

IL TEMPO DELLA *PHYSIS*

enrico antonio giannetto

Dipartimento di Fisica 'A. Volta' dell'Università di Pavia,
via A. Bassi 6, 27100 Pavia
giannetto@fisicavolta.unipv.it

1. Introduzione

Si potrebbe ritenere che la "storia della fisica" sia una disciplina, riconosciuta in relazione ad un particolare ambito di ricerca o al suo insegnamento, che ricopra un tassello fra gli altri all'interno di un certo quadro del sapere e la cui conoscenza sia semplicemente addizionabile a quella degli altri. Secondo una consolidata tradizione, in questo quadro potremmo distinguere e separare due classi di scienze: da un lato, le scienze della natura (che comprenderebbero la matematica, la fisica, l'astronomia, la chimica, la biologia, etc.); dall'altro, le cosiddette scienze dello spirito (che comprenderebbero la filosofia, la storia, l'etica, l'estetica, la psicologia, la sociologia, la politica, l'antropologia, etc.). E potremmo così delineare una sorta di topologia del sapere, che evidenzia rapporti di separabilità tra le due classi e tra le discipline tra loro, rapporti di vicinanza o "lontananza" tra universi del discorso esattamente definiti e chiusi l'uno all'altro. Nel momento in cui però cercassimo di inquadrare all'interno di questo panorama del sapere una disciplina come la storia della fisica, se già non avessimo riscontrato la rigidità di tali divisioni, ci troveremo in gravissime difficoltà; e non soltanto per il fatto che non sapremmo bene dove collocarla (forse in mezzo, in quanto legata da una parte alla fisica e quindi alle scienze della natura e dall'altra parte alla storia e quindi alle scienze dello spirito). Le difficoltà sorgerebbero soprattutto in quanto la storia si contrappone decisamente ad una configurazione puramente topologica del sapere, mettendola completamente in discussione, e coinvolgendo le varie discipline in una serie di processi dinamici, di mutamenti temporali che le intrecciano. E qui si vede già quale circolarità di concetti fondamentali sia implicita, per esempio appunto tra tempo storico e tempo fisico.

Se per comprenderne meglio il significato risaliamo alle origini dell'uso delle parole greche *physis* e *istoria* da cui derivano le nostre fisica e storia, si può notare che la parola *physis* indicava, per i pensatori pre-socratici, praticamente e globalmente tutti i fenomeni: anche i fenomeni relativi all'uomo non erano considerati come separati e distinti dai fenomeni naturali e l'uomo non era tematizzato come separato dalla *physis*. Non esisteva quindi una storia come disciplina separata dalla fisica. Un concetto di storia come scienza separata nasce forse già con Platone, e legato al concetto del vedere e del rappresentare o "istoriare". Platone, con

l'invenzione di un'anima distinta e separata dal corpo, inaugura in effetti quel dualismo che si svilupperà nel dualismo di Descartes tra "res extensa" e "res cogitans", alle radici poi della divisione tra "Naturwissenschaften" e "Geistwissenschaften". Risalire storicamente ai significati di alcune parole chiave o agli stadi più antichi di formazione di una disciplina non ci fornisce di per sé delle "verità" da accettare come tali, ma ci permette di riflettere sui vari modi, eventualmente alternativi, di interpretare una parola o la natura di una disciplina. In questo caso, possiamo notare che la separazione di una storia dalla fisica riflette in effetti, a livello teoretico, una già avvenuta separazione dell'uomo dalla natura al livello del suo "mondo della vita".

Se ci si attiene ad un punto di vista storico, non si può che concludere che la fisica e la storia (come storiografia) sono pratiche umane, attività storiche dell'uomo geograficamente localizzate, strettamente interconnesse con le altre pratiche umane, discorsive e non discorsive, all'interno del nostro storico mondo della vita, eventi correlati agli altri fenomeni e processi naturali in una maniera inseparabile. Ovvero, il punto di vista storico converge inevitabilmente verso la prospettiva pre-socratica sulla *physis*. Questo accadere della fisica e della storiografia in un modo radicalmente storico, correlato alle pratiche di matematica, di logica, di filosofia o di mitologia, e a fattori estetici, etici, psicologici, sociologici, economici, politici, tecnici, etnologici, antropologici, biologici e in generale naturali, fa sì che non ci sia per tali discipline una fondazione stabile, assoluta e atemporale da parte di un soggetto di conoscenza, separato e a sua volta atemporale, e che le si debba invece comprendere come pratiche umane all'interno di un mondo.

La fisica e la storiografia sono comunque pratiche discorsive (non solo tali, certamente), ovvero mediate da varie forme di linguaggi, dal cosiddetto linguaggio "naturale" e da quello matematico nelle loro varie forme. Come abbiamo già avuto modo implicitamente di notare, è chiaro che noi parliamo, ci esprimiamo con linguaggi che non sono nati con noi, e che hanno una storia tutta loro che "trascende" il nostro uso e i nostri tempi di vita. E lo stesso si può dire dei vari strumenti che noi usiamo per esempio nella fisica quale pratica non semplicemente discorsiva, ma, almeno dall'età moderna, anche sperimentale. Ne segue che la apparentemente semplice storia della fisica implica tutta una molteplicità di storie interconnesse e dai tempi differenti. E la storia delle pratiche linguistiche e "strumentali" che concorrono in maniera fondamentale a caratterizzare la nostra stessa esperienza del mondo ha un rilievo preponderante. Da fisici, per esempio, abbiamo imparato ad usare linguaggi e strumenti da un punto di vista tecnico, ma non ne abbiamo appreso a fondo i vari significati e le varie implicazioni concettuali storicamente stratificati che solo un'indagine storica ci può però restituire: un'indagine storica che si caratterizza subito quindi come una sorta di genealogia e di archeologia. La genealogia non ci consente

certamente di risalire fino ad un'origine in senso assoluto, impossibile da rintracciare: si può risalire soltanto a certi mutamenti "epocali", o comunque a più origini e nemmeno del tutto precise.

Da questo punto di vista, allora, la storia della fisica risulta fondamentale non come attività a sé stante rispetto alla fisica, ma per darci una comprensione effettiva della stessa fisica, per riappropriarci meglio della stessa fisica, e, in generale, vista la portata delle connessioni, per darci una comprensione della nostra forma di vita, del nostro modo di essere nel mondo.

Fin dove risalire, allora, per scorgere le origini della fisica? Molti corsi di storia partono da Galilei per caratterizzare la nascita della fisica come disciplina separata dalla filosofia, "scientifica". Ma è realmente possibile comprendere la fisica di Galilei senza confrontarla con la fisica medievale e aristotelica rispetto alle quali si è differenziata? Ed è possibile comprendere la fisica di Aristotele senza confrontarla con la fisica di Platone e con quella pre-socratica, rispetto alle quali si è differenziata costituendosi? Ed è effettivamente possibile comprendere la fisica pre-socratica senza tenere conto del sapere fisico-astronomico di cui è pure piena la mitologia? Il problema dei linguaggi, sopra accennato, ci fa comprendere che in effetti risalire alle origini della fisica implica risalire al costituirsi e al differenziarsi delle stesse pratiche simbolico-culturali a partire dalle "pratiche naturali", alle origini dei segni e dei numeri: alla loro preistoria. E la cultura non è sorta dal nulla, ma a partire da un'evoluzione genetico-biologica.

Invero, credo che si debba superare un approccio storiografico astratto e teoretico che cerchi di individuare "oggetti storici" da un punto di vista "esterno". Ritengo che un'effettiva comprensione storica di ogni disciplina, della filosofia come della teologia, della scrittura di testi come della stessa fisica, richieda di considerarle come effettive pratiche umane correlate ad altre pratiche umane, come parte di un'autocomprensione della "vita fattizia" storica, individuale e collettiva dell'umanità nel mondo.

