parametri fondamentali sembrano troppo ad hoc e, cosa più importante, è incapace di spiegare alcuni fatti consolidati, come il predominio della materia sull'antimateria nell'Universo, o l'esistenza della suddetta Materia Oscura. Ecco perché crediamo che sia solo un'approssimazione della vera Teoria del Tutto (ToE, dall'inglese *Theory of Everything*), allo stesso modo in cui la Fisica Classica è oggi considerata un'approssimazione sia della Fisica Quantistica che della Teoria della Relatività. In un certo senso, tutto l'obiettivo della Fisica delle Particelle è trovare questa ToE.

E parliamo adesso di qualcosa che non è ancora stato scoperto, ma che costituisce una vigorosa direzione di ricerca sul percorso verso una ToE: l'ipotesi dei Settori Oscuri. Supponiamo che la vera ToE, ancora sconosciuta, sia tale che le varie particelle elementari siano raggruppate (in senso tassonomico) in "settori" ben definiti; il che significa che tutte le particelle all'interno di un settore interagiscono facilmente tra loro, ma c'è solo un'interazione molto tenue tra particelle appartenenti a settori diversi. Uno di questi settori sarebbe il Modello Standard, cioè tutte le particelle che già conosciamo, che interagiscono attraverso le forze che già conosciamo (elettromagnetismo, forza nucleare debole, forza nucleare forte e infine la gravità che è di gran lunga la forza più debole su scala microscopica). Nulla esclude la possibilità che altre particelle (dagli altri "settori") permeino lo stesso spazio che occupiamo noi, senza che ce ne accorgiamo perché le loro interazioni con noi (cioè con il Modello Standard) sono estremamente deboli. Tuttavia, ci si aspetta che tutti i settori sentano almeno interazioni gravitazionali

² Per una discussione approfondita, leggesi ad esempio "Constructing Quarks: a Sociological History of Particle Physics", Andrew Pickering, University of Chicago Press, 1999

³ Qui faccio allusione alle scoperte delle correnti neutre deboli e del quark charm. Le prime furono osservate per la prima volta ufficialmente dall'esperimento Gargamelle nel 1973, ma precedenti esperimenti sui neutrini avevano osservato un eccesso di eventi con le stesse caratteristiche, che non avevano saputo interpretare. L'esistenza del quark charm fu stabilita nel 1974 da esperimenti agli acceleratori di particelle americani di SLAC e Brookhaven, ma un esperimento del 1968-1969 lo aveva già osservato sotto forma di una distribuzione statistica anomala (la cosiddetta "spalla di Lederman", dalla sua forma e dal cognome del coordinatore dell'esperimento) e, non essendo ottimizzato per quell'osservazione, non aveva la risoluzione sperimentale che sarebbe stata necessaria per interpretarlo correttamente. Inoltre, alcuni sostengono che le prime particelle contenenti quark charm fossero già state osservate per la prima volta nel 1971 in un esperimento giapponese sui raggi cosmici.

tra loro e questo fornirebbe una spiegazione chiara del mistero della materia oscura. Se almeno alcune delle particelle nei settori nascosti (noti anche come "vallate nascoste") dovessero avere anche interazioni deboli aggiuntive (non gravitazionali) con le particelle del Modello Standard, attraverso alcune "particelle messaggere" che agiscono come un ponte, ci sarebbe speranza di potere un giorno osservare quelle interazioni in un laboratorio. Questa è un'idea molto recente; ma tra chi analizza i dati dell'LHC c'è già chi ha iniziato a cercare indizi dell'esistenza di settori nascosti, e sono stati persino pianificati nuovi esperimenti specializzati (e piccoli) che inizieranno a prendere dati molto presto. Se potessimo trovare un modo per osservare un settore nascosto, forse potremmo vedere pianeti nascosti, ognuno di essi con una chimica esotica e, naturalmente, una biologia esotica.

