

# Wolfgang Pauli e Carl Gustav Jung: l'emergere di una natura "quantistica"

*Enrico Antonio Giannetto*

## 1. Introduzione

Le possibili connessioni fra i concetti della fisica quantistica contemporanea e alcuni sviluppi della psicologia sono state spesso considerate con un certo sospetto o in ogni caso come confinate ad un marginale quanto curioso campo di ricerca interdisciplinare. D'altra parte, la storia e la filosofia della scienza, in relazione all'indagine sulla cosiddetta "immaginazione scientifica", recentemente hanno messo in discussione il punto di vista "standard" che separa un "contesto della scoperta" da un "contesto della legittimazione". Dalla prospettiva di questo tipo di analisi si è sviluppato un certo interesse verso la "psicologia dello scienziato" e verso la "psicologia della ricerca". In tale caso, si è assunto più o meno a priori un particolare tipo di psicologia, come per esempio la cosiddetta *Gestalt Psychology*, e si è usata questa per un'analisi esterna di alcune possibili caratteristiche degli scienziati e della ricerca scientifica, ovvero la psicologia come un meta-livello rispetto al livello scientifico.

Tuttavia, sin da pochi anni dopo che la meccanica quantistica aveva ricevuto una prima formulazione definitiva, almeno sin da circa la fine del 1932, c'era stato un contatto molto rilevante e profondo fra fisica e psicologia. Invero, Wolfgang Pauli e Pascual Jordan, due fisici fra i creatori della meccanica quantistica, (e poi anche Markus Fierz) avevano avuto uno scambio epistolare e un dialogo diretto con Carl Gustav Jung, il creatore della psicologia analitica (1).

Traccia di tale dialogo è un libro pubblicato insieme da Pauli e Jung nel 1952: *Naturerklärung und Psyche* (il saggio di Pauli è intitolato *Der Einfluss archetypischer Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler*, ovvero *L'influenza delle immagini archetipiche sulle teorie scientifiche di Kepler*, e il saggio di Jung *Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge*, ovvero *La sincronicità come principio di nessi acausali*) (2).

Alcuni saggi di Jordan, che hanno avuto solo un'edizione tedesca, sulle relazioni fra fisica, psicologia e parapsicologia, costituiscono ancora un contenuto rimosso della nostra cultura.

E' noto che Jung cercò di utilizzare la fisica quantistica per dare una qualche sorta di fondamento alla sua psicologia analitica e che la sua comprensione psicologica

dell'alchimia aveva le sue radici nell'analisi di circa un migliaio di sogni di Pauli (3). Questo mostra, al di là di ogni dubbio e al di là della poca consapevolezza storica di ciò, come singolarmente la "rivoluzione quantistica" abbia svolto un ruolo di grande rilevanza anche nel de-costruire l'immagine moderna dell'anima.

Dall'altro lato, all'interno della comunità dei fisici, solo da pochi anni qualcuno, seguendo David Bohm, ha sviluppato qualche idea di Pauli e Jordan correlata alla psicologia analitica. L'uso improprio del linguaggio fisico che è presente nei lavori dei discepoli di Jung ha dato a scienziati ed epistemologi la possibilità di operare delle mosse retoriche per escludere tali temi dall'apparentemente chiuso universo del discorso scientifico.

Invero, le relazioni fra fisica quantistica e psicologia analitica evidenziate da Pauli e da Jung vanno al di là della mera identificazione di un nuovo campo di ricerca interdisciplinare. E' una "coincidenza significativa" che Pauli e Jordan abbiano inaugurato anche un certo tipo di dialogo con Jung su temi caratterizzanti la sua psicologia analitica, quale la "sincronicità". Emerge una nuova profonda interpretazione della fisica quantistica ed una nuova percezione della natura, insieme alla possibilità di una nuova comprensione delle radici storiche della scienza moderna e della fisica quantistica: la rilevanza scientifica di generali connessioni acausali nella fisica quantistica si collega direttamente al superamento della concezione meccanicista della natura e suggerisce una nuova prospettiva storica sulla fisica quantistica nella sua correlazione ad una tradizione bruniano-leibniziana (4).

Ma c'è di più: si delinea anche una nuova prospettiva generale per la scienza, per la storia della scienza e per la filosofia della scienza.

## **2. Pauli e la meccanica quantistica**

Molti anni prima che la discussione del paradosso di Einstein-Podolsky-Rosen si andasse rivitalizzando attraverso la prospettiva di Bohm, le disuguaglianze di Bell e i correlati esperimenti (5), partendo da una radicale riconsiderazione dei principi di corrispondenza e di complementarità di Bohr, Pauli aveva elaborato una sua propria originalissima interpretazione della meccanica quantistica. E questa interpretazione sottolineava fortemente la natura di totalità non-separabile dell'universo dei fenomeni fisici.

Secondo Pauli, il principio di corrispondenza di Bohr non aveva soltanto il significato metodologico ed epistemologico che solitamente gli si attribuiva: non era soltanto un principio metodologico per la costruzione di una nuova teoria a partire dalla "corrispondenza" con una vecchia teoria rispetto ad una certa classe di fenomeni; e non era soltanto un principio epistemologico generale che statuiva una relazione necessaria fra una vecchia teoria ed una nuova (che la doveva "comprendere" al suo interno) per il "progresso" - qualunque cosa questo termine potesse o possa significare - della conoscenza scientifica.

Il principio di corrispondenza per Pauli prima di tutto significa una corrispondenza reale fra il *microcosmo quantistico* e il *macrocosmo macrofisico* ed evidenzia una relazione simbolica, che emerge dalla natura come un tutto, le cui parti rimandano in qualche modo l'una all'altra.

Un primo segno di questa concezione appare chiaramente nella nota 70 del saggio di Jung, contenuto nel libro pubblicato con Pauli, *Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge* (6), laddove si parla della teoria della *correspondentia* della filosofia naturale medioevale:

Il Professor Pauli gentilmente richiama alla mia attenzione il fatto che Niels Bohr - per definire la generalizzazione che svolge il ruolo di termine medio fra la rappresentazione del discontinuo (corpuscolo) e la rappresentazione del continuo (onda) - usa il termine *corrispondenza*, che all'inizio (1913-1918) appariva nella formulazione come *principio di corrispondenza* e poi (1927) come *argomento della corrispondenza*.

Questa nota mostra che Pauli credeva che le radici storiche del principio di corrispondenza di Bohr dovevano essere rintracciate nella teoria antica e medioevale della *correspondentia*, cioè la percezione di un'armonia del mondo per la quale tutte le parti del mondo risuonano l'un l'altra in una cospirazione cosmica: il macrocosmo celeste è così "immerso" all'interno del microcosmo dell'uomo che è un'immagine di esso.

Queste parole, riprese da Jung, possono anche leggersi in precedenti lavori di Pauli. Ne *Il significato filosofico dell'idea di complementarità* (1949), egli aveva già scritto (7):

... L'astratta funzione d'onda coinvolta (in generale una grandezza complessa in uno spazio multidimensionale) ha un significato di un simbolo che unisce gli aspetti contraddittori delle rappresentazioni intuitive (*anschauliche Vorstellungen*). La connessione statistica di questa funzione d'onda con le serie di osservazioni su sistemi della stessa natura che sono stati sottoposti allo stesso previo trattamento, è analoga alla connessione, sopra menzionata, fra la probabilità di un rilevamento per un fotone e il campo d'onda classico. Questo nuovo tipo di legge naturale costituisce una sorta di termine medio fra le rappresentazioni di un discontinuo (corpuscolo) e del continuo (onda), e può quindi essere considerato come *corrispondenza* nel senso di Bohr, che forma una generalizzazione razionale del tipo deterministico classico di una legge di natura.

Qui, è chiaro che Pauli interpreta il principio di complementarità di Bohr come una generalizzazione del principio di corrispondenza, proprio perché il principio di complementarità regola l'apparire complementare di due differenti (contraddittori) possibili tipi di corrispondenza del microcosmo quantistico con il macrocosmo umano. La legge di natura non è più una legge causale e deterministica, ma una

corrispondenza fra tale microcosmo e macrocosmo, e la funzione d'onda è il simbolo di questa nuova, complessa, complementare corrispondenza fra microcosmo microfisico e macrocosmo macrofisico.

In *Probabilità e Fisica* (1952), Pauli aveva nuovamente evidenziato (8):

L'osservazione ora assume il carattere di *un atto unico, irrazionale* con risultato imprevedibile. Perdi più, l'impossibilità di suddividere l'arrangiamento sperimentale, senza alterare essenzialmente il fenomeno, conduce ad un nuovo aspetto di *interezza-totalità* degli eventi fisici...

... L'inclusione matematica, nella meccanica quantistica, delle possibilità degli eventi naturali è risultata costituire un quadro sufficientemente ampio per abbracciare al suo interno anche l'irrazionale *attualità* del singolo evento. In quanto comprende gli aspetti razionali e irrazionali di una realtà essenzialmente paradossale, può anche essere designata come una teoria del divenire.

Il fatto che il concetto matematico di probabilità si sia auto-justificato in questa nuova situazione denotata dal termine *complementarità* mi sembra altamente significativo. Appare chiaro che, ad un livello veramente profondo, ad essa corrisponda una realtà nella natura; poiché ha fornito una base logica solida al tipo di legge naturale che generalizza la spiegazione classica e deterministica della natura e fornisce l'anello fra continuo (onda) e discontinuo (corpuscolo), e per la quale ho suggerito il nome di *corrispondenza statistica*.

Superando l'ideale di Einstein dell'*osservatore distaccato*, Pauli aveva riconosciuto il carattere olistico della natura e la correlata impossibilità di separare soggetto e oggetto (si tornerà a discutere questi problemi a proposito della sua filosofia della scienza): l'osservazione sperimentale non è più lo strumento di una metodologia razionale per la misura esatta e la predizione certa dei fenomeni fisici, ma ha il carattere unico, irripetibile e irrazionale che era tipico della soggettiva esperienza umana pre-sperimentale, immersa come evento fra gli altri eventi fisici. La complementarità è una *corrispondenza* statistica, e i principi di corrispondenza e di complementarità esprimono l'interezza-totalità, la non-separabilità della natura. E la probabilità è come una "potenza reale" attiva nella natura (come per Heisenberg) che realizza l'irrazionale e imprevedibile attualità del singolo evento e, in maniera non causale, tale corrispondenza statistica fra gli eventi all'interno di un divenire temporale conseguentemente irreversibile.