Era stato questo anche il tentativo di Heidegger nei suoi primi corsi a Freiburg, in cui aveva delineato i limiti e le "deviazioni", l'autocomprensione falsata della vita propria di quelle pratiche teoretiche che astraggono dalla vita, paradigmatiche, a partire dal pensiero antico greco, di tutta la filosofia occidentale come della scienza, caratterizzanti la conoscenza come separata dalla vita fattizia e operanti, di converso, un processo di de-vitalizzazione e di de-naturalizzazione della stessa vita. A tali pratiche teoretiche separate dalla vita, Heidegger contrapponeva l'autocomprensione (storica) autentica della vita fattizia storica nel mondo nell'esperienza del cristianesimo originario, che derivava da un'interpretazione dei più antichi testi delle lettere di Paolo (la lettera ai Galati e le due lettere ai Tessalonicesi). Già qualche anno dopo, Heidegger tradirà in effetti tale proposito radicale di comprensione

inevitabilmente storica, ontologizzerà il suo pensiero nel tentativo di una fondazione puramente filosofica di una teoria generale, universalmente valida, di una “analitica” dell’esistenza e dell’essere, staccata dall’esperienza storica e dalla vita fattizia: i corsi di Freiburg, pubblicati solo da qualche anno e ancora poco studiati, sono fra l’altro perlopiù interpretati in continuità, come meri antecedenti storici di, *Sein und Zeit*, senza che se ne comprenda l’irriducibile “rivoluzionarietà” perduta negli sviluppi successivi.

Per quanto riguarda la questione del tempo nella fisica non è stata ancora posta nei termini di un’autocomprensione della vita fattizia, storica, nella natura: Heidegger ha delineato alcune caratteristiche generali della scienza moderna, ancora una volta dal punto di vista di una astratta ermeneutica generale, perlopiù senza alcuna prospettiva storica e appunto avulsa dalle trasformazioni onto-teologiche della vita “cristiana” in cui si radica e dalle quali radicalmente invece si discosta nella fisica contemporanea. La questione del tempo nella fisica contemporanea è altresì all’attenzione di alcune prospettive scientifiche ed epistemologiche, ma non è stata mai posta in tutta la sua complessità e radicalità che la riconnetta alla vita fattizia nella natura, come parte della natura.

2. Preistoria dei segni e del numero. Mitologia

Il problema dell’origine del linguaggio è molto complesso, e molto varie sono le posizioni tenute dagli studiosi. Una ricostruzione di tale origine è quindi molto "soggettiva". E' noto che gli animali si scambiano segnali "naturali", corporei. E' probabile che il primo linguaggio umano sia altrettanto un linguaggio puramente corporeo e gestuale, e che ci sia stata una prima fase dell’esperienza umana mediata soltanto dal linguaggio del corpo: gesti per comunicare, e una sorta di prima percezione qualitativa del numero, seguita da un uso del corpo per numerare (con le dita) o per misurare (braccia, etc.). Il linguaggio dei gesti è costituito da segni che sono assimilabili a riproduzioni semplificate di azioni e situazioni, piu' difficilmente da "rappresentare" direttamente. Tuttavia, il linguaggio dei gesti non aveva sufficiente duttilità per la comunicazione, e le parole potrebbero essere nate in connessione ai gesti imitativi fatti con la bocca. A sua volta, si può ritenere che anche i pittogrammi, oltre ad essere eventualmente legati all’elaborazione delle tracce di prede-animale insegue ed osservate nella caccia, potrebbero essere sorti in connessione alla "rappresentazione" semplificata di gesti: si è visto, per esempio, come i piu' antichi ideogrammi cinesi siano derivabili da gesti manuali. Il linguaggio con segni "artificiali", ovvero non piu' corporale-naturale e non piu' con meri segnali acustici, ha senz’altro un’origine comunicativa, "comunitaria" all’interno di gruppi della specie umana e non "privata"-individuale, e come presupposto "tecnico" il fatto che la

nutrizione non è piu' legata a comportamenti naturali diretti e immediati ma è correlata a delle "tecniche" come la caccia e a degli strumenti-utensili. Così, un linguaggio verbale articolato e una piu' o meno contemporanea scrittura pittografica o ideografica, che in un primo tempo era incapace di rendere i segni acustici e viceversa, caratterizzerebbero grosso modo una seconda fase dell'esperienza umana, legata alla mediazione "artificiale" del cosiddetto (oggi) linguaggio "naturale". Tale linguaggio è inizialmente "olofrastico", ovvero descrive una situazione-azione (il linguaggio ha un'origine pragmatica, "performativa" o legata alla realizzazione di azioni, e "indicativo-ostensiva", non meramente "denotativa" di "oggetti") nella sua interezza attraverso un unico segno, ovvero senza parti differenziate del discorso ed equivalente ad una frase completa del successivo linguaggio fonetico-alfabetico.

Solo dopo sarebbe seguita una terza fase legata ad un linguaggio verbale con parti differenziate del discorso corrispondente ad una scrittura fonetica alfabetica, e, sebbene non legato ad uno sviluppo globale uniforme, probabilmente corrispondente ad una società piu' complessa dei gruppi primitivi, con una divisione dei compiti "tecnici", di "lavoro" come dominio della natura e delle altre specie viventi.

Non si sa esattamente quando l'uomo abbia iniziato a contare o numerare, ma certamente ci sono state piu' origini locali, e ancora oggi ci sono popolazioni "primitive" che non conoscono il linguaggio dei numeri o che si limitano all'uno, al due e a una indeterminata "moltitudine" a cui è assimilato il tre. Ciò corrisponde al fatto che in una percezione-visione diretta e rapida di esseri o processi (seppure già mediata dall'idea del numero) non riusciamo a distinguere piu' di quattro elementi, e un numero ulteriore è indeterminato alla percezione se non si inizia a contare. La tecnica "primitiva" di "numerazione" consistette in un confronto, in una corrispondenza bi-univoca unità per unità fra elementi appartenenti a gruppi diversi, permettendo di avere un'idea del numero senza formulare effettivamente i numeri. E' certo che la pratica linguistica dei numeri, e quindi l'aritmetica, abbia avuto la sua origine in una procedura in cui non era importante distinguere a livello qualitativo gli esseri o i processi, ovvero quando questi sono stati assimilati a degli "oggetti" senza qualità individuali: oggetti-prede di caccia o di pesca, o di allevamento o di coltura, e quindi oggetti-cibo di fagocitazione. La caccia, la pesca, l'allevamento e l'agricoltura sono i presupposti "tecnici" dell'aritmetica, legati al dominio dell'uomo sugli altri viventi uccisi o sfruttati. Ed è anche chiaro che il linguaggio aritmetico dei numeri, seppure legato così anche ad esigenze comunicative di gruppi della specie umana e non "privato", si sia potuto sviluppare effettivamente non in quanto parlato ma in quanto scritto, inizialmente in forma pittorico-ideogrammatica (di cui è residuo-traccia il linguaggio geometrico, sorto in stretta connessione ad una rappresentazione dell'aritmetica come dimostra la successiva aritmo-geometria pitagorica) e poi in forma fonetica attraverso una primordiale corrispondenza tra cifre e lettere

alfabetiche. E certamente in relazione a società complesse che producono cibi, uccidendo e assoggettando individui di altre specie viventi in grandi quantità in relazione ai corrispondenti bisogni nutritivi.

Le origini dell'uomo sembrerebbero risalire a due milioni circa di anni fa, ovvero all'era quaternaria del neozoico. E' possibile fare un'archeologia del linguaggio già per quell'era, e un'archeologia del mito già relativa al Pleistocene, intorno a seicentomila anni a. C. Alcuni ritengono che vi furono progressi negli "strumenti" della comunicazione umana già nel tardo paleolitico in corrispondenza al miglioramento degli strumenti-utensili e nell'arte grafica, ma è più probabile, come afferma A. Sommerfelt, che

"i sistemi linguistici arcaici, usati durante le migliaia di centinaia di anni dell'epoca paleolitica, non abbiano subito mutamenti sostanziali prima della "rivoluzione" neolitica, allorché l'uomo imparò a produrre il cibo con la coltivazione delle piante e con l'addomesticamento degli animali. Come per l'epoca paleolitica, a noi manca una conoscenza diretta delle lingue parlate dai popoli che passarono attraverso la "rivoluzione" neolitica" (tale rivoluzione è situata intorno al nono millennio a. C.).

L'origine del linguaggio articolato risalirebbe al quarto millennio a. C. e tra i Sumeri della Mesopotamia la scrittura fonetico-alfabetica corrispondente venne usata verso la fine di tale millennio, in relazione al sorgere della civiltà urbana verso il 3500 a. C. (e pressoché nello stesso periodo tra gli Egiziani). Almeno dal 3000 a. C. si conservarono campioni di pesi e di misure, e le prime cifre sumeriche risalgono ad un periodo compreso tra il 3300 e il 2850 a. C.