Quindi, ci sarebbero tre classi di particelle: ordinarie (quelle che i fisici già conoscono e che rientrano nel Modello Standard), particelle oscure (vale a dire quelle nel Settore Oscuro) e particelle messaggere. Le particelle ordinarie e le particelle oscure non interagiscono direttamente tra loro, a parte gli effetti della gravità; ma entrambe possono interagire con le particelle messaggere. E questa interazione deve essere molto molto debole, altrimenti ce ne saremmo già accorti da tempo. In particolare, le particelle ordinarie possono occasionalmente "eccitare il vuoto" (vale a dire trasformare la propria energia cinetica in massa) e produrre coppie di messaggeri e anti-messaggeri. E le particelle oscure possono fare lo stesso. Questi messaggeri devono per forza essere particelle instabili, il che significa che devono decadere in particelle più leggere. Queste particelle più leggere possono essere particelle ordinarie o particelle oscure, o entrambi i tipi (ad esempio, un singolo messaggero può decadere in N particelle, alcune delle quali sono ordinarie e le altre sono oscure). Nella storia di Adam Marek, i segnali esotici osservati dalle macchine RMN si intensificano durante gli eventi di attività solare più intensi. Questo trucco narrativo (che nasce dalle sessioni di brainstorming che Adam e io abbiamo avuto su Zoom, in preparazione per questo libro) si basa su alcune speculazioni plausibili. Se il settore oscuro è onnipresente, devono esserci particelle oscure anche nel Sole. Dato che la gravità è l'unica forza che può creare un collegamento diretto tra il Modello Standard e il Settore Oscuro, ovunque ci sia un grosso ammasso di particelle ordinarie tenute insieme dalla gravità (ad esempio una stella, un pianeta) deve esserci anche un grosso accumulo di particelle oscure, che occupa lo stesso volume. Quelle particelle oscure presumibilmente interagiscono molto tra loro, proprio come fanno le particelle ordinarie, ma non sappiamo come, perché sono scollegate da noi.

Ora, immaginate una componente oscura del nostro Sole, che brucia e bolle, molto energicamente. Proprio come fa la componente ordinaria del Sole, ma tramite interazioni sconosciute e in un modo che è invisibile per noi. Immaginiamo, tuttavia, che di tanto in tanto questi processi tumultuosi superino una certa soglia di energia e intensità e inizino a produrre particelle messaggere. Il punto chiave della storia è che questo non sarebbe un processo continuo, ma qualcosa di tipo "on"/"off": fenomeni collettivi che accadono se e solo se una certa soglia viene superata in una certa variabile. Le particelle messaggere così prodotte interagirebbero con le particelle ordinarie nel Sole. Debolmente, come abbiamo detto; ma se venissero prodotte temporaneamente in quantità davvero enormi, potrebbero innescare processi simili nel resto del Sole. Ciò spiegherebbe gli eventi di attività solare estrema.

Se il meccanismo di cui sopra fosse realtà, parte di quell'enorme flusso di particelle messaggere sfuggirebbe al Sole e inonderebbe il Sistema Solare, e ci raggiungerebbe come parte del flusso naturale di raggi cosmici. Alcuni di quei messaggeri interagirebbero con le particelle ordinarie negli strati più alti