Per Pauli la funzione d'onda che descrive i processi quantistici è un simbolo: un simbolo di corrispondenza reale fra il microcosmo e il macrocosmo cui noi apparteniamo, e come ampiezza di probabilità dei processi è come una potenza creatrice, non puramente passiva e determinata dallo sperimentatore, ma che trasforma lo stesso sperimentatore nella sua opera di riportare alla consapevolezza delle sue immagini complementari del mondo (come quelle di onda e corpuscolo) gli "archetipi" indeterminabili della natura.

La non-separabilità quantistica, come gli esperimenti del tipo Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) hanno mostrato dopo Pauli, indica una connessione a-causale della “realtà quantistica” attiva anche per intervalli spazio-temporali di tipo-spazio (ovvero per la “regione di simultaneità”) degli eventi (di misura) del mondo: questa connessione non-causale è la controparte fisica di ciò che Jung chiamava “sincronicità”, concetto sul quale un assenso era stato dato anche da Pauli. Ciò non implica alcuna violazione della cosiddetta “causalità meccanica” per via dell’introduzione di un’azione a distanza, ma un completo superamento di essa per via di correlazioni che non comportano alcuna azione meccanica.

Invero, il *principio di sincronicità* di Jung indica una *coincidenza simultanea di eventi (fisici o psichici)*. Da questo punto di vista, si può in effetti riscontrare nell’interpretazione di Pauli della meccanica quantistica un primo riconoscimento molto forte della non-separabilità quantistica e si possono ritrovare le radici storiche della fisica quantistica e nella teoria antica e medioevale della *correspondentia* e poi nella moderna idea di Leibnitz di un’armonia prestabilita in cui ogni monade è un’immagine dell’intero mondo (9), o appunto nell’idea dell’armonia del mondo di Kepler o nell’idea di natura quale totalità di Fludd, come anche nell’alchimia medioevale e risalendo indietro fino nella concezione d’armonia del mondo di Pitagora e dei Pitagorici o ancora del Cristianesimo originario e gnostico, tutti modi di pensare la natura toccati e in qualche modo connessi alla fisica quantistica da Pauli nel suo saggio storico su Kepler (10).

E’, quello dell’armonia del mondo, invero, un tema antico, arcaico, che ha radici nello stesso pensiero mitologico, prima ancora di essere tematizzato filosoficamente o scientificamente, e quindi, come ha evidenziato lo storico Giorgio de Santillana (11), legato all’astronomia che era fondamentale nei miti, in quanto gli dèi arcaici erano gli astri. E in particolare è un tema centrale nell’antica sapienza egizia, ‘archetipica’ nel senso di “primo tipo” storico al quale si riconnettono tutti i successivi sviluppi storici della civiltà classica, e legata alla concezione della divinità femminile della rettitudine, della verità e della giustizia come anche della misura e dell’ordine cosmico, ovvero della *Ma’at*.

‘Ar-monia’ è, almeno in “prima approssimazione”, una parola d’origine greca (Armonia, figlia di Afrodite e Ares, dea della concordanza amorosa ma anche dell’ordine cosmico, è certamente una nuova figurazione della *Ma’at* egizia): termine composto da una radice *ar*, che indica una connessione, un connettersi o intrecciarsi, e da *monas*, che indica delle unità, delle ‘monadi’ come elementi unitari costituenti il mondo. Significa, quindi, connessione di unità, in unità, del mondo. La teoria pitagorica delle monadi, connessa all’antica sapienza egizia, poi ripresa dal neo-pitagorismo ed ermetismo di Giordano Bruno e da Wilhelm Gottfried Leibnitz con il riferimento ad un’armonia “prestabilita”, è la prima esplicitazione compiuta dal punto di vista filosofico e fisico-matematico nell’articolazione delle proporzioni matematiche che esprimono le connessioni e le corrispondenze fra le monadi. Le monadi, elementi costitutivi del mondo, erano legate all’unità numerica da cui si

genera la molteplicità dei numeri, e al punto geometrico dal quale, in un'evoluzione temporale, si generavano le linee, le superfici, i volumi e i corpi stessi del mondo.

Nella cultura greca al tema dell'armonia del mondo, come nota De Santillana, era legato anche il concetto di *mysiké*, oggi associato meramente alla musica come disciplina-pratica artistica, all'ambito artistico, e che aveva invece un significato molto più vasto, strettamente connesso all'astronomia, al moto degli astri che segue certi ritmi: non si trattava sia nel caso del concetto di armonia che nel caso del concetto di 'musica', di un'interpretazione estetica del mondo che dall'esterno si sovrapponeva alla visuale scientifica, ma la connotazione estetica era intrinsecamente connessa alla percezione mitica come anche filosofico-scientifica del mondo, era un tutt'uno con essa quando ancora le differenze disciplinari non esistevano. E tale "musica" era legata ad una danza-moto degli astri-dèi e quindi a valenze anche religiose. Vi è un legame profondo fra questa percezione-concezione del mondo, mediata anche attraverso la conoscenza astronomica, del mondo *ordinato* in relazione a ritmi temporali e appunto il concetto di tempo dell'antichità greca. Vi erano almeno tre concetti di tempo fondamentali e differenti nel mondo greco antico (12): *kronos* e *aìon*, che erano delle "concettualizzazioni" di precedenti divinità mitico-astronomiche (il primo indicando la generale successione ordinata del tempo del moto degli astri, il secondo più specificamente le "età del mondo" che si succedevano in relazione a precisi eventi astronomici), e *kairòs* che connotava la giusta cadenza di un evento all'interno di un certo ritmo.

In questa prospettiva dell'armonia del mondo che esprimeva l'ordine temporale che lo *animava*, non vi era un tipo di spiegazione causale nel senso "moderno", ovvero secondo un principio di causalità che limita le cause, fa riferimento alla sfera limitata della sola causa efficiente, poi tradotta nella causa meccanica (come l'azione per contatto in fisica, l'urto meccanico, o poi, esemplarmente, la forza della meccanica newtoniana) della scienza moderna: in cui, cioè, non ci sono più spazi per le cause finali nella comprensione della natura, e le cause materiali e formali sono ridotte all'ambito della causa efficiente. Il tema dell'armonia del mondo non è legato ad una visione causale, ma a quella di un ordine che nasce da rapporti di corrispondenze non causali, anche fra parti-unità del mondo molto lontane fra di loro in un certo istante, in un certo *kairòs*, in una fascia di simultaneità di tempo, senza un rapporto causale diretto: alla percezione-concezione ancora mitologica della natura come vivente e animata, divina, come Grande Madre, associata anche alla Terra; ad una concezione organicistica della natura dove vi sono delle *sincronie* fra le parti che danno adito a questa complessiva armonia.

Tale percezione-concezione della natura restò dominante nell'occidente anche dopo che le forme del sapere si erano trasformate da articolazioni mitologiche a filosofiche o scientifiche, ovvero anche dopo il passaggio dal *mythos* al *logos*, e anche dopo la caratterizzazione cristiana della civiltà almeno fino al Rinascimento.

Nel cristianesimo, con le sue differenze rispetto al pensiero greco e con le sue connessioni dirette alla sapienza egizia, il concetto dell'armonia del mondo era cambiato, invero, come era cambiato il concetto di tempo nella cultura cristiana. Nel

pensiero greco le età del mondo, gli *eoni* (da *aion*), si succedevano in un tempo ciclico che costituiva la caratteristica principale antica alla base dell'armonia del mondo, perché la ciclicità permetteva di recuperare nel divenire del tempo una dimensione di eternità "primitiva" perduta, con il ritornare di tutte le parti al loro posto nel cielo dopo un cosiddetto "grande anno" (13) e il loro riconfigurarsi in una relazione armonica. Nel cristianesimo si affermava invece una concezione escatologica del tempo (14), in cui gli eoni si caratterizzavano eticamente, così distinguendosi incommensurabilmente, e tutto il mondo era teso verso il futuro ultimo eone, in cui si sarebbe realizzato il regno di Dio dove non ci sarebbe stato più il male, dove il lupo avrebbe pascolato con l'agnello nell'effettività di un amore universale e non solo umano. L'armonia del mondo andava ritrovata nella nuova terra e nel nuovo cielo che si instaureranno alla fine del mondo attuale e va ripensata come una nuova connessione del tutto, una *nuova alleanza* fra tutte le monadi e la *monade divina* in un nuovo *ordine* temporale.

Poi, nel XVII secolo, con l'imporsi della cosiddetta "rivoluzione scientifica" e in connessione con una radicale trasformazione della "forma di vita" umana, si è cominciato a considerare la natura come una macchina, le cui parti sono viste quali inerti e passive (non più monadi attive) come i componenti di una macchina e possono agire fra loro solo secondo rapporti causali, secondo l'urto meccanico 'automatico' e passivo di una parte sull'altra. Si affermò allora la concezione meccanicistica della natura e svanì il tema dell'armonia del mondo.

In *Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge*, Jung, riferendosi al principio di sincronicità, scriveva (15):

...Sia la concezione primitiva sia la concezione antica e medioevale della natura presuppongono l'esistenza, al di là della causalità, di un simile principio. Fino a Leibniz la causalità non è né unica né predominante. Nel corso del diciottesimo secolo essa è poi diventata il principio esclusivo delle scienze naturali. Con l'ascesa delle scienze naturali nel diciannovesimo secolo la *correspondentia* è tuttavia scomparsa dal quadro.

E' tale principio di sincronicità che, secondo Jung e Pauli, può riavvicinare fisica e psicologia evidenziando una connessione profonda fra i vari eventi del mondo, non legata appunto ad un'azione diretta causale-meccanica, tipica della spiegazione della scienza moderna; e tale comprensione unitaria del mondo si ritrova giustamente, a loro avviso, nell'idea dell'armonia prestabilita di Leibniz, come sorta di "formulazione antecedente" dello stesso principio di sincronicità. E Leibniz, seguendo Bruno, aveva creato una fisica alternativa a quella di Newton, seppure altrettanto matematizzata e coerente, restando fedele alla percezione della natura quale vivente e animata, non passiva e inerte come una macchina, in cui le monadi erano considerate come degli "atomi di attività", mossi da un principio intrinseco di mutamento e di moto, senza l'introduzione di alcuna azione di monadi su altre monadi, di rapporti violenti come quelli mediati dalle forze agenti dall'esterno sui

corpi nella meccanica di Newton. La *vis viva* come energia era il principio intrinseco che muoveva le monadi specchio di tutto l'universo, in una sincronizzazione delle monadi e della loro evoluzione, in una loro correlazione acausale espressa attraverso dei principi di conservazione come quello dell'energia dell'universo, che danno una nuova base fisico-matematica all'armonia del mondo.