A quattrocentomila anni fa risalirebbe invece la "scoperta" della "tecnica" del fuoco (presso i Sinantropi della Cina) anche se il suo uso diffuso effettivo avvenne molto più tardi (almeno verso il 2500 a. C., neolitico evoluto). Il fuoco permise all'uomo di dominare definitivamente gli altri animali, di vivere al di fuori delle caverne, di osservare molto di più il cielo e di cambiare quindi "forma di vita": il fuoco come "tecnica" a disposizione dell'uomo permise una "rivoluzione" nel mondo animale e il dominio pressoché assoluto dell'uomo. Il mito, che caratterizza l'esperienza umana del mondo almeno fino al seicento a. C. per l'Occidente, è una forma di rappresentazione degli eventi della vita in termini di lotte di "potenze" divinizzate in quanto superiori alla potenza umana: le divinità primitive sono divinità animali e legati alle potenze della natura, e in particolare agli astri che regolano il corso della vita terrestre e umana. L'uomo passò molto presto da un iniziale regime dietetico vegetariano ad uno carnivoro soprattutto per la credenza di poter così inglobare e assorbire in sé la potenza "divina" dell'animale mangiato. L'uso del fuoco e per suo mezzo il dominio sugli animali portarono a poco a poco ad una sostituzione

graduale delle divinità animali terrestri: il fuoco fu associato al sole, mitizzato e legato appunto a divinità solari celesti predominanti a cui si sacrificarono animali in contraccambio del "dono" del fuoco.

Questo determinò una sorta di "rivoluzione copernicana" *ante litteram* nella mitologia e nell'esperienza umana del mondo. Successivamente, questo si associò anche ad una caratterizzazione maschile delle divinità celesti, in contrapposizione alla caratterizzazione femminile-matriarcale delle divinità terrestri. Il numero divenuto "strumento" e "tecnica" di dominio degli animali e del cibo fu pure associato, come il fuoco, alle divinità celesti e si originò già all'interno della mitologia una proto-astronomia o proto-fisica del cielo o della luce, dei movimenti regolari degli astri-dèi basata sul numero, quantitativa e legata ad una "divinazione" astrologica (le costellazioni furono inventate dai Sumeri intorno al 2000 a. C.). Lo sviluppo di una tale astronomia quantitativa, di una fisica del cielo basata sull'"oggettività" del numero fu alla fine determinante per l'abbandono nel mondo greco del "paradigma" del *mythos* in favore del *logos* come rapporto-misura (estensione metaforica del numero), ad esso contrapposto come sapere certo, incontrovertibile e "oggettivo", ovvero come espressione del mondo stesso, e non più "poietico": il mito fu abbandonato come rappresentazione o copertura "ideologica" - potremmo dire in termini moderni - come descrizione "fantastica" troppo legata ai desideri "soggettivi", umani. Il passaggio dal *mythos* al *logos* è pure legato alla transizione da una cultura basata sull'oralità ad un'altra basata sul pre-dominio della scrittura.

Georges Ifrah nella sua *Storia universale dei numeri* fa notare che mentre nei vari miti il dono della scrittura è associato a un dio, non si parla del dono delle cifre o dei numeri; invece, i magi di Babilonia identificavano gli stessi dèi con i numeri in ordine decrescente in corrispondenza ad una gerarchia divina (60 corrispondeva ad Anu, dio del cielo, e richiama la grande base sessagesimale dell'aritmetica sumero-babilonese; 50 ad Enlil, dio della terra; 40 o 20 ad Enki o Ea, dio delle acque; 15 ad Innina-Ishtar dea-Venere; etc.)! Guy Trévoux, nel suo libro *Lettere Cifre e Dei* scrive che

"tanto i miti dell'India védica quanto i graffiti preistorici di Cogul, in Spagna, ci dicono che, intorno all'anno 4000 prima della nostra era, la divinità suprema veniva evocata sotto forma di trinità, o meglio, di una enneade, vale a dire una triade, ognuna delle cui tre componenti era, a sua volta, esprimibile con una trinità...La prima divinità suprema sarebbe stata identificata con la Luna. In effetti essa regola le maree, il mutamento del tempo, il movimento della linfa nei vegetali, provoca il ciclo mestruale delle donne, gli eccessi d'umore negli esseri umani e negli animali, ma, soprattutto, questo corpo celeste è in grado, nelle eclissi, di oscurare il Sole mentre non può avvenire mai il contrario. parve dunque logico ammettere che la Luna determinasse la distribuzione delle fortune e delle disgrazie all'intero universo, in un campo che spaziava dal Cielo agli Inferi. Fu così che la Luna

venne considerata "dea" da popoli ai quali pareva assurda la concezione di un "dio" creatore della natura, anche proprio per pura legge naturale, mentre appariva loro ovvio che una divinità femminile potesse generare le creature, assumendo in tal modo il ruolo di matrice universale, di Grande Madre. Altri popoli l'identificarono in un dio, in particolare i Germani, anche se è possibile che essi pure, all'origine abbiano attribuito la creazione dell'universo ad una dea. Per simboleggiare il suo dominio sulle energie della natura, sia selvagge sia domate, gli artisti associarono alla figura della Grande Dea quella di due animali: il leone, simbolo delle forze selvagge (meno spesso una tigre o un serpente...) e la vacca simbolo delle forze domate (meno spesso una capra, una pecora o altri animali domestici)...la Grande Dea ricevette differenti nomi, a seconda dei santuari a lei dedicati. In Grecia essa fu, di volta in volta, Écate, Éra, Demetra Athena, Artemide, Urania, etc. A nomi differenti corrispondevano differenti aspetti del carattere e differenti attributi. L'Artemide di Efeso aveva mammelle di scrofa e l'Hathor egizia una testa di vacca. L'assimilazione alla Dea della scrofa o della vacca, animali estremamente utili in agricoltura, indicava una particolare venerazione per la dea stessa. Si trattava, forse più semplicemente, di un'adulazione intesa a mascherare il timore che si aveva di lei in realtà. La si designava perciò "La Buonissima", "La Madre", "La Vergine", "La Purissima", mentre la si sarebbe più volentieri qualificata con epiteti contrari, dato che alla dea erano attribuite tutte le disgrazie dell'esistenza umana così come le poche cose piacevoli da essa parsimoniosamente elargite. Queste differenti rappresentazioni della dea influenzarono i poeti e i teologi dei tempi antichi. Essi stabilirono un parallelo tra le sue metamorfosi e i mutamenti delle stagioni. Raffigurata come una fanciulla, esprime la primavera; come una madre, l'estate; come una vecchia, l'inverno. essi stabilirono pure un ulteriore parallelo tra la Dea e gli aspetti della Luna. Così il primo quarto venne rappresentato dalla Dea fanciulla, gioiosa e benefica; la Luna Piena era la Madre, in tutta la sua gloria ma pure nel suo regale distacco; l'ultimo quarto era la tetra Carabosse, ovvero la madre di tutti i dolori. La spiegazione mitica della Luna Nuova, invisibile all'occhio umano, fu la favola per cui la Luna scendeva agli inferi ogni venti giorni: Demetra alla ricerca di Persefone. Un racconto dello stesso tipo narrerà più tardi che gli eroi solari debbono trascorrere agli inferi i tre mesi dell'inverno. Prova ne è che l'anno sacro degli Etruschi contava solamente nove mesi, non facendone parte i tre mesi invernali. Ma ben prima delle epopee degli dèi solari, la Dea-Madre, o Grande Dea, o Dea-Luna, come la si voglia chiamare, convenendole egualmente ognuno di questi nomi, aveva ricevuto differenti rappresentazioni. Si pensò di riunirle in forme triplici, per ricordare l'originaria immagine della Dea tra i suoi due padri. Si ricorse anche alla raffigurazione dei tre aspetti della Luna, due di senso contrario, primo ed ultimo quarto, racchiudenti il terzo, il disco della luna piena. La Grande Dea divenne in tal modo la Triplice Dea e ognuna delle componenti della sua trinità era ricollegabile ad una parte del mese lunare e ad una stagione dell'anno. In effetti, in certi periodi, in alcune civiltà, vennero considerate soltanto tre stagioni dell'anno: la primavera, l'estate, e l'inverno. L'autunno appare solo con gli ultimi invasori dell'Ellade. E poiché il tempo degli dèi obbediva più ai poeti che alla meccanica celeste, questi non esitarono a chiamare tanto Ore quanto Stagioni queste tre suddivisioni dell'anno. Prima dell'invasione innovatrice, gli Elladi chiamavano Écate la Dea Suprema e la immaginavano con tre corpi o con tre teste di animale: di leone, di cane, di cavallo. E' chiaro che furono i pensatori, i teologi e i poeti del tempo, più

che gli artisti, ad essere sedotti da un simile modello. Leone, Cane e Cavallo erano, del resto i nomi di costellazioni la cui posizione nel cielo, a certe ore della notte, corrispondeva all'inizio di ogni stagione...Ecco dunque la ragione per cui tutte le religioni, tutte le organizzazioni iniziatiche esoteriche hanno una particolare predilezione per il numero tre..."