dell'atmosfera, causando delle aurore boreali particolarmente intense, fino a latitudini eccezionalmente basse per questo tipo di fenomeno, come menzionato dal protagonista del racconto di Adam. Sebbene solo una piccola frazione dei messaggeri interagisca con la materia ordinaria, durante quegli eventi eccezionali il flusso sarebbe enorme, quindi anche una piccola frazione può diventare un numero significativo in assoluto. E allo stesso modo, una piccolissima frazione di quei messaggeri interagirebbe con le particelle oscure, trasmutandole in particelle ordinarie che hanno interazioni ordinarie con la materia ordinaria. Nel racconto di Adam, le macchine RMN di nuova generazione sviluppate dopo una certa data includono un nuovo metamateriale, sviluppato e ottimizzato per altri motivi, la cui struttura (per puro caso) risona particolarmente bene con i fotoni della frequenza prodotta da quelle trasmutazioni. Questo è un tipo di serendipità che accade effettivamente spesso nel lavoro scientifico: i progressi tecnologici spesso aprono nuove prospettive nella scienza fondamentale. Questa idea dei metamateriali è venuta ad Adam e non a me (ironicamente, dato che ero io quello tra i due che avrebbe dovuto fornire lo sfondo scientifico della storia), e inizialmente l'avevo accolta con titubanza. Ma poi ho scoperto che Frank Wilczek, premio Nobel per la fisica e ancora impegnato in ricerche di tutto rispetto, sta in effetti collaborando con un esperto di metamateriali per sviluppare praticamente la stessa idea. Per riassumere: nell'universo immaginario del racconto le "banane" ci sono sempre state, ma brillano in modo rilevabile solo durante eventi solari estremi alimentati da fenomeni sconosciuti che sono specifici del Settore Oscuro, e le macchine per la risonanza magnetica sono diventate molto sensibili a ciò solo dopo che i radiologi hanno cominciato per caso ad adottare un nuovo metamateriale che era stato inventato per altri motivi.

Concludo suggerendo che potrebbero esserci ulteriori possibilità narrative aperte dal concetto di Settore Oscuro. Butto qui qualche spunto di riflessione: quanto suona artificiale che ci siano due settori distinti e che siano così asimmetrici in termini di dimensioni? Come detto sopra, i cosmologi stimano che la Materia Oscura rappresenti circa l'80% della massa dell'Universo, ovvero che superi di circa quattro volte la nostra materia ordinaria. E se quindi dicessimo che ci sono più o meno 4 settori nascosti che compenetrano il nostro, separati l'uno dall'altro tanto quanto ciascuno di loro è separato da noi, dividendosi più o meno equamente la massa dell'Universo? Quante storie di fantascienza si potrebbero basare sulla possibilità di interagire con una moltitudine di settori? La chimica dipende dalle proprietà di particelle elementari ben note, come elettroni, fotoni e in una certa misura anche protoni, e ciascuno dei settori nascosti avrebbe plausibilmente qualche particella che svolge il loro stesso ruolo. La chimica discende dalla fisica e la biologia dalla chimica; se le basi fisiche sono diverse, come si ripercuotono sulla biologia? E infine... nel Modello Standard, tutte le particelle elementari che possiedono una massa diversa da zero la ottengono dalla loro interazione con il campo del bosone di Higgs; potrebbe esserci qualcosa di equivalente negli altri settori, ma potrebbe anche essere molto diverso. Se i termini di massa nelle equazioni corrispondenti non possono essere scritti come numeri reali ma come "numeri complessi", ci sarebbe una conseguenza interessante: i "tachioni" (dal greco $\tau\alpha\chi\upsilon\sigma$, veloce). Nella nostra realtà, come ha dimostrato Einstein, la velocità della luce è un limite superiore: le particelle senza massa viaggiano a quella velocità, mentre quelle massicce non la raggiungono mai, ma vi si avvicinano sempre di più man mano che la loro energia cresce. Invece, nel settore tachionico si avrebbe l'inverso: la velocità della luce sarebbe la minima possibile e le particelle massicce volerebbero a velocità infinita se prive di energia cinetica, rallentando invece di accelerare se gli fornisse energia. In pratica, il tempo in quel settore scorrerebbe nella direzione opposta rispetto a noi. E se postuliamo che una particella mediatrice

possa creare un ponte di comunicazione tra loro e noi, ecco che abbiamo un meccanismo plausibile per una nuova trama basata sulla precognizione.

Mini-bio

Andrea Giammanco è un fisico delle particelle che vive tra Louvain-la-Neuve (Belgio) e il CERN. La sua ricerca si divide tra l'analisi dei dati del Large Hadron Collider e la radiografia di vulcani e altre cose usando i raggi cosmici. Come hobby scrive (https://agiamman.web.cern.ch/index_writing.html)