Pauli riprenderà la visuale di Leibnitz, complessivamente più fedele al senso delle leggi armoniche di Kepler che non Newton stesso, il quale poteva vantarsi di aver inglobato esse all'interno della sua meccanica. Ma queste erano leggi di proporzionalità, di corrispondenze armoniche fra i vari moti dei pianeti, proprie di una matematica che ancora non aveva perso la sua natura simbolica in cui si rispecchiava una natura vivente; Newton invece ne aveva dato una spiegazione causalistica, anche se con cause *sui generis* dal punto di vista meccanico, implicando azioni a distanza (16).

Sotto la forma dell'armonia prestabilita, la *correspondentia* costituiva la percezione dominante della natura: fu solo dopo il prevalere della meccanica di Newton sulla dinamica di Leibnitz che il principio di causalità iniziò a dominare. La fisica quantistica implica un ritorno alla tradizione bruniano-leibnitziana, ad una percezione arcaica della natura come non regolata da leggi causali ma come una totalità non separabile e armonica. La tradizione bruniano-leibnitziana ancora viva perfino all'interno del contesto post-Newtoniano delle scienze ha de-costruito l'ontologia della fisica classica come pure la concezione meccanicistica della natura, aprendo la via verso la fisica del caos, della relatività e dei quanti (17).

Invero, l'armonia del mondo, sentita fortemente dagli egizi e poi dai pitagorici, cantata in Eraclito come armonia non visibile (*afanes*), o che nasce dai contrasti (*palintropos*), e che, attraverso soprattutto il neoplatonismo, era stata ritematizzata nella cultura cristiana, era sopravvissuta in Leibnitz e si era persa con la rivoluzione scientifica. E riemergerà, invero, nel Novecento con la fisica del caos e della relatività di Poincaré e ancor più esplicitamente con la fisica quantistica di Pauli.

La meccanica di Newton concettualmente e matematicamente crolla per l'emergere del caos (non si possono più, in generale, determinare le traiettorie dei corpi appena ne siano coinvolti tre o più, cadono le stesse leggi di Kepler); crolla per la relatività e per i quanti (il problema dei tre corpi per l'atomo comporta che l'armonia microfisica dell'atomo non sia più spiegabile in termini newtoniani, e ci vuole un nuovo principio d'ordine per la struttura della materia).

Le caratteristiche della scienza moderna sono state del tutto sovvertite dalle rivoluzioni del Novecento: per evidenziare in una semplice locuzione l'effetto di queste tre rivoluzioni, il mutamento principale da esse implicato al di là dei 'dettagli' tecnici, si può indicare invero il crollo della concezione meccanicistica della natura dominante dal XVII al XIX secolo. Pauli contribuì, in effetti, anche alla relatività, essendo fra l'altro uno dei primi a scrivere un trattato teorico e storicamente documentato sulla relatività nel 1921. Pauli ha vissuto pienamente queste fasi 'rivoluzionarie' della fisica novecentesca e così si è potuto liberare dalla concezione meccanicistica della natura, che ancora oggi, per chi non ha riflettuto a fondo su tali

rivoluzioni e ha ricevuto l'eredità della nuova fisica semplicemente come una nuova tecnica di calcolo e d'indagine sperimentale sulla natura, è rimasta dominante all'interno pure della attuale comunità dei fisici che non ha vissuto direttamente queste trasformazioni.

Per comprendere in che modo il meccanicismo crolli con la fisica quantistica e come la natura sia percepita come "armonia", farò riferimento ad alcuni punti del lavoro di Pauli.

Già in *Space, Time and Causality in Modern Physics* (1934), Pauli scriveva sulla natura storica delle teorie fisiche (18):

... Il fisico moderno considera con scetticismo quei sistemi filosofici che, mentre immaginano di aver definitivamente trovato le condizioni *a priori* dello stesso umano conoscere, in effetti sono solo stati in grado di porre le condizioni *a priori* dei sistemi della matematica e delle scienze esatte di una particolare epoca.

E delineando le caratteristiche che corrispondono alla fisica classica (19):

Significato obiettivo della coincidenza nello spazio e nel tempo di oggetti fisici esattamente definiti. Causalità nel senso di univoca determinatezza del corso temporale di tutte le funzioni fisiche dello stato, nella descrizione esaustiva dei possibili risultati della misurazione, a partire dai valori iniziali che sono, in linea di principio, accertabili attraverso misurazioni. Regolarità nel corso dei fenomeni fisici, indipendenti da come siano osservati; possibilità della loro oggettivazione non-ambigua.

Pauli enfatizzava come la complementarità quantistica superi la causalità (20):

In questo senso la *complementarità quanto-meccanica* può essere considerata come una naturale e utile generalizzazione della *causalità classica* ...Nella prima si ha a che fare, nel caso generale, con la *coincidenza di entità individuali definite solo con imprecisione*, - cioè, di oggetti fisici le cui proprietà sono predicibili solo statisticamente - all'interno di domini finiti dello spazio-tempo.

Da una prospettiva quantistica vi è una *coincidenza* statistica, indeterminata rispetto allo spazio-tempo o al momento-energia. Cioè, la complementarità quantistica, in quanto non-separabilità quantistica, individua una sorta di coincidenza a-causale, "sincronistica". Da un punto di vista fisico le connessioni a-causali possono essere interpretate come implicanti una *topologia quantistica* di uno spazio-tempo non-separabile, che conduce ad una concezione non-meccanicistica della natura e che può essere correlata ad una "realtà" quantistica dinamica e olistica del mondo, come "l'olomovimento" o la "luce" di Bohm, senza però essere deterministica (come in Bohm).

Innanzitutto, per Pauli era chiaro come i fenomeni microfisici non siano più descrivibili in una connessione causale meccanica, ma soltanto probabilisticamente:

quantisticamente non vi è più certezza né predicibilità assoluta dei fenomeni; per ogni evento si può determinare solo una certa probabilità che una misura ci potrà dare un certo risultato. In molti casi non si possono individuare neanche catene probabilistiche che colleghino i fenomeni: ogni singolo fenomeno è del tutto imprevedibile, e solo a livello statistico si possono trovare delle connessioni. A causa del principio d'indeterminazione di Heisenberg, il mondo dei quanti si presenta come il regno delle connessioni statistiche e quindi acausali.

A partire dagli anni cinquanta, si evidenziò all'attenzione dei fisici il fenomeno di *non-separabilità* quantistica, già presente nelle riflessioni di Pauli, come già evidenziato, anche in relazione agli esperimenti pensati presentati già nel 1935 e costituenti il cosiddetto paradosso di Einstein-Podolski-Rosen (EPR): quantisticamente il comportamento di una certa particella non poteva essere descritto nei termini di una fisica 'locale'; bisognava tener conto di un altro sottosistema, nel passato associato a questo, anche se poi si fosse trovato ad una distanza spazio-temporale (di tipo-spazio) tale che non potessero più scambiarsi segnali fisici (neanche di luce, i più veloci secondo la relatività). La recente concretizzazione di questi esperimenti ha mostrato che la fisica quantistica è corretta, e fra i vari sottosistemi che compongono il mondo esiste una forma di non-separabilità: ovvero una connessione acausale, inspiegabile nei termini causalistico-meccanici.

Vi è poi lo stesso *principio di esclusione* di Pauli (21), che si è tentato di dedurre da altri assiomi più fondamentali, anche quanto-relativistici (attraverso il teorema spin-statistica), senza mai riuscirci effettivamente: esso ha uno statuto completamente indipendente all'interno della fisica quantistica ed ha un ruolo fondamentale per la comprensione della statistica delle particelle e della struttura dell'atomo e della materia aggregata. Secondo tale principio non è possibile trovare due elettroni in uno stato identico; ed è tale principio che, oltre la struttura della materia aggregata quale la conosciamo, determina anche la struttura del cosiddetto vuoto quantistico ed il comportamento di tutte quelle particelle che oggi si chiamano fermioni.

Secondo tale principio esistono delle correlazioni statistiche fra i fermioni, che metaforicamente sono chiamate "forze di scambio": è come se i fermioni fra di loro esperissero una repulsione (o i bosoni, appartenenti all'altro tipo fondamentale di particelle, un'attrazione) anche se non esiste alcuna forza o causa meccanica agente fra essi, ovvero *simulano* un fenomeno di attrazione o repulsione. Tale concetto di "forze di scambio" è stato fecondo dal punto di vista storico, è stato alla base delle prime teorie delle forze nucleari di Heisenberg e di Majorana, e costituisce il fondamento storico della fisica nucleare e subnucleare: le forze di scambio come correlazioni, connessioni acausali sostituiscono parzialmente le "forze reali" ed è chiaro come anche ciò contribuisca al crollo della concezione meccanicistica.

Il principio d'esclusione di Pauli mostra ora la sua origine concettuale all'interno del confronto di Pauli con la tematizzazione del principio di sincronicità di Jung e della percezione della natura in termini di "armonia" non causale, e non risulta più incomprensibile: esso afferma un particolare tipo di connessioni a-causali che, prima

ancora dell'argomento EPR, fa crollare la concezione meccanicistico-causalistica della natura. Il principio di esclusione di Pauli sostituisce il vecchio paradigma di interazione e di spiegazione, costituito dal modello della forza newtoniana adattato al meccanicismo, con una complessa varietà di correlazioni, corrispondenze o coincidenze, a-causali, "sincronistiche", statistiche.

La "meccanica quantistica" ha mantenuto il nome di meccanica solo per inerzia culturale, ma non fornisce più una descrizione-spiegazione meccanica dei fenomeni fisici: da essa emerge un mondo come un tutto non-separabile, come nella percezione della natura arcaica, antica e medioevale quale organismo.