3. Il tempo nel mito

In origine, come spiega Marie-Louise von Franz nel suo *Psiche e materia*, il tempo fu concepito e vissuto come una divinità o una sua manifestazione. La distinzione di passato, presente e futuro, per noi ovvia, non aveva una sua realtà definita. Gli Indiani Hopi non hanno come esprimibile nella loro lingua questa distinzione, e anche i bambini distinguono ritmo, rapidità e frequenza molto prima di sviluppare un "senso" del tempo. Il tempo era per l'uomo primitivo il "segreto divino" del flusso vitale stesso.

"Perciò gli antichi Greci equiparavano il tempo al fiume Oceano, che circonda la terra e abbraccia il cosmo come un flusso o come un serpente che si morde la coda, che porta sul suo corpo lo zodiaco. Questo fiume si chiamava anche Chronos (tempo) e fu in seguito equiparato a Crono, padre di Zeus, e al dio Aion. Aion significava anzitutto il succo vitale che pervade ogni essere, dunque il suo tempo vitale e il suo destino. Superava in durata la morte, in forma di serpente. In quanto acqua universale e Oceano, creatore e distruttore dell'essere, possedeva forza generatrice. Ferecide insegnava che la sostanza primordiale del mondo era Chronos (tempo), da cui erano nati fuoco, aria e acqua. Oceano, pertanto, era anche l'anima cosmica. Nell'Ellenismo questo dio Chronos-Aion fu equiparato al dio persiano del tempo, Zurvan. I Persiani distinguevano uno Zurvan akarana (tempo infinito) da uno Zurvan dareghochvadbata (il tempo di lunga durata). Quest'ultimo, che portava distruzione e morte, fu anche equiparato con Ahriman, il principio del male. Nei circoli orfici e mitraici ambedue gli Zurvan venivano visti come dio Aion. Un testo lo invoca con le seguenti parole: "Salute a te, dimora totale dello spirito dell'aria, salute a te, spirito, che penetri dal cielo sulla terra e dalla terra sino ai confini dell'abisso (...) spirito, che penetri in me, mi abbracci e mi attraversi, nel bene, secondo il volere di Dio, salute a te, inizio e fine della natura irremovibile (...) servo del raggio di sole, fulgore del mondo (...) grande, grandissima, illimitata struttura del mondo, spirito celeste, eterico (...) che hai forma d'acqua, terra, fuoco, vento, luce, buio, spirito fulgido umido-igneo-freddo come una stella (...) dio degli dèi (...) dio degli eoni (...) signore del tutto"...Questo dio mitraico assimilava in parte tratti del dio Sole egizio, Ra, che era anche <<signore del tempo>>. A ogni ora del dì e della notte egli mutava forma. Così, ad esempio, entrava e usciva dagli inferi come coccodrillo. Al momento della sua risurrezione, dopo mezzanotte, prendeva la forma del doppio leone Ruti-<<ieri e oggi>>. Anche Osiride e ogni essere risuscitato, divenuto dio, dice di sé: <<Sono l'ieri, l'oggi e il domani>>; vive nella <<casa dell'eternità>> o <<casa di milioni di anni>>. Gli Egizi simboleggiavano il tempo infinito accanto al dio Sole anche attraverso un dio speciale, Heh, che porta il segno della vita, Ankh, al

braccio destro. In Egitto, come in Grecia, il tempo era associato con il serpente, incarnava la vita e la salute dell'individuo; ogni uomo era accompagnato da un <<serpente-tempo della vita>>, che garantiva anche la sua sopravvivenza dopo la morte. La stessa simbolizzazione archetipica del tempo come divinità e come flusso di vita e morte si trova anche in India. Nella *Bhagavadgita* (IV-III sec. a. C.) il dio Krishna si manifesta...: <<Sono il tempo che annienta tutto il mondo, apparso per afferrare tutti gli uomini>>. Non solo Krishna, ma anche Shiva rappresenta il tempo...Shiva si dice anche Maha Kala, Grande Tempo, o Kala Rudra = <<tempo che tutto divora>>... In Cina, come è noto, la divinità suprema non fu sempre intesa in senso personale, eppure anche qui il tempo è un aspetto dell'ultimo principio primordiale, dinamico e creativo, appartenente al principio maschile Yang, che nel sistema oracolare di *I Ching* viene illustrato da una linea intera; lo spazio appartiene al principio Yin (che in *I Ching* viene simboleggiato da una linea spezzata). Insieme essi rendono manifesto il Tao, l'occulta legge del mondo. <<Il creativo agisce nell'invisibile e il suo campo è lo spirito, il tempo...Tre linee Yang formano il segno Kiän, il cielo, il che implica un suo inarrestabile movimento circolare con una potente durata nel e attraverso il tempo... Yang e Yin non sono potenze cosmiche, bensì ritmi cosmici alternantisi. In Cina il tempo veniva inteso non come un parametro astratto, o un vuoto quadro di riferimento. La parola <<tempo>>, *che*, significa piuttosto una situazione temporale, valida o non valida per agire. <<Spazio e tempo, componendo una totalità di condizioni determinate e determinanti, si presentano costantemente come una totalità concreta (...) duratura>>, simile ad un insieme di eventi. Ciò che <<raggruppa>> tali eventi si chiama *chin* (durata)...Talvolta, tuttavia, il tempo non ha una durata. In quanto embrionali, le cose sono ancora al di fuori del tempo e possono allora essere influenzate dall'uomo; solo quando entrano nella durata temporale divengono fatti inalterabili. Anche nella rappresentazione del tempo dei Maya e degli Aztechi si trova la stessa relazione fra il tempo e l'energia cosmica creativa, che scaturisce dalla divinità. La più frequente parola Maya per designare il tempo, *kin*, viene descritta perlopiù con i geroglifici ...che significano <<sole>> e <<giorno>>...Presso gli Aztechi il tempo era associato con la divinità suprema Omoteotl, creatore, padre e madre di tutte le cose...<<signore del fuoco>> e <<signore del tempo>>. Questo dio primordiale creò innanzitutto altri quattro dei: Tezcatlipoca, rosso in Oriente, nero a Nord, bianco ad Ovest, blu a Sud... I quattro Tezcatlipoca crearono inoltre tutte le altre cose, e solo con loro lo spazio e il tempo apparvero realmente...Sono stati accennati in precedenza due aspetti del tempo: il carattere lineare irreversibile e quello circolare. La seconda concezione sembra predominare in quasi tutte le culture primitive e poggia presumibilmente sull'osservazione del movimento regolare degli astri e sull'alternarsi delle stagioni: vi alludono il flusso oceanico circolare e il serpente che si morde la coda. Crono-Chronos fu persino denominato direttamente l'<<elemento rotondo>>, il <<datore di misura>>. Macrobio scrive: <<In quanto solida misura, il tempo deriva dal movimento del cielo. In esso inizia il tempo, da esso scaturì, a quanto sembra, Crono, che è Chronos (tempo)...>>... Nella cultura indiana domina la rappresentazione ciclica del tempo, l'unità temporale era un'era, uno yuga (360 dèi-anni)... La Cina aveva del tempo una concezione ciclica e una lineare e quella sottesa all'antico libro di *I Ching* era illustrata in due modelli di tempo circolare (mandala del tempo). Uno era l'<<ordine del cielo>> preistorico... L'ordine del cielo preistorico era associato inoltre con un mandala di numeri, Ho-t'u...Il