Pauli può così intrecciare tale esito della fisica quantistica con il discorso su Kepler e sull'origine della scienza moderna, e con il principio di sincronicità di Jung come principio di nessi acausali. Tale principio non era meramente postulato, ma nasceva da una serie di esperienze cliniche e umane, generalizzate poi in un principio: esperienze di coincidenze significative per le quali non esistono spiegazioni causali. Jung ne diede varie definizioni successive, ma comunque il riferimento è all'accadere, non per forza simultaneo, di certi eventi indipendenti, fisici o psichici, interiori o del mondo fisico, ma con corrispondenza di senso come quello riscontrato anche in esperienze telepatiche, di chiaroveggenza, di percezione extrasensoriale. Jung era più incline a pensare che si tratti di esperienze rare, ma la fisica quantistica, che pure aveva profondamente influenzato Jung, fornisce invece un quadro in cui tutti i fenomeni (micro-)fisici sono acausalmente connessi.

### **3. La fisica quantistica come un nuovo linguaggio e come nuova esperienza della natura**

La riflessione storica e filosofica di Pauli non è aprioristica: si dipana innanzitutto attraverso l'analisi storica dell'opera di Johannes Kepler (1571-1630) nel saggio intitolato appunto *Der Einfluss archetypischer Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler*. Tale saggio, tuttavia, offre anche spunti di riflessione più generali, che toccano le problematiche della fisica moderna e contemporanea, e la possibilità di una nuova prospettiva di storia e filosofia della scienza.

E' stata quindi una convergenza di temi dalla storia della scienza, dalla psicologia analitica e dalla fisica quantistica, che ha avvicinato esplicitamente Pauli al tema dell'armonia del mondo. In quel saggio di storia della scienza e di grande erudizione filosofico-religiosa e fisico-matematica del 1952, Pauli, infatti, aveva studiato in maniera molto originale l'opera di Johannes Kepler: l'opera dell'autore dell'*Harmonices Mundi*, di colui che sulla scia della cultura Rinascimentale, ricollegandosi alla sapienza egizia attraverso l'ermetismo, pitagoricamente, aveva ancora una volta ritematizzato l'armonia delle sfere, del mondo.

Per quanto la relazione fra le cosiddette leggi di Kepler e la meccanica e la teoria della gravitazione di Newton siano state quasi sempre presentate, a partire dallo stesso Newton, come già notato, in forma di una illusoria equivalenza, che in effetti è valida solo in una prima approssimazione, certamente le leggi di Kepler sono, insieme alle teorie di Galilei e Descartes, all'origine della meccanica della gravitazione newtoniana. E seppure Newton, come hanno evidenziato ricerche storiche recenti, si sia ampiamente occupato di alchimia e di temi religiosi, la rilevanza di immagini simboliche e religiose, non sconnessa dal desiderio di descrivere quantitativamente il mondo dei fenomeni naturali, è molto più visibile nell'opera di Kepler.

Pauli, invero, mostra ampiamente l'influenza di tali immagini nella formulazione delle teorie kepleriane, ma non si limita a delineare una genealogia storica delle teorie kepleriane, alla base della fisica moderna, da concezioni religiose o teologiche, come premesse consce delle sue argomentazioni, ma rivela come operino all'interno del processo della costruzione teorica di Kepler delle immagini simboliche che hanno radici in un livello del tutto inconscio. Non solo: Pauli mostra come tali immagini simboliche non hanno un ruolo meramente storico-contestuale nell'elaborazione teorica, ma piuttosto un ruolo costitutivo ineludibile della conoscenza scientifica, seppure quali "elementi" storicamente dati e non kantianamente 'categoriali'.

La matematica che usa Kepler è sì legata all'idea di una *mathesis universalis* come forma di comprensione del mondo, ma ancora con forti connotazioni pitagoriche e simboliche: seppure, già dopo l'anno Mille, l'introduzione del sistema di numerazione decimale, posizionale, indo-arabo nell'Europa occidentale, avesse unificato quanto fino allora era separato, l'aritmetica simbolica e la 'logistica' come effettiva scienza del calcolo antiche, la scrittura di cifre e i processi di calcolo effettuati con l'abaco, la geometria è ancora caratterizzata perlopiù simbolicamente e sarà tale fino a quando Descartes e Fermat non svilupperanno la geometria analitica quale linguaggio 'convenzionale' e strumento di calcolo (22).

La teoria delle proporzioni della geometria sintetica euclidea formalizza matematicamente ancora delle 'corrispondenze' simboliche, delle analogie di rapporto fra i suoi termini.

Kepler, come nota Pauli, si richiama infatti esplicitamente alla dottrina mistica della *Signatura Rerum*, nata nel Medioevo e diffusa nel XVI secolo da Agrippa di Nettesheim, Paracelso, Giordano Bruno e altri, secondo la quale ogni cosa rimanda simbolicamente a tutte le altre e a Dio, e c'è una fondamentale corrispondenza, una "somiglianza", tra microcosmo e macrocosmo: l'universo è concepito come un unico organismo le cui parti si rispecchiano e si richiamano attraverso analogie formali e corrispondenze; ogni cosa ha un'essenza nascosta, e rimanda con la sua forma a un'altra immagine, come anche a un livello superiore e non visibile di realtà. Le varie immagini sono organizzate gerarchicamente, ed esiste tra loro una sorta di corrispondenza, un legame, un'impronta formale comune e unitaria. Pauli, citandone un brano dal *Mysterium Cosmographicum*, mostra come per Kepler, al livello più

alto di questa gerarchia stia l'immagine che simboleggia la Trinità divina, ossia la sfera tridimensionale (23):

L'immagine del Tri-Uno Dio è nella superficie sferica, cioè del Padre nel centro, del Figlio nella superficie e dello Spirito nell'uguaglianza della relazione tra punto e circonferenza.

La creazione è simboleggiata dal movimento o dall'emanazione che procede dal centro verso la superficie esterna, mentre questa stessa superficie esterna curva rappresenta l'Essere Eterno di Dio. La mente umana, secondo Kepler, è stata creata a immagine di Dio ed è concepita in relazione con Lui nello stesso modo in cui il cerchio è in relazione con la sfera (24):

Quando è intersecata con un piano, la sfera mostra in questa sezione il cerchio, la genuina immagine della mente creata...e questo cerchio sta alla sfera come la mente umana sta alla divina. Questa corrispondenza tra mente umana e mente divina si adatta molto bene all'idea della conoscenza come "sovrapposizione" tra immagini interne "preesistenti" e percezioni provenienti da un mondo esterno, concepito anch'esso a immagine di Dio (25):

Poiché conoscere è confrontare ciò che è percepito esterno con idee interne e giudicare che quello è in accordo con queste, un processo che Proclo espresse molto bene con il termine 'risveglio'...

In particolare, secondo Kepler, la geometria e la matematica, considerati pitagoricamente "archetipi della bellezza del mondo" (*Geometria est archetypus pulchritudinis mundi*; e anche, *quanta sunt mundi archetypus*), sono innati nell'animo umano, in quanto posti in esso da Dio al momento della creazione. Sempre influenzata dalla dottrina della *Signatura Rerum* è la sua concezione dell'universo: i corpi celesti vi realizzano l'ideale, sferica immagine della Trinità Divina, con il sole al centro che rappresenta Dio e che emana, in una infinita espansione verso l'esterno, luce, calore, vita.

All'interno di questo universo regna una generale armonia (26):

Esiste ovunque tra punti e superficie la più assoluta uguaglianza, la più stretta unità, la più bella cospirazione, connessione, relazione, proporzione, commensurabilità. E sebbene Centro, Superficie e Distanza siano manifestamente Tre, tuttavia essi sono Uno.

A questo punto, Pauli può affermare che "in Kepler l'immagine simbolica precede la formulazione conscia di una legge naturale" (27), cioè che Kepler credette fermamente nel sistema eliocentrico, in quanto influenzato dalle sue credenze religiose e dalla visione del mondo che da esse traeva. Queste "idee archetipiche" lo

spinsero a guardare l'universo in un certo modo, e anche a cercarne quelle proporzioni interne che esprimessero la bellezza del creato e la sua intima unità con Dio, come quelle espresse nelle sue leggi riprese da Newton. Si può dunque dire, con Pauli, che la valenza di queste immagini sia stata, insieme, religiosa e scientifica.

L'immagine di Dio come sfera infinita risale storicamente almeno al medioevale *Liber XXIV Philosophorum* del XII secolo e ha comunque delle precedenti versioni filosofiche e antiche nel mondo greco, come pure mitiche e arcaiche: è chiaro, allora, da questi passi di Kepler citati da Pauli, che qui la sfera, il cerchio, il numero tre legato alla Trinità, non svolgano alcun ruolo di quantificazione o di calcolo, né siano costruzioni teologiche, ma svolgano il ruolo di immagini simboliche; e che queste non siano proprie di Kepler, ma siano immagini attorno alle quali storicamente e 'preistoricamente', sin dall'"infanzia" dell'umanità, sin dalla sapienza egizia e poi invariabilmente rispetto a differenti etnie e civiltà, si sono costellate una serie di idee e di rappresentazioni che li hanno avute come "nuclei ordinatori" (28).

Pauli è così inevitabilmente ricondotto alla psicologia analitica di Jung, alla quale si era personalmente avvicinato, nel concludere che le immagini simbolico-religiose che hanno influenzato Kepler non sarebbero altro che il prodotto cosciente e razionalizzato di un substrato più profondo, costituito da idee già appartenenti ad una forma di sapere non razionale né riflesso (già di una cultura primitiva orale e non scritta, se non pre-umana e con radici nella stessa origine della vita), ovvero da idee inconse, e propriamente di un 'inconscio collettivo' dell'umanità, non individuale: di un inconscio che si struttura secondo "archetipi", la cui distanza dalle idee platoniche, o dalle forme e categorie kantiane, Jung aveva ben delineato.

Mentre per Freud l'inconscio era semplicemente un "deposito del passato", contenente elementi rimossi dalla coscienza individuale del singolo, Jung aveva mostrato che esso consiste anche di un contenuto arcaico, collettivo, di un sapere anteriore ad ogni elaborazione cosciente, capace di condizionare l'autonomia e l'indipendenza dell'inconscio stesso. Esso costituisce in un certo senso una psiche 'oggettiva', comune a tutti gli uomini, i cui contenuti si sono simbolicamente espressi nel corso dei secoli attraverso i miti, le credenze religiose ed anche, nel singolo, attraverso i sogni. Tali contenuti inconsci hanno una forte carica emotiva, affettiva e "numinosa" e proprio per questo non possono essere spiegati e compresi razionalmente, ma solo attraverso l'uso di simboli polivalenti.

E all'interno dell'inconscio un ruolo fondamentale hanno appunto gli "archetipi"; inizialmente Jung li aveva definiti come "immagini originarie", comuni a interi popoli o interi periodi, poi successivamente ne ha sviluppato il concetto (29):

(L'archetipo è) 'non solo un immagine, ma anche una *dynamis*, la quale ultima si manifesta nella numinosità, la forza affascinante dell'immagine archetipica ...'.

Gli archetipi sono 'contenuti' inconsci (una specie di 'a priori' rispetto alla coscienza) che fungono da produttori di rappresentazioni e di processi psichici, cioè che danno la possibilità formale di riprodurre di nuovo le stesse idee, gli stessi

motivi. Non sono quindi soltanto immagini, ma hanno anche una capacità creatrice. La loro forza trascende la coscienza, ed è qualcosa di simile a un istinto naturale.

Pauli espone anche la concezione kepleriana dell'anima umana, "immagine di Dio comunque imperfetta, in parte un punto e in parte un cerchio" (30), la quale richiama il simbolo della Trinità Divina, oltre che per la forma anche in quanto vi è un continuo processo di emanazione della stessa anima dal punto centrale verso la periferia. Secondo Kepler, inoltre, essa, a causa della sua forma circolare, è istintivamente sensibile "a certe proporzioni armoniose che corrispondono a specifiche divisioni razionali del cerchio" (31). Questo la rende sensibile a certi intervalli musicali ed anche a particolari angoli che i raggi di luce stellare formano tra loro arrivando sulla terra. In questo modo Kepler fornisce una sua particolare visione dell'astrologia: le stelle non esercitano alcuna influenza, sono invece i pianeti, attraverso la loro luce, gli effettivi veicoli delle influenze astrologiche e l'anima, che porta con sé l'immagine circolare dello zodiaco, reagisce istintivamente a quegli angoli che corrispondono a dei poligoni regolari.

Alla base di questa visione sta una concezione animistica delle cause dei movimenti planetari: i pianeti, e così pure la terra, sono dotati di un'anima, e quindi si può assumere una connessione universale tra i fenomeni celesti e le capacità ricettive dell'animo umano.

La rilevanza delle immagini simboliche per la conoscenza è ancora evidenziata da Pauli nel discutere la polemica che oppose Kepler a Robert Fludd, rappresentante della tradizione alchimistica, e nel rivalutare tale posizione tracciando dei paralleli con la fisica quantistica come una "nuova alchimia".

Secondo l'alchimia, nella materia risiede un'anima nascosta, che può essere liberata attraverso procedure chimiche, le quali portano insieme una redenzione della materia e una trasformazione dell'adepto. Per Fludd l'universo è creato a immagine di Dio, e in esso coesistono due principi fondamentali, continuamente in lotta tra loro: la forma (principio di luce) e la materia (legata invece all'oscurità), la prima proveniente dall'alto, la seconda dalla terra, e dalla loro combinazione derivano tutte le realtà del mondo.

Mentre per Kepler è fondamentale un approccio scientifico che proceda attraverso misure quantitative e descrizioni matematiche, Fludd è contrario a questo tipo di procedimento, perché ritiene che esso non riesca a cogliere la vera essenza delle cose. Secondo lui la natura profonda di ogni realtà può essere compresa in maniera immediata e sintetica attraverso l'uso di figure, di immagini simboliche, senza bisogno di perdersi in inutili parole e simboli matematici. E Pauli riconosce nelle figure ermetico-egizie, "geroglifiche", di Fludd un tentativo di "preservare un'unità tra l'esperienza interna dell' 'osservatore'... e i processi esterni della natura" (32), e quindi un'idea di totalità, di indivisibilità del tutto, di corrispondenza tra microcosmo e macrocosmo, idea che sembra già mancare in Kepler e che poi le scienze naturali perderanno completamente.

Pauli accenna così ai problemi della fisica e della psicologia contemporanee e ricorda come nella meccanica quantistica si presenti una simile indivisibilità tra

osservatore e sistema osservato (e quindi si introduca una componente 'soggettiva' nell'indagine fisica) e come, invece, la psicologia moderna abbia ipotizzato l'esistenza di una psiche collettiva, 'oggettiva'. Sembra che i diversi approcci nei confronti della realtà di queste due discipline, uno oggettivo-quantitativo, l'altro soggettivo-qualitativo (che sono anche gli approcci di Kepler e di Fludd), stiano in qualche modo avvicinandosi e possano forse integrarsi in una visione più ampia e completa del reale.

Pauli vede in questa situazione una possibilità di progresso: la rivoluzione quantistica in fisica non ha soltanto un mero significato disciplinare, ma potrebbe ridarci la possibilità di una percezione unitaria del mondo che era alla base dell'esperienza religiosa arcaica e antica, come della cristiana. Si potrebbe arrivare a quella visione unitaria dell'universo che le scienze naturali attualmente non riescono a fornire (33):

...nonostante noi abbiamo le scienze naturali, non abbiamo più una completa immagine scientifica del mondo... Dalla scoperta del quanto d'azione, la fisica è stata gradualmente forzata ad abbandonare il suo presuntuoso assunto di essere capace di comprendere, in linea di principio, il mondo nella sua interezza e totalità. Questa rilevante circostanza, tuttavia, agendo come un correttivo di una precedente unilateralità, potrebbe contenere il germe di un progresso verso una concezione unitaria dell'intero cosmo (*Gesamtweltbild*) del quale le scienze naturali siano solo una parte...

Attraverso la fisica quantistica, anche l'antica opposizione-distinzione fra natura e spirito crolla (34):

... Più soddisfacente di tutto sarebbe se la *physis* e la *psyche* potessero essere viste quali aspetti complementari della stessa realtà. Non sappiamo ancora, tuttavia, se o no qui ci confrontiamo - come congetturato da Bohr e altri scienziati - con una vera e propria relazione di complementarità implicante la mutua esclusione, nel senso che un'osservazione esatta dei processi fisiologici risulterebbe in una tale interferenza con i processi psichici che questi ultimi diverrebbero completamente inaccessibili all'osservazione. Tuttavia, è certo che la fisica moderna ha generalizzato l'antico confronto del soggetto percipiente con l'oggetto percepito nell'idea di una spaccatura o *divisione* (*Schnitt*) che esiste fra l'osservatore o i mezzi d'osservazione, da un lato, e il sistema osservato, dall'altro. Mentre l'*esistenza* di una tale divisione è una condizione necessaria del processo della conoscenza umana, la fisica moderna sostiene che la sua *collocazione* (*Lage*) è, in una certa misura, arbitraria e risulta da una scelta co-determinata da considerazioni di convenienza e quindi parzialmente libera. Inoltre, mentre più antichi sistemi filosofici avevano localizzato ciò che è psichico sul lato soggettivo della divisione, cioè, sul lato del soggetto percipiente, e ciò che è materiale sull'altro lato - il lato di ciò che è oggettivamente osservato -, il moderno punto di vista è più 'liberale' in

questo rispetto: la microfisica mostra che i mezzi d'osservazione possono anche consistere di apparati che registrano automaticamente; la psicologia moderna prova che s'è sul lato di ciò che è osservato introspektivamente una psiche inconscia di considerevole realtà oggettiva. Di conseguenza, il presunto ordine oggettivo della natura è, da una parte, relativizzato rispetto ai non meno indispensabili mezzi d'osservazione all'esterno del sistema osservato; e, dall'altra, posto al di là della distinzione di fisico e psichico.

Ora, c'è una differenza basilare fra gli osservatori, o gli strumenti d'osservazione, che devono essere presi in considerazione dalla microfisica moderna, e l'osservatore separato della fisica classica. Con quest'ultimo intendo un osservatore che non è necessariamente senza effetto sul sistema osservato, ma l'influenza del quale può sempre essere eliminata per mezzo di correzioni determinabili. In microfisica, tuttavia, le leggi naturali sono di un tipo tale che ogni parte minima di conoscenza, guadagnata attraverso una misurazione, deve essere pagata con la perdita di altri aspetti complementari di conoscenza. Ogni osservazione, quindi, interferisce su una scala indeterminabile sia con gli strumenti d'osservazione sia con il sistema osservato e interrompe la connessione causale dei fenomeni che la precedono con quelli che la seguono. Questa interazione incontrollabile fra osservatore e sistema osservato, avendo luogo in ogni processo di misurazione, invalida la concezione deterministica dei fenomeni assunta nella fisica classica: la serie degli eventi avente luogo in accordo a regole pre-determinate è interrotta, dopo che una libera scelta è stata fatta dall'osservatore fra arrangiamenti sperimentali mutuamente esclusivi, dall'osservazione selettiva che, quale un'occorrenza essenzialmente non-automatica (*Geschehen*), può essere comparata ad una creazione nel microcosmo o perfino ad una transmutazione (*Wandlung*), i risultati della quale sono, tuttavia, imprevedibili e al di là del controllo umano.

In questo modo il ruolo dell'osservatore nella fisica moderna è tenuto in conto in maniera soddisfacente. La reazione della conoscenza guadagnata su colui che guadagna quella conoscenza (*Erkennenden*) dà luogo, tuttavia, ad una situazione che trascende la scienza naturale, dal momento che è necessario, per amore di completezza dell'esperienza connessa con ciò, che essa abbia una forza cogente per il ricercatore (*für den Erkennenden verbindlich*). Si è visto come non solo l'alchimia ma anche l'idea eliocentrica fornisca un esempio istruttivo del problema su come il processo del conoscere sia connesso con l'esperienza religiosa di transmutazione subita da chi acquisisca conoscenza (*Wandlungserlebnis des Erkennenden*). Questa connessione può essere compresa solo attraverso simboli che sia esprimano immaginativamente l'aspetto emozionale dell'esperienza, sia stiano in una relazione vitale alla somma totale della conoscenza contemporanea e dell'attuale processo del conoscere. Dal momento che nei nostri tempi la possibilità di tale simbolismo è divenuta un'idea estranea, si può considerare specialmente interessante esaminare un'altra età, per la quale i concetti di quella che ora si chiama meccanica classica scientifica erano estranei, ma che ci permette di provare l'esistenza di un simbolo che aveva, simultaneamente, una funzione religiosa e scientifica.