suo ritmo interno si ripete continuamente nella sua disposizione. Si tramanda che il re Wen e il duca Chu, prigionieri del tiranno Chu Hsin (circa 1150 a. C.) scoprirono un nuovo ordine temporale, denominato <<ordine del cielo piu' tardo o interno all'universo>>, in cui i trigrammi non sono piu' raggruppati come coppie di opposti, bensì descritti in una *sequenza temporale*, quale si manifesta durante il ciclo annuale nella realtà terrena. Essa illustra l'azione di Dio nella natura. L'ordine piu' antico sottolinea la durata, il piu' recente il movimento, entrambi però sono circolari. L'ordine piu' recente era certo associato ad un mandala numerico, al Lo-chu (ordine del fiume Lo), e valeva come modello numerico fondamentale dell'universo... Essi possedevano naturalmente anche un sistema temporale astrologico simile al nostro, il cui zodiaco contiene però altre figure, e i segni valgono per gli anni e non per i mesi, come da noi. I calendari dei Maya e degli Aztechi mostrano affinità con quello dei Cinesi. I Maya non consideravano il tempo solo come una divinità (il dio Sole); ma ogni anno, mese, giorno e persino ogni ora erano identici ad un numero e ad un dio. Lo stesso vale per gli Aztechi...i Babilonesi cominciarono ad osservare i movimenti delle stelle ed a fissarli in valori numerici: in questa processione di dèi (o archetipi) scoprirono un ordine che poteva essere espresso in numeri...Anche gli dèi del tempo degli Aztechi e dei Maya erano numeri, e i Cinesi associavano parimenti l'ordine degli astri ai numeri...In Cina il contare era strettamente connesso con la predizione del futuro...Mi sembra tuttavia che si debba approfondire il nesso del tempo col numero. Se Alexander Marshak ha ragione, uno dei piu' antichi giochi degli uomini paleolitici consisteva nell'incisione di numeri su pietre e ossa per stabilire il tempo. Le marcature servirono dall'inizio a calcolare le date del calendario. Questo gioco, secondo Marshak, rappresenta l'inizio della civiltà. Anche nell'antica Cina numero e tempo erano essenzialmente legati, benché in un altro senso. I Cinesi trattavano come insignificante il numero nel suo ruolo di indicatore di quantità: come afferma Granet, per loro il numero era un <<emblema>> qualitativo (o simbolo) che però esprimeva sicuramente, come da noi, <<corrispondenze regolari dell'essere>>. Simboli numerici rispecchiano in un ordine gerarchico determinati modelli fondamentali dell'universo, e forniscono <<informazioni sull'insieme di tutte le circostanze spaziali e temporali>>. Qui subentra il tempo, poiché questi aspetti legati alle circostanze si manifestano in una sequenza temporale, i cui numeri variano nel corso del tempo e rappresentano ognuno un momento temporale qualitativamente diverso...In questo senso *il tempo consiste di fasi ordinate di trasformazione della totalità cosmica*. I Maya definiscono *kin* il tempo, attraverso l'immagine di un elemento statico, un fiore, e di un elemento fluido, la <<freccia solare>>".

Si profila qui anche un'altra possibile origine dei numeri non legata ad una tecnica violenta, ma al flusso temporale della vita e del mondo. Sono stati, tuttavia, Giorgio de Santillana e Hertha von Dechend, nel loro famoso libro, *Il Mulino di Amleto. Saggio sul mito e sulla struttura del tempo*, ad evidenziare l'importanza di queste concezioni mitiche in relazione alla scienza:

"Fu l'attenzione agli eventi celesti a plasmare le menti degli uomini prima della storia documentata: ma poiché non esisteva ancora la scrittura, questi pensieri sono scesi - per dirla con gli

astrofisici - al di là dell'«orizzonte dell'evento». La loro sopravvivenza è affidata unicamente a frammenti di racconti e di miti, giacché questi costituivano l'unico linguaggio tecnico di allora. Eppure questa organizzazione del cielo, questo dare un nome alle costellazioni e seguire i percorsi dei pianeti, presuppone una grandiosa impresa intellettuale...Ci sarebbe di che meravigliarsi per questo ossessivo interesse per gli astri e il loro moto, non fosse per il fatto che quei primi speculatori credevano di aver localizzato gli dèi che reggono l'universo e con esso il destino delle anime quaggiù e dopo la morte...Aristotele si rivela chiaramente consapevole del fatto che la sua ricerca filosofica aveva avuto inizio con loro. E' doveroso prestare attenzione alle informazioni cosmologiche contenute nel mito antico, informazioni di caos, di lotta, di violenza. Non si tratta di mere proiezioni di una coscienza perturbata, bensì di tentativi di raffigurare le forze che sembrano aver partecipato alla formazione del cosmo. Mostri, Titani, giganti avvinti in lotta con gli dèi e protesi a scalare l'Olimpo, sono funzioni e componenti dell'ordine che alla fine viene ad instaurarsi. Una distinzione appare immediatamente chiara. Le stelle fisse sono l'essenza dell'Essere, il loro consesso rappresenta i consigli nascosti e le leggi implicite che governano il Tutto. I Pianeti, visti come dèi, rappresentano le Forze e la Volontà: tutte le forze esistenti, ciascuna vista come un particolare aspetto della potenza celeste, ciascuna un aspetto della spietata necessità e precisione espresse dal cielo. Si potrebbe anche dire che, mentre le stelle fisse rappresentano il potere regale, silenzioso e immobile, i pianeti sono il potere esecutivo. Sono in completa armonia? Questo è il sogno che la mente contemplativa è andata sempre ripetendo, il sogno che Keplero cercò di fissare mettendo sulla carta le note della sua «Armonia delle Sfere». Questa è la fede, espressa da certi pensatori antichi, in un Grande Anno, nel quale tutti i moti avrebbero riportato tutti i pianeti alla medesima configurazione originaria. Ma i calcoli diedero ben presto origine a dubbi e, col dubbio, all'angoscia. Assai rare sono le dichiarazioni tecniche esplicite di queste idee. Eccone una, tratta dal *Libro dei morti* egiziano; è Osiride che parla: «Salve o Thot! Che cos'è questo che è accaduto ai divini figli di Nut? Hanno combattuto, hanno sostenuto la contesa, hanno fatto strage, hanno provocato guai... E tu non vedi il male né ti lasci provocare all'ira quando essi *portano alla confusione i loro anni e si accalcano e spingono per distruggere i loro mesi* ; perché in tutto ciò che ti hanno fatto *hanno operato iniquità in segreto*»... Sarà l'idea di misura, dichiarata o implicita, a mostrare il delitto fondamentale di questi «peccatori»: l'aver oltrepassato o 'trans-gredito' il grado preordinato, e ciò viene inteso alla lettera...Così aveva fatto anche Saturno, l'*auctor temporum*, con il drastico provvedimento con cui effettuò quella «separazione dei genitori del mondo»? che rappresenta il distacco dell'asse dell'equatore da quello dell'eclittica, e prima della quale non esisteva il tempo. Questi «genitori uniti» - chiamati impietosamente «caos» da Macrobio - si risentirono della rottura dell'eternità originaria da parte delle forze che operavano iniquità in segreto... Gradatamente, il sole equinoziale era stato estromesso dal «segno» occupato nell'Età dell'Oro e si era diretto verso condizioni e configurazioni nuove. Ecco l'evento spaventoso, il delitto inespiable attribuito ai figli del Cielo: avevano spinto il sole fuori posto, ed ora esso era in movimento, l'universo si era guastato e nulla, nulla -né giorni, né mesi, né anni, né sorgere e calare di stelle - sarebbe mai ritornato al proprio giusto posto. Il punto equinoziale era avanzato pian piano... L'infernale premere ed incalzare dei Figli del Cielo aveva separato i genitori, e la macchina del tempo aveva cominciato il suo

moto eterno, recando nelle parole delle Scritture, <<un nuovo cielo e una nuova terra>> a ogni nuova età... La riscoperta delle pedine del gioco sparse sull'erba, già narrata nelle *Völuspá*, diventa più chiara se si pensa al *Rg-Veda*, dove è detto che gli dèi stessi s'aggirano come *ayas*, <<gettate di dadi>>, e diventa ancor più comprensibile se si considera che il nome delle età del mondo in India (*yuga*) è stato tratto dalla terminologia del gioco dei dadi...in vari tipi di <<protoscacchi>> (per usare un'espressione di J. Needham) si faceva uso ad un tempo della scacchiera e dei dadi: il numero della gettata determinava la pedina da muovere... e gli scacchi erano chiamati <<battaglie planetarie>> dagli indiani e <<Guerra Celeste o Gioco dell'Astrologo>> ancora nell'Europa del XVI secolo; la scacchiera cinese, a sua volta, raffigura la Via Lattea che divide i due campi...viene in mente un altro <<Crepuscolo>>, quello del *Kumulipo*, mito cosmogonico polinesiano delle Hawaii. <<Sebbene noi abbiamo l'origine di tutte le cose dal caos, questo caos è semplicemente il relitto e la rovina di un mondo precedente>>".