Si tratta di rivedere la relazione tra ciò che è fisico e ciò che è psichico; Pauli avanza l'idea che tale relazione possa essere descritta attraverso il concetto di complementarità, considerando il fisico e lo psichico come due aspetti complementari di una stessa realtà e andando oltre ogni rigida distinzione. Pauli accenna per esempio ai problemi legati al processo di misura nella fisica quantistica: la divisione tra soggetto osservante e oggetto osservato (e quindi tra ciò che viene solitamente considerato 'psichico' e ciò che viene considerato 'fisico') è del tutto arbitraria e introdotta per pura convenienza, basti pensare al fatto che l'osservatore può anche essere sostituito da un apparato che registri automaticamente i risultati delle misure. Inoltre l'osservazione, interferendo in maniera indeterminabile col sistema, muta il susseguirsi causale dei fenomeni e può essere quindi vista come una "creazione nel microcosmo", una trasformazione del reale, analoga a quelle descritte dall'alchimia. L'osservazione quantistica è quindi comparata e storicamente correlata ad una transmutazione alchemica. In accordo a Pauli, il soggetto fisico quantistico, che acquisisce conoscenze, esperisce una transmutazione, come un microcosmo connesso al macrocosmo (l'universo quale natura al livello microfisico). La fisica quantistica come una nuova alchimia, attraverso mezzi che non sono più meramente quantitativi ma simboli di una reale corrispondenza all'interno della natura come un tutto, è in grado di costituire, come quella antica, un linguaggio "neutrale" per i fenomeni fisici e psichici, superando non solo la distinzione fra soggetto e oggetto, ma anche quella fra *physis* e *psyché*.

Dalla prospettiva di Pauli la fisica quantistica come una nuova alchimia coinvolge il soggetto in una sorta di esperienza religiosa di cambiamento interno radicale in quanto immerso nel tutto, nell'unità della natura, che è anche un'esperienza reale del divenire e del tempo che ha le sue radici nel Cristianesimo originario, e a sua volta nella sapienza egizia (35); in quanto il processo di conoscenza tocca strati profondi della psiche umana e comporta la presa di coscienza di contenuti inconsci e quindi una trasformazione psichica del soggetto. A questo si aggiunge anche la soddisfazione provata nell'appropriarsi di una nuova conoscenza, il che ci dice come il processo di comprensione della natura sia legato anche a componenti profonde ed emozionali.

La scienza moderna dovrebbe quindi, secondo Pauli, recuperare dal passato (dalle dottrine mistiche, dall'alchimia) un'idea di unità psicofisica e andare oltre il suo stretto razionalismo.

Non è stato attraverso argomenti *a priori*, ma attraverso un'analisi storica dei lavori di Kepler e di parte della cosiddetta "rivoluzione scientifica" che Pauli ha iniziato a mostrare che le teorie fisiche hanno le loro radici nella percezione mitica e religiosa del mondo e così nelle immagini archetipiche dell'inconscio collettivo storico che sono state studiate da Jung. Le immagini archetipiche sono storiche e tali radici inconscie storiche della scienza moderna possono spiegare l'origine e la potenzialità della fisica quantistica.

Da questa analisi, Pauli può effettivamente dedurre che invero lo “spirito scientifico” nasce e si sviluppa a partire dal “suolo nutriente” (36) costituito da concezioni magiche e arcaiche della natura, con le quali rimane inizialmente intrecciato. Pauli suggerisce così una nuova visione della stessa “rivoluzione scientifica”, della nascita della “scienza moderna”: non si tratterebbe di una “frattura” netta rispetto al pensiero magico-religioso precedente, ma di un comune “radicamento” nelle sfere più profonde dell’“anima umana”, nell’inconscio collettivo. Ciò significa che le origini della scienza moderna, le sue radici ma anche la sua stessa essenza sono in definitiva mitico-religiose e “irrazionali”, in un senso ancora più profondo di quando si affermi la sua filiazione da un sapere conscio e disciplinare teologico e alchemico.

Le tradizioni, come quella cartesiana, quella newtoniana e quella bruniano-leibniziana, che in qualche modo si sviluppano e attraverso il cui contrasto si determina il predominio di una certa teoria scientifica, in particolare fisica, su un’altra si possono allora considerare dal punto di vista dello sviluppo e del ruolo storico di differenti immagini archetipiche, matematiche e di differente natura. Di immagini archetipiche aritmetiche o algebriche, o analitiche, di immagini archetipiche geometriche, come anche statiche o dinamiche, spaziali o temporali, o ancora traslatorie o rotatorie, rettilinee o circolari come cubiche o sferiche.

Questo punto di vista, che Pauli ha esplicitato per il caso delle teorie di Kepler, può quindi aprire una nuova generale prospettiva per le indagini di storia della scienza.

Esemplarmente, la meccanica moderna, legata ad una concezione meccanicistica della natura sviluppata anche sotto l’influenza di una certa teologia della Riforma, è correlata nella sua origine a certe immagini archetipiche geometriche statiche, come quella della retta che si ritrova nel cartesiano-newtoniano principio d’inerzia a fondamento di tutta la meccanica, a fondamento della geometria analitica nella rappresentazione attraverso coordinate rettilinee ortogonali: e tale rappresentazione sarà decisiva nel ridurre tutte le figure geometriche da immagini simboliche a “convenzionali” espressioni algebriche. E tale immagine della retta, prima associata alla divinità egizia, femminile, della rettitudine, la *Ma’at*, si è poi staccata dalla sua fonte femminile per legarsi direttamente a immagini maschili assolutizzate e celesti-astrologiche che si costellano intorno ad un archetipo declinato patriarcalmente.

Al contrario, la relatività e la fisica quantistica contemporanea, sviluppate in connessione ad una tradizione bruniano-leibniziana, in un primo tempo perdente rispetto al paradigma dominante cartesiano-newtoniano, e attraverso tale tradizione sono legate alla percezione animistico-vitalistica della natura già arcaica e egizia (si pensi al radicamento dell’idea d’armonia del mondo nella *Ma’at*, seppure deprivata ormai dalla sua immagine di rettitudine) presente fino al Rinascimento e sopravvissuta in Bruno e Leibniz. Si pensi al concetto di energia cinetica come *vis viva* costitutiva delle monadi come centri di riferimento di differenti relative prospettive dei fenomeni naturali, ai principi di conservazione alla base dell’idea dell’armonia del mondo come anche alla base della non-separabilità quantistica. Così

la relatività e la fisica quantistica sono correlate nella loro origine a differenti immagini archetipiche: a immagini aritmetiche temporali e dinamiche come anche all'immagine geometrica del cerchio e della sfera.

Si pensi alla connessione in Giordano Bruno tra monade e cerchio, alla matematizzazione e razionalizzazione della fisica egizio-ermetico-cristiana di Bruno da parte di Leibnitz e alla sua idea dell'equivalenza di moti circolari e rotatori e rettilinei e traslatori dal punto di vista della relatività generale dinamica del moto, ripresa direttamente da Poincaré (37) e poi da Einstein fino alla spazio ipersferico della geometria pseudo-riemanniana della teoria della relatività generale (le geodetiche a volte sono chiamate anche "rette" per conservare anche queste altre immagini archetipiche complementari), e, da un altro versante, fino al simbolo del cerchio del Dao ripreso da Bohr per il suo principio di corrispondenza e di complementarità, in entrambi i casi con la destituzione del privilegio della traiettoria analitica rettilinea del principio d'inerzia. E tale immagine del cerchio e della sfera è legata a immagini femminili e terrestri come anche celesti, che si costellano intorno ad un archetipo dell' <<uroboro>> (38) di una indivisa unità fra maschile e femminile, fra la terra e il cielo, della grande madre natura e del grande padre celeste.

Rianalizzare tutta la storia della scienza, e in particolare della fisica, dal punto di vista delle immagini archetipiche della loro connessione con le varie "forme di vita" costituisce ancora un nuovo approccio storiografico inesplorato come inesplorata è la nuova visione della scienza come "esperienza di totalità" proposta da Pauli (39):

Tuttavia, contro la rigorosa separazione delle attività dello spirito umano in camere stagni, in atto dal XVII secolo, io considero l'aspirazione a un superamento dei contrasti, quale potrebbe essere una sintesi della comprensione razionale con l'esperienza mistica unitaria, come il mito espresso o inespresso di questo nostro tempo.

#### **4. Una nuova prospettiva per la filosofia della scienza**

Da quanto detto già emerge implicitamente come una nuova visione storica dell'origine della scienza moderna sia strettamente correlata a una nuova prospettiva sulla conoscenza scientifica e quindi per la filosofia della scienza.

In *Teoria ed Esperimento* del 1952, Pauli dà una sua particolare interpretazione del concetto di archetipo, collocandolo come elemento fondamentale nel processo di comprensione della natura: concepisce con Kepler la conoscenza del mondo fisico come una "sovrapposizione" tra immagini interiori preesistenti nella psiche umana e realtà del mondo esterno. Questo processo di ricerca di corrispondenze è guidato dagli archetipi (40):

Ogni comprensione è un processo lungo e complicato, il quale viene introdotto con processi nell'inconscio molto tempo prima della possibilità della formulazione razionale del contenuto della coscienza: sul gradino preconscious della conoscenza, al posto di concetti chiari vi sono immagini con forte contenuto emotivo, che non vengono pensate ma guardate per così dire pittoricamente. Il ponte cercato tra le percezioni dei sensi e le idee o concetti sembra essere condizionato da operatori o fattori ordinatori (che...non definirei 'razionali'), i quali controllano anche questo strato preconettuale delle immagini simboliche. E' interessante che la parola "archetipo", che Kepler per esempio adopera per le immagini preesistenti (platoniche), venga ora usata da C. G. Jung anche per fattori ordinatori non intuitivi, i quali si manifestano sia psichicamente che fisicamente...Secondo l'interpretazione qui proposta, l'*a priori* è spostato dunque dalle idee di Kant formulate razionalmente e fissate una volta per tutte, alle immagini effettive preesistenti (archetipi) fuori della coscienza (nell' "inconscio").

Nel precisare ancora come queste immagini inconse siano diverse sia dalle idee platoniche che dagli 'a priori' kantiani, Pauli fa notare come gli archetipi siano sorte di "*categorie*" storiche e inconse, affettivo-emotive che si esplicano in immagini, ma l'archetipo in sé non è qualcosa che può essere formulato razionalmente e fissato una volta per tutte, ha invece un contenuto più indefinito, indeterminato, simbolico, e tale contenuto può essere espresso nel corso del tempo attraverso diverse formulazioni razionali (41):

Le idee speciali designate da Kant come giudizi sintetici a priori non le vediamo più ... come le premesse del giudizio umano, ma solo con i presupposti particolari delle scienze naturali (e della matematica) del suo tempo. A differenza di Platone... noi vediamo tuttavia i prototipi preesistenti non come immutabili, ma come relativi allo sviluppo del punto di vista cosciente. La reazione inversa della coscienza sulle immagini dell'inconscio, che non si dovrebbe separare dall'azione diretta delle immagini sulla coscienza, supponendo così una sorta di "complementarità", mi sembra appunto l'essenza del processo di evoluzione della conoscenza umana ...

E' da sottolineare come Pauli stesso distingua il concetto di archetipo da quello di idea archetipica, considerando la seconda come una ben definita e conscia produzione del primo, il quale invece, in quanto contenuto inconscio, non risulta né definibile né razionalmente descrivibile. Anche nel saggio su Kepler, Pauli espone inizialmente alcune idee riguardo al processo di conoscenza del mondo fisico: egli si chiede appunto di quale natura possa essere il ponte che permette di passare dai dati empirici provenienti dall'esperienza ai concetti e alle idee, e quindi alla formulazione di teorie scientifiche. Questo passaggio non può essere effettuato tramite la pura logica, la quale è incapace di costituire un tale collegamento; l'indagine storica sulle immagini archetipiche lo conduce ad affermare l'esistenza di

un ordine cosmico, oggettivo e universale, al quale risultino soggetti sia l'animo umano che l'insieme dei fenomeni naturali.

Il processo di comprensione della natura risulta allora essere una ricerca di corrispondenze, di sovrapposizioni, fra immagini interne preesistenti nella psiche umana e la realtà del mondo esterno. E ribadisce ancora che a guidare questa ricerca sono delle "idee innate", che già Kepler chiama "archetipi" (con un significato diverso da Jung): esse sono presenti negli strati profondi, inconsci, della psiche e fungono da produttori e ordinatori di rappresentazioni. Sono queste idee, dal forte contenuto simbolico ed emozionale, che dirigono l'attenzione dello scienziato e ne influenzano il modo di selezionare e organizzare i dati dell'esperienza, costituendo così il ponte cercato tra le percezioni e le idee.

Conseguenze filosofiche generali di questa prospettiva, come in parte già sottolineate da Erich Neumann (42), sono *l'incompletezza della conoscenza conscia e la correlata impossibilità di una fondazione cosciente-razionale della conoscenza (scientifica)*. In quanto vi è un crollo delle tradizionali identità conoscenza = coscienza e non-conoscenza = inconscio. E' anche il crollo di una illusoria demarcazione fra mito religioso e scienza: *la conoscenza scientifica è simbolica* e non vi è mai una determinazione univoca della realtà della natura in quanto la stessa natura è simbolica per la connessione e la corrispondenza di tutte le sue parti.

Questa nuova prospettiva per la filosofia della scienza ancora una volta non è 'aprioristica'; è qui chiaro che non si basa soltanto sull'analisi storica di Kepler all'interno della "rivoluzione scientifica", ma altresì sulla nuova fisica quantistica della quale, come già evidenziato, era stato uno dei creatori (Pauli ebbe il premio Nobel per la fisica nel 1945) (43):

«La possibilità di descrivere i fenomeni indipendentemente dal modo in cui essi sono stati osservati non è più realizzata e gli oggetti fisici hanno un carattere polivalente e perciò simbolico.

La funzione d'onda è, come già notato, il *simbolo* di una nuova corrispondenza fra microcosmo microfisico e macrocosmo macrofisico al quale noi apparteniamo. Il principio di complementarità è uno sviluppo del principio di corrispondenza che è per Pauli, come già detto, espressione di una profonda corrispondenza effettiva fra *microcosmo* e *macrocosmo*, relazione "simbolica" che emerge dalla natura come una totalità (44):

L'esecuzione di una misura in un dato luogo ha come conseguenza il passaggio a un nuovo fenomeno con condizioni iniziali diverse, alle quali corrisponde un nuovo insieme di possibili risultati da attendersi, e perciò un campo dappertutto totalmente nuovo. I fenomeni hanno dunque, in fisica atomica, la nuova proprietà di totalità, in quanto non si lasciano scomporre in fenomeni parziali senza che si cambi essenzialmente ogni volta l'intero fenomeno.

La simbolicità non costituisce una debolezza della scienza, ma un suo arricchimento di un valore simbolico non meramente intellettuale-razionale, ma affettivo, emotivo ed etico nelle sue connessioni dirette con la vita e ai modi di vivere nella natura che le immagini archetipiche rispecchiano. Mentre con la concezione meccanicistica della natura alla base della scienza moderna si era affermato un modello di spiegazione causale, basato sul principio di causalità, la simbolicità della scienza è legata ad una inscindibilità ermeneutica fra soggetto e oggetto, ad una corrispondenza di tutte le parti dell'universo, ad un "*principio di sincronicità*" degli eventi fisici e psichici, che evidenzia, nelle "coincidenze significative" fra essi anche a distanze spazio-temporali in cui non è possibile lo scambio di alcun segnale fisico, una loro *non-separabilità*, come generalizzato da Jung e come già notato.

Che la fisica quantistica imponga un ritorno alla tradizione bruniano-leibniziana, ad una percezione della natura come non regolata da leggi causali ma dall'armonia del tutto non separabile, è chiaro a Pauli non solo dalle connessioni acausali e dalla non-separabilità quantistiche come quelle del cosiddetto paradosso di Einstein-Podolski-Rosen, ma anche e soprattutto dallo statuto, del tutto indipendente e irriducibile agli altri, dello stesso cosiddetto "principio di Pauli" all'interno della meccanica quantistica

Dopo il predominio della razionalizzazione delle immagini, legate all'archetipo declinato patriarcamente, all'interno del paradigma cartesiano-newtoniano, meccanicistico e causalistico, la fisica quantistica in accordo ad un'analisi storica e filosofica della scienza, come Wolfgang Pauli ha saputo delineare, implica un ritorno ad una dimensione simbolica, profonda e arcaica della matematica e della fisica come di tutta la scienza, correlata alla percezione di un'armonia del mondo, ora espressa in immagini archetipiche complementari della natura: di una natura percepita sia nei suoi aspetti dinamici che spazio-temporali; e al di là di esse percepita come indeterminata, 'archetipica', potenza attiva e creatrice, ovvero anche nella sua dimensione 'psichica' e 'vivente' e non come mera materia inerte e passiva; natura non disgiunta dallo spirito, *grande madre* o *anima del mondo* (45).

Pauli, insieme a Jung, ha lanciato, sulla base della fisica quantistica e della psicologia analitica, una sfida per una nuova visione della scienza, della storia della scienza e della filosofia della scienza, e ancora di più per una 'nuova alleanza' fra uomo e natura: per un nuovo e allo stesso tempo antico e arcaico ruolo della vita dell'umanità dentro la natura, dove, come in un sogno di Pauli, noi possiamo attraversare 'l'arcobaleno come un ponte' fra una nuova terra e un nuovo cielo (46).

## Note e riferimenti bibliografici

(1) Jung, C.G., *Psychologie und Alchemie*, Walter Verlag, Olten 1944, *Psicologia e Alchimia*, tr. it. di R. Bazlen e L. Baruffi, in *Opere di C. G. Jung*, XII, Boringhieri,

Torino 1992: qui, molti sogni discussi da Jung sono propri di Pauli; Pauli era stato in analisi da C. A. Meier dal 1931 al 1934, dal 1932 anche da Jung (oltre a un breve periodo dalla signora Rosenbaum). Il carteggio Pauli-Jung va dal 1932 al 1958, mentre Jordan fu introdotto da Pauli a Jung nel 1934: Jung, C. G., *Briefe I-II-III*, Walter Verlag, Olten, 1972-73; Pauli, W. und Jung, C. G., *Ein Briefwechsel 1932-1958*, C. A. Meier, ed., Springer-Verlag, Berlin 1992, tr. it. di I. Ranzato e M. Renzi, pres. di F. P. Ranzato, *Il carteggio Pauli-Jung*, il Minotauro, Roma 1999; Pauli, W., *Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u.a.I-II-III*, K. von Meyenn, ed., Springer-Verlag, Berlin 1979-1985-1993.

(2) Jung, C.G., Pauli, W., *Naturerklärung und Psyche*, Rascher Verlag, Zürich 1952. Jung C. G., Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge (1952). In Jung, C. G., Pauli, W., *Naturerklärung und Psyche*, op.cit., pp. 1-108, *La sincronicità come principio di nessi acausali*, tr. it. di S. Daniele, Boringhieri, Torino 1980; Pauli, W., *Der Einfluss archetypischer Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler*, in Jung, C. G., Pauli, W., *Naturerklärung und Psyche*, op. cit., pp. 119-190, *The Interpretation of Nature and the Psyche*, in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, engl. tr. by R. Schlapp, ed. by C. P. Enz & K. von Meyenn, Springer Verlag, Berlin, 1994, pp. 219-279.

(3) La Forgia, M., *Immagini dell'inconscio e fisica quantistica. L'incontro tra Jung e Pauli*, in *Metaxu'*, 5 (1988), pp.67-80. La Forgia, M., *La sincronicità*, in *Trattato di psicologia analitica II*, A. Carotenuto, ed., UTET, Torino 1992, pp. 31-59.