E, nelle sue *Riflessioni sul Fato*, de Santillana precisa:

"Al di là dell'Egitto e di Babilonia, al di là anche dei Sumeri e delle Civiltà dell'Indo si comincia oggi a discernere i lineamenti colossali di una vera astronomia arcaica, quella che fissò il corso dei pianeti, che dette il nome alle costellazioni dello zodiaco, che creò l'universo astronomico - e con esso il cosmo - quale lo troviamo già pronto quando comincia la scrittura, verso il 4000 a. C. ...Un nome più esatto sarebbe <<aritmofia astrale>>, nel senso che rimaneva ancor vivo nel pensiero pitagorico. Ma ciò che ne conosciamo attraverso la Grecia era un solo aspetto, quello intellettualmente più vicino a noi. Il centro vero è più indietro nel tempo, intorno al V millennio a. C., quando molti motivi e livelli di pensiero s'intrecciavano in un tutto che aveva la sua compattezza e formava una visione unitaria ... E la sua prodigiosa creatività intellettuale ci è documentata altresì sul terreno della tecnologia; poiché da allora data la <<rivoluzione tecnologica>> che doveva fornire all'antichità i suoi mezzi di presa sulla natura, dalla coltura del grano alla preparazione dei metalli, alla tessitura, alla ceramica, alle grandi tecniche edificatorie. Sarebbe un'epoca imponente nella nostra coscienza se avesse potuto lasciare memoria scritta di sé...Ma i suoi documenti si ritrovano nel paesaggio coltivato, nelle immagini, nel mito, nella tradizione molte volte dispersa e frammentata ma in cui si ravvisano come i pezzi di un *puzzle*, ingegnose costruzioni narrative che si erano venute diffondendo e che, ricomposte almeno in parte, si rivelano essere il primo linguaggio scientifico. Non è un'idea nuova questa, perché già era stata adombrata dagli storici dell'astronomia del secolo XVIII, ripresa nel secolo scorso da non pochi grandi orientalisti; ma solo adesso, grazie alle scoperte dell'etnologia culturale e alla pubblicazione di testi antichi, essa comincia a venire in giusta luce. Né mancano i riferimenti a questa tradizione nella letteratura classica, ma veniva presa dai filologi per mitografia barocca, come in Apollodoro, Nonno Panopolita, Licofrone, fin nei commentatori dotti come l'Ovidio dei *Fasti*, come Macrobio e Marciano Capella. Non era così facile levarsi di mezzo il Platone del *Timeo*, ma lì si faceva appello alla ben nota fantasia platonica dinché le stesse idee non apparvero nei testi superstiti di altre civiltà. Questo pensiero è stato in essenza una cosmologia. E non, come si crederebbe, una prima forma del cosmo animistico e magico del Rinascimento, ma un cosmo strettamente astrale, in cui

tutto si pensa in termini di moto regolare e misurato. Tutto il reale si impernia sulle potenze stellari: chi comanda il mutamento sono i pianeti. Che gli dèi antichi fossero in origine i pianeti, questo ce lo dice Aristotele in un passo non abbastanza rilevato della *Metafisica* (1074 b 12). Il culto solare, sul quale si è tanto architettato nel secolo scorso e che in verità sembrerebbe ben naturale, appare solo episodicamente nel tempo storico. Nei tempi arcaici o protostorici, la funzione del sole sembra essere stata di provvedere la misura assoluta di tempo, quella che in Omero riappare come la <<corda aurea>>. La potenza assoluta è negli dèi planetari, che si combinano in vari modi con le costellazioni per presentare le varie configurazioni del potere. Così le stelle dell'Orsa, che mai non tramontano, sono per così dire altre sedi del potere degli astri mobili... Così è nata per prima una vera scienza dei moti celesti, opera di genii ignoti, i Keplero e i Newton di quei millenni aboliti, i quali seppero tracciare percorsi molteplici convolti e intrecciati degli astri nel cielo. Che intensità di attenzione ci volesse, che capacità di analisi, che ritentiva di memoria sono cose da non comprendersi: ma possiamo farcene un'idea dai navigatori polinesiani, giunti alle soglie dei nostri tempi ancora paleolitici e prealfabeti; i cantari di migliaia di versi che comprendono cosmogonia e astronomia tutto in uno ci sono giunti attraverso i secoli affidati alla memoria senza la minima variante, perché dovevano esprimere cose esatte... L'enorme epopea del *Mahabharata* ... Negli episodi sono impegnate forze celesti...Dobbiamo esser grati al professor Sen Gupta che ci ha fornito un filo conduttore, mostrandoci come la maggior parte degli episodi sia intesa solo a portare in gran dettaglio datazioni astronomiche sotto la forma di stagioni lunari. Si rafforza la tesi di Stucken che aveva dedotto l'origine dell'alfabeto indiano dalle stesse datazioni di stazioni lunari, e prende un senso anche quell'insistenza sui giochi d'azzardo come operatori del Fato, con i dadi falsati dagli dèi. I cosiddetti miti storici si rivelano all'analisi costruzioni astronomiche... Tutto, vita e morte e armonia della natura, essendo compreso nell'anno, l'insistente ricerca arcaica si era sempre volta verso un anno più grande, che chiudesse non solo i cicli lunisolari ma tutti i cicli del cielo e riconducesse ogni astro al suo posto. E' questo il Grande Anno accennato da Platone come già da Eraclito, e dietro di esso si asconde una scoperta che si oscurò via via attraverso i secoli, per poi tornare alla coscienza scientifica con Ipparco. Per quanto non possa dirsi ancora definitivamente provato, tutti gli indizi ci dicono che all'inizio della Storia si conosceva già la Precessione degli Equinozi, per cui tutto lo zodiaco percorre un circolo lentissimo di un grado ogni 72 anni, finché in 26.900 anni tutto si ritrova come prima... In questo ciclo si iscrivono e si concludono, secondo i pensatori arcaici, tutte le grandi mutazioni. E' la rivoluzione massima degli orbi celesti. Quanto è mutato il senso della parola rivoluzione da allora. Ma rimane ancora a dominare il nostro tempo... Ma in tutto il tempo moderno, rivoluzione ha significato l'irreversibile... Pure c'è un vecchio senso che ci è ancora nascosto, noto ai rivoluzionari autentici: il ritorno alle origini. E' quello a cui si è sempre pensato fin dai tempi arcaici, è la palingenesi, quando anche fosse in termini di rivolgimenti plurimillenni. Ogni visione apocalittica è un modo di ricongiungere la fine al principio, onde il tempo riacquisti un senso. Vi fu sempre l'idea di un Grande Anno, del rivolgimento della macchina del tempo, ad acquietare le menti. In quel tempo tutto tornava, non dico nel senso letterale dell'Eterno Ritorno, ma delle costanti dell'avventura umana... Le grandi crisi che scandivano il ciclo eterno si pensava avessero luogo ogni volta che il sole equinoziale entrava in una nuova costellazione, di cui ben quattro si sono