(4) Giannetto, E. A. & Pozzi, F., *Non-separability and synchronicity: Pauli, Jung and a new historical, philosophical perspective on quantum physics*, in *The Foundations of Quantum Mechanics II*, C. Garola & A. Rossi (eds.), World Scientific, Singapore, in corso di stampa; Giannetto, E. A. & Pozzi, F., *Pauli e Jung: una nuova prospettiva sulla scienza, sulla storia della scienza e sulla filosofia della scienza*, in *Atti del Convegno SILFS, Urbino 1999*, in corso di stampa; Giannetto, E., *Some Remarks on Non-Separability*, in *The Foundations of Quantum Mechanics*, C. Garola & A. Rossi (eds.), Kluwer, Dordrecht 1995, 315-324; Giannetto, E., *Relatività del moto e del tempo in Giordano Bruno*, in *Bruno e la scienza nuova*, Roma, Febbraio 2000, A. Rossi (a cura di), in corso di stampa.

(5) Bohm, D., *Wholeness and the implicate order*, Routledge, New York 1980. Giannetto, E., *Some Remarks on Non-Separability*, op. cit.

(6) Jung C.G., *Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge* (1952), in Jung, C.G., Pauli, W., *Naturerklärung und Psyche*, op.cit. (le traduzioni italiane sono da me riviste).

(7) Pauli, W., *The Philosophical Significance of the Idea of Complementarity* (1949), in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, C. P. Enz & K. von Meyenn, eds., Engl. transl. by R. Schlapp, Springer-Verlag, Berlin 1994, pp. 35-42, p.40; in italiano: Pauli, W. *Il significato filosofico dell'idea di complementarità* (1949), in *Fisica e conoscenza*, tr. it. di I. Dennerlein & G. Perna di *Aufsätze und*

*Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie*, Boringhieri, Torino, 1964, nota 1, p.29.

(8) Pauli, W., *Probability and Physics* (1952), in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, op.cit., pp. 43-48; la citazione è dalle pp. 46-48; in italiano: *Probabilità e Fisica*, in *Fisica e conoscenza*, op. cit.

(9) Leibnitz, G.W., *La Monadologie (1714)*, Delagrave, Paris 1880.

(10) Pauli, W., *Der Einfluss archetypischer Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler* (1952), in Jung, C. G., Pauli, W., *Naturerklärung und Psyche*, op.cit., pp. 109-194; engl. transl., *The Influence of Archetypical Ideas on the Scientific Theories of Kepler*, in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, op.cit., pp. 219-279.

(11) De Santillana, G., *Fato antico e fato moderno*, Adelphi, Milano 1985. Per le origini egizie della civiltà classica, si veda: Bernal, M., *Black Athena. The Afroasiatic Roots of Classical Civilization*, Free Association Book, London 1987, tr.it. di L. Fontana, *Atena Nera, I-II*, Pratiche Editrice, Parma-Milano 1991-1994; nonostante, come delineato in questo libro, a livello di cultura riflessa, conscia, il cristianesimo e la "grecità" siano state contrapposte alla sapienza egizia, le immagini storicamente "archetipiche", inconse, egizie sono sempre rimaste predominanti all'interno dello stesso linguaggio mitico-religioso del cristianesimo e mitologico e poi filosofico greco (il cristianesimo non è ridicibile, come sembra credere Bernal seguendo Dupuis, ad un fraintendimento della mitologia astronomico-religiosa egizia: vi è una continuità storicamente documentabile fra una fase della religione egizia e il cristianesimo, che si esprime ancora attraverso le immagini archetipiche egizie).

(12) Giannetto, E., *Note sul tempo e sul moto attraverso la storia della fisica e le critiche filosofiche*, in *Atti del XIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica*, a cura di A. Rossi, Conte, Lecce 1995, pp. 9-43.

(13) De Santillana, G. & von Dechend, H., *Hamlet's Mill. An essay on myth and the frame of time*, 1969, tr. it. di A. Passi, *Il mulino di Amleto. Saggio sul mito e sulla struttura del tempo*, Adelphi, Milano 1983.

(14) Giannetto, E.A., *La questione del tempo: Agostino e la fisica contemporanea*, in *Sant'Agostino e l'Occidente*, a cura di L. Valle & P. Pulina, Ibis, Como 1999, pp. 129-169.

(15) Jung C.G., *La sincronicità come principio di nessi acausali*, op. cit., p. 96.

(16) Giannetto, E., *La meccanica classica: da Galilei a Newton*, in *Verso il '99*, Comune di Pavia, Pavia 1998, pp. 29-35.

(17) Giannetto, E., *Note sulla complessità: Max Born e la nascita della nuova fisica del caos*, in *Atti del Congresso 'Logica e filosofia della scienza: problemi e prospettive'. S.I.L.F.S., Lucca 1993*, C. Cellucci, M. C. Di Maio, G. Roncaglia, eds., ETS, Pisa 1994, pp. 317-330. Giannetto, E., *Heidegger and the question of physics*, in *Proceedings of the "Conference on Science and Hermeneutics" (Veszprém 1993)*, M. Feher, O. Kiss & L. Ropolyi, eds., Reidel, Dordrecht 1999, pp.225-245.

- (18) Pauli, W., *Space, Time and Causality in Modern Physics* (1934), in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, op. cit., pp. 95-105, p. 95.
- (19) Pauli, W., *Space, Time and Causality in Modern Physics* (1934), in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, op. cit., p. 98; in italiano: *Spazio, tempo e causalità nella fisica moderna* (1934), in *Fisica e conoscenza*, op. cit., p. 80.
- (20) Pauli, W., *Space, Time and Causality in Modern Physics* (1934), in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, op. cit., pp. 99-100.
- (21) Pauli, W., *Ueber den Einfluss der Geschwindigkeitsabhaengigkeit der Elektronenmasse auf den Zeemaneffekt*, in *Z. Physik* **31** (1925), pp. 373-385 & *Ueber den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren*, in *Z. Physik* **31** (1925), pp. 765-783. In *Collected Scientific Papers I-II*, R. Kronig & V. F. Weisskopf, eds., Interscience, New York 1964, pp. 201-213 & 214-232. Pauli, W., *Exclusion Principle and Quantum Mechanics* (1946), in Pauli, W., *Writings on Physics and Philosophy*, op. cit., pp. 165-181.
- (22) Giannetto, E.A., *La questione del tempo: Agostino e la fisica contemporanea*, in *Sant'Agostino e l'Occidente*, op. cit.
- (23) *Joannis Kepleri Astronomi Opera Omnia*, a cura di C. Frisch, Francoforte, 1858, vol.I, pp.122 e ss., citato da Pauli in: Pauli, W., *The Interpretation of Nature and the Psyche*, op. cit., p. 225. Le traduzioni italiane sono mie.
- (24) Kepler, J., *Harmonices Mundi*, Augsburg, 1619, citato da Pauli in: Pauli, W., *The Interpretation of Nature and the Psyche*, op. cit., p. 226.
- (25) *ibidem*, p. 226.
- (26) Kepler, J., *Ad Vitellionem paralipomena*, Francoforte, 1604, citato da Pauli in: Pauli, W., *The Interpretation of Nature and the Psyche*, op. cit., p. 230.
- (27) Pauli, W., *The Interpretation of Nature and the Psyche*, op. cit., p. 232.
- (28) Si veda per la Trinità il *Saggio d'interpretazione psicologica del dogma della Trinità*, in Jung, C. G., *Symbolik des Geistes*, tr. it. di O. Bovero Caporali, *La simbolica dello spirito*, Einaudi, Torino 1959, pp. 193-275.
- (29) Jung, C. G., *Riflessioni teoriche sulla natura della psiche* (1946), in *Opere di C.G.Jung*, VIII, Boringhieri, Torino, 1964, citato da Pauli in: *Aspetti scientifici e gnoseologici del problema dell'inconscio* (1954), in *Fisica e conoscenza*, op. cit., p. 142.
- (30) Pauli, W., *The Interpretation of Nature and the Psyche*, op. cit., p. 235.
- (31) *ibidem*, p. 237.
- (32) *ibidem*, p. 258.
- (33) *ibidem*, p. 259.
- (34) *ibidem*, pp. 260-261.
- (35) Heidegger, M. 1995, *Phänomenologie des religiösen Lebens*. 1. *Einleitung in die Phänomenologie der Religion* (WS 1920/21). 2. *Augustinus und der Neuplatonismus* (SS 1921). 3. *Die philosophischen Grundlagen der mittelalterlichen Mystik* (1918/19), in *Gesamtausgabe LX*, Klostermann, Frankfurt am Main.
- (36) Pauli, W., *The Interpretation of Nature and the Psyche*, op. cit., p. 222.

- (37) Poincaré, H., *Note sur les principes de la Mécanique dans Descartes et dans Leibnitz*, in Leibnitz, G. W., *La Monadologie (1714)*, a cura di E. Boutroux, Delagrave, Paris 1880, op. cit., pp. 225-231.
- (38) Neumann, E., *Die Grosse Mutter*, Rhein-Verlag, Zürich 1956, tr. it. di A. Vitolo, *La Grande Madre*, Astrolabio-Ubaldini, Roma 1981, p. 29 e ss.
- (39) Pauli, W., *La scienza e il pensiero occidentale* (1955), in *Fisica e conoscenza*, op. cit., p. 132.
- (40) Pauli, W., *Teoria ed esperimento* (1952), in *Fisica e conoscenza*, op. cit., p. 106.
- (41) *ibidem*, p. 106.
- (42) Neumann, E., *Die Psyche und die Wandlung der Wirklichkeitsebenen*, Eranos Jahrbuch, Band XXI, Rhein-Verlag, Zürich 1952, *La psiche e i livelli di trasformazione della realtà*, in *Il sé, l'individuo, la realtà*, tr. it. di B. Spagnuolo Vigorita, Marsilio, Venezia 1980, pp. 21-64: pp. 23-24.
- (43) Pauli, W., *Il significato filosofico dell'idea di complementarità* (1949), in *Fisica e conoscenza*, op. cit., p. 28.
- (44) Pauli, W., *Aspetti scientifici e gnoseologici del problema dell'inconscio* (1954), in *Fisica e conoscenza*, op. cit., p. 135.
- (45) Neumann, E., *Die Grosse Mutter*, op. cit.
- (46) Giannetto, E.A. & Pozzi, F., *Non-separability and synchronicity: Pauli, Jung and a new historical, philosophical perspective on quantum physics*, op. cit. Per quest'immagine onirica, quasi certamente interna ai sogni di Pauli, si veda: Jung, C. G., *Psicologia e Alchimia*, op. cit., p. 61.