succedute da che l'uomo ha coscienza del tempo. E il ciclo s'inaugurava ogni volta con un reggitore diverso, in chiave diversa...Il modello originario della <<città quadrata>> dell' Apocalisse misurata dall'angelo con la sua asta d'oro è il Paradiso Terrestre, per gli astronomi babilonesi muliku, che identificano col quadrato di Pegaso. E perché poi quello? Perché si trovava perfettamente inquadrato fra i punti delle Quattro Tempora, al tempo in cui i punti equinoziali si trovavano sulla Via Lattea, che sembra essere stato il momento d'origine scelto per il computo del tempo: e che fu verso il 5000 a. C. La Via Lattea diventava allora il ponte tra terra e cielo, e ai quattro capi (solstizi ed equinozi) si trovavano le quattro figure bifronti significanti immortalità: Sagittario, Gemelli, Pesci, Vergine con Spica... Le piramidi a gradini di Caldea, l'arca del mito di Gilgamesh come quella di Noè, la stessa Arca dell'Alleanza erano documenti metrici intesi a conservare, oltre ogni catastrofe, i dati fondamentali che mettevano l'uomo in rapporto col divino...E che non ci sfugga la Torre di Babele...si direbbe che fu deciso di farne una somma teologica. Si voleva eternare la scienza, fermare il tempo, dominando il Fato. I maestri d'arte vollero mettere nella costruzione tutte le proporzioni, distanze e armonie planetarie, cicli e ricorrenze, le unità di misura e di musica, quadrature, poligoni e rapporti. Si volevano ricreare i dati del Quadrato fondamentale... Il problema di conciliare tanti dati in una struttura semplice sembra aver dato luogo alla <<confusione delle lingue>>... E il fattore essenziale del pensiero arcaico sono proprio le misure del tempo, da cui le unità spaziali sono ricavate. L'universo celeste è un immenso scadenziario in cui ad ogni momento si iscrivono scadenze critiche. Cicli, congiunzioni, trigoni, quadrature; tutto l'apparato della tarda astrologia che la filosofia stoica rimise in onore in Grecia, ci dice che alle scadenze delle angolature nessuno sfugge... In questo senso, ripeto, le misure significative erano misure di tempo. Niente mi ha permesso di afferrare qualcosa della mentalità arcaica come quando compresi che le arcane armonie geometriche di punti luminosi disposti nello spazio, delle <<monadi>> che i Pitagorici ritenevano essere fondamento del reale, non erano in origine tracciate col disegno, ma erano legate a eventi nel cielo. Mi si permetta un esempio. Cinque volte nel corso di otto anni avviene che la stella Venere si levi al momento che precede il levar del sole (quello che si chiama il sorgere eliac, momento solenne in molte civiltà). Ora, i cinque punti così marcati sull'arco delle costellazioni, e congiunti da linee secondo l'ordine del loro succedersi, si rivelano formare un pentagramma perfetto, o quasi perfetto, perché la figura ruota di soli due gradi ogni periodo di otto anni. Questo sembra proprio un dono degli dèi agli uomini, un modo di rivelarsi. Onde i Pitagorici dicevano: Afrodite si è rivelata nel segno del Cinque. E il segno è diventato magico. Ma quale intensità di attenzione e di memoria non ci volle per fermare in mente nelle loro posizioni i cinque lampeggiamenti in otto anni del pianeta che appare per poi perdersi subito nella luce del mattino - per ricostruire con l'intelletto il diagramma che essi suggerivano. Si può chiamare una capacità sinottica diversa dalla nostra, una capacità oggi perduta... Questo senso ancor più che geometrico, musicale, dell'importanza del <<cader giusto>> nel tempo è quello che doveva andare fra i Pitagorici sotto il nome di kairós, l'incidenza in virtù di cui la vita si scandiva nel suo flusso come nascono le misure geometriche del diagramma... Il kairós , l'esperienza del Fato come misura rigorosa, accompagna l'uomo anche nella morte, dove il momento della dipartita è parcamente misurato... Fin da allora, dunque, si vede che la precisione dava legge sia fisica che etica al cosmo. Chi mancava

all'appuntamento del *kairós* non poteva accusare che se stesso. Quella precisione ha un simbolo espressivo nell'antico regno egiziano. E' la piuma che sta ritta dietro al giudice dei morti, e si ritrova ancora come peso sul piatto della bilancia, dove si pesano le anime. Quella piuma leggera ha nome Maat, Dea della bilancia, Dea del rigore e della stretta osservanza... E non fu se non logico quando Brugsch e poi Hornbostel scoprirono che il geroglifico di Maat indicava anche l'unità di lunghezza, i 33 centimetri del mattone unitario, e anche il tono fondamentale del flauto. Se l'universo è *uno*, non si possono scegliere unità arbitrarie come facciamo noi: tutte le unità di misura sono strettamente interconnesse fra loro e col tutto...Questo, dell'unità del cosmo, è un tema che perdura fin nel Rinascimento. Quello che gli arcaici vi hanno portato non è, come si pensa, la magia, che sempre e dovunque si trova; è una passione di misura senza pari, che fa tutto centrato sul numero e sui tempi. Ma fin da allora si erige quella incastellatura di corrispondenze, in cui i matematici ravviserebbero qualche cosa come una matrice. In alto vi saranno i numeri puri, poi le orbite del cielo, piu' giu' le misure terrestri, i dati geodetici, poi l'astromedicina, le scale e gli intervalli musicali, poi le unità di misura, capacità e peso, poi la geometria, i quadrati magici e psefismi, poi i giochi divinatori come gli scacchi e l'alfabeto, e in fondo ci sarà l'alchimia. Tutto questo sembra essere stato oggetto di una scienza complessiva, poiché i livelli si ingranano e si spiegano fra loro, e non fa meraviglia che non se ne sia mai venuti a capo. Ma si tornava sempre all'ossatura che erano i numeri...I veri <<abitanti>> del mondo non siamo noi, sono le potenze stellari. E anch'esse necessitate perché sopra loro sta il Numero... L'idea piu' antica e piu' grave è che quei due cerchi incrociati siano il risultato non di un disegno ma di una disgrazia iniziale. Un tempo, si disse, il sole e i pianeti si muovevano certo lungo l'equatore celeste, non può essere che tutto non fosse simmetrico e semplice; poi lo zodiaco si sghembò da una parte, al sole toccò scendere e salire in cielo, si crearono le stagioni. La serena immutabilità dei primi tempi era finita, la vera età dell'oro; era cominciato il triste divenire. Solo in due giorni dell'anno, agli equinozi, dove i due cerchi si incrociano, il sole si ritrovava sull'equatore, il mondo tornava ad essere come all'inizio, si congiungevano tempo ed eternità.

...Tutte le cose nascono e periscono in un ritmo universale, secondo una legge di periodicità - ecco il primo membro dell'equazione. Il secondo membro - <<com'è giusto>> - è il richiamo alla giustizia immanente, l'invocazione a quell'ordine sovrano che è l'Ordine del Tempo. Ecco l'inizio della fisica, con le sue forze in contrasto l'equilibrio dinamico, che diventa vortice e mette in movimento l'evoluzione della vita, come è detto esplicitamente - idea che Aristotele poi dimenticò, e che doveva rinascere solo con Leonardo da Vinci. La sostanza di questo vortice, modello delle nebulose spirali è l'Apeiron, l'illimitato. E si dice anche che questa sostanza è il Divino e che è l'Arché di tutte le cose.

...Conosciamo abbastanza, anzi piu' che abbastanza, la congerie di tradizioni orientali sui Fiumi del Cielo con il loro sconcertante miscuglio di immagini astronomiche e biologiche, tradizioni culminate nell'idea anassimandrea dell'Apeiron, il <<flusso infinito>>, per capire da dove la Grecia arcaica attinse il suo sapere... Okeanos e Chronos, meritano la nostra attenzione. Qui non s'intende infatti Kronos-Saturno, bensì proprio Chronos-Tempo... Okeanos è molto piu' di Oceano, e altra è la sua nascita... In un qualsiasi corpo, l'elemento procreatore era la psiche, che appariva in forma di serpente.

Okeanos, come ci è dato ora di capire, era la psiche primordiale, e questa sarebbe stata concepita come un serpente in rapporto al liquido procreativo...

E' ormai chiaro che con questi fiumi si intende il Tempo, il tempo del cielo.

...L'uomo arcaico pensava in termini di tempo cui tutto è sottomesso. E in verità, ciò che si persiste a considerare come delle <<distanze>> nel suo sistema, sono delle misure angolari soggette al tempo. L'ordine spaziale quale noi l'intendiamo non conta, se non sotto specie di entità già modulate: intervalli sulla corda vibrante, sfere, triangoli, quadrati magici, poliedri. Ancora per Platone, lo spazio puro, quello che noi chiameremmo lo spazio isotropo newtoniano, resta ciò che di v'è di piu' simile al non-essere... E' così che l'umanità ha pensato, per tanti secoli quanti ci separano dalla Grande Piramide. Pensiero totalizzante, se possiamo servirci del termine creato da Lévi-Strauss. L'Ordine del Tempo, che era il vero ordine del Cosmo, portava con sé la sorte della vita e delle anime. Non provvedeva soltanto una scienza, ma un'escatologia alle generazioni innumerevoli del lontano passato.

Il tempo era qualcosa di concreto e visibile: era la stessa Via Lattea, che si presentava all'osservazione a volte come struttura circolare (è questa la effettiva "ruota del tempo"), a volte come struttura rettilinea; e questo si spiegava riconducendo la Via Lattea all'idea di un essere vivente che nel suo moto assume forme diverse, come il serpente che a volte sta ritto, a volte si richiude su sé stesso a cerchio. Cerchio e retta non erano allora astrazioni geometriche secondo le quali concepire astrattamente il tempo in relazione ai moti, ma *forme viventi*. Il tempo come Via Lattea aveva già di per sé una struttura, una forma spaziale che era un tutt'uno con esso: lo spazio non era qualcosa di separato dal tempo, ma una sua forma concreta. La Via Lattea come tempo era l'anima stessa del mondo, e inoltre era una struttura che nel suo moto determinava – era - il tempo cosmico, e teneva insieme il mondo come una cintura-fascia circolare o un pilastro rettilineo come una colonna cilindrica di luce.

4. Il tempo nella 'fisica filosofica' greca

Queste lunghe citazioni sul tempo nel mito sono necessarie per comprendere non solo quale fosse il significato originario del tempo, ma anche quale sia stato il profondo cambiamento di prospettiva che via via si è introdotto nel passaggio dal *mythos* al *logos*, nel passaggio da una 'fisica mitologica' ad una 'fisica filosofica': ovvero la progressiva perdita del reale *senso* del tempo nella transizione da una 'percezione temporale-spirituale' del mondo e della vita ad un 'pensiero astratto spaziale-materiale'.

Già dagli albori della riflessione orientale e comunque della riflessione occidentale, greca - a cui soltanto ora farò qui riferimento -, l'esperienza della *physis*, della natura (bisogna ancora ricordare che tale termine latino è legato ad una svolta

concettuale rispetto al termine *physis* : qui, tuttavia, nonostante tale consapevolezza, useremo i due termini senza distinguerli, ovvero con lo stesso *significato*), si presenta come intimamente legata all'esperienza della *kinesis* o della *metabolé*, ovvero del mutamento, di cui il moto non è che una forma particolare. Tuttavia, il mutamento sfugge ad una concettualizzazione effettiva, non essendo determinato o determinabile logicamente ed onto-logicamente: l'essere stesso di una cosa appare già come l'ipostatizzazione di un mutamento.

L' *apeiron* o *aoriston*, ovvero l'illimitato o in-determinato, termine con cui Anassimandro indica la natura, al di là della sua connessione con il pensiero mitico già rilevata, non è che un nome (un termine non-denotante alcunché di determinato) di un complesso, non-separabile e continuo mutamento naturale. L'*apeiron* non è altro che la caratterizzazione di tale mutamento che ha una intrinseca dimensione temporale, del tempo come *aiòn*, l'*apeiron aiònios*. I mondi e tutto quanto è parte della natura hanno la loro origine, derivano, sono costituiti di mutamento, di tempo. Il tempo non è altro che questo fluire infinito, non materiale, e che si potrebbe caratterizzare come 'etereo', di luce. La natura in quanto indeterminato mutamento temporale non può quindi essere 'oggetto' di conoscenza o scienza alcuna.

Solo la fisica di Eraclito ha considerato, anch'essa in stretta relazione con la percezione mitica del tempo, invece la possibilità di una conoscenza relazionale e di una determinazione *logica* del mutamento temporale e del corrispondente puro divenire; Nietzsche ha mostrato come pure nella sua fisica sia implicita una relatività del moto.

La fondazione della scienza antica, che ha costituito una svolta epocale e a cui faranno riferimento poi in parte i Pitagorici e Platone (in quanto anch'essi più legati alla percezione mitica del tempo) e in parte lo stesso Aristotele, è stata tuttavia operata da Parmenide, e si basa sulla radicale negazione del mutamento e sull'ipostatizzazione dell'essere: in questa prospettiva, il mutamento e il moto come anche il tempo non sono 'reali', e i 'processi cinetici e dinamici' della natura sono ridotti a uno stato globale di quiete eterna. L'*apeiron aiònios* è stato ridotto ad essere eterno atemporale. Lo storico e scienziato italiano Federico Enriques ha quindi individuato in Parmenide una prima forma di elaborazione di 'relatività' del moto, legata alla negazione di una sua 'realtà' effettiva.

D'altra parte, l'atomismo di Leucippo e Democrito ha ridotto l'essere indeterminato parmenideo ad atomi materialmente determinati (ipostatizzando anche il non-essere in un positivamente determinato vuoto), il generale mutamento a moto locale di atomi, e questo a sua volta ad un semplice cambiamento di posizione (ad una serie di stati istantanei di quiete): il mutamento temporale come puro divenire è stato ridotto a differenti stati relativi d'essere e di non essere e la temporalità delle cose all'eternità degli atomi materiali spazialmente estesi. Le macchine statiche di

Archimede e la generale statica sviluppata dai greci non rappresentano altro che la controparte tecnica 'anti-fisica' (contro-natura) di questa riduzione dei processi dinamici a stati di quiete-equilibrio, propria del determinismo atomistico. La crisi definitiva di tale paradigma, messa in atto da Epicuro e Lucrezio nello sviluppo del concetto di *clinamen*, che decretava la morte stessa del determinismo materialistico dell'atomismo, è stata fino ad oggi mascherata.

Platone, come nell'elaborazione matura del *Timeo*, ha cercato anch'egli di ricomporre essere e divenire, riducendo nuovamente il divenire all'essere accessibile alla scienza: come notato esemplarmente da Heidegger, la natura è stata ridotta ad immagine-rappresentazione ontologica di un ideale mondo vero, matematico e atemporale. Il concetto di tempo introdotto nella scienza storica come nella fisica matematica di derivazione platonica, *chronos*, è stato concepito come 'immagine mobile, in circolo, secondo il numero' del tempo come durata eternamente estesa del mondo vero ideale, ovvero come immagine di *aiòn* ridotto a tempo eterno dell'essere. L'immagine platonica, a mio avviso, va interpretata come icona analogica definita da una proporzione all'interno della teoria fisico-matematica delle (proporzioni tra) grandezze omogenee, sviluppata soprattutto da Eudosso e Teeteto: il divenire non è che il ripetersi molteplice dell'essere, a cui come tale è omogeneo; ovvero l'essere è l'unità di misura' del divenire, in quanto *chronos* misura il divenire quale ripetersi molteplice dell'unità di misura dell'essere come estensione unitaria che è l'*aiòn*, come 'eone cosmico', così partecipando analogicamente ad esso cui è omogeneo. E' la riduzione del *chaos* esiodo e dei miti al *kosmos* pitagorico privato della sua anima temporale, numericamente e geometricamente ordinato, che rimuove i problemi d'incommensurabilità, come quelli della diagonale del quadrato, che avevano fatto crollare la 'matematica fisica' pitagorica, e conseguentemente trascura l'incommensurabilità dei moti celesti e il corrispondente crollo del determinismo cosmico legato ad un ciclo eterno: questi fattori avevano determinato l'introduzione di differenti 'eoni', che ora sono ridotti ad un unico *aiòn* il cui ripetersi uniforme determina la serie ordinata di *chronos*. La materia non è che l'immagine mobile delle idee-numeri e gli elementi materiali mobili sono i solidi geometrici spazialmente estesi, in quanto molteplici e in moto. E' la contrapposizione dialettica tra materia e numero, che conduce alla separazione dualistica dell'anima pitagorico-platonica come numero che muove sé stesso e di *chronos* come anima (pitagorica) dell'universo (tale contrapposizione è alle radici della successiva, cartesiana, separazione tra 'res extensa' e 'res cogitans') e della materia come immagine statica spazialmente estesa. Le qualità temporali, legate al moto e al mutamento come quello del *panta rei* eracliteo, dei fluidi materiali come l'aria, il fuoco e l'acqua e immateriali come l'etere-luce sono così ridotte da Platone a solidi geometrici, ovvero ad estensioni quantitative spaziali.

L'ipostatizzazione metafisica del linguaggio operata da Parmenide nel concetto di un essere indeterminato atemporale è stata modificata, a parte Melisso e gli altri pensatori della scuola eleatica, da Platone, attraverso il linguaggio matematico, nel concetto, di derivazione pitagorica, di un essere numericamente e spazialmente-geometricamente determinato. E i modi temporali del verbo essere e gli avverbiali deittici temporali vengono sostantivati e ipostatizzati, attraverso la mediazione del linguaggio matematico, nel concetto di *chronos* come numero-anima ormai reificato come separato, assoluto e indipendente dai processi naturali. Così, l'ipostatizzazione metafisica del linguaggio naturale implicata nella fisica matematica platonica è stata realizzata corrispondentemente alla predominanza paradigmatica delle strutture solide, spazialmente estese, da una parte del linguaggio alfabetico indo-europeo come scrittura, come *gramma* e dall'altra del linguaggio matematico intrinsecamente dato come scrittura numerica e come figurazione geometrica, sulle forme altresì fluide, puramente temporali, del linguaggio come dialogo verbale, vocale, come *phoné*. Cioè, la forma della metafisica occidentale come pensiero dell'essere è stata determinata dalla predominanza della cultura scritta sulla cultura orale, che ha le sue radici nella già avvenuta separazione dell'uomo dalla natura, come stabile dominatore con strumenti tecnici solidi dei flussi dei processi naturali legati ai fluidi o ad altri viventi, e nell'alienazione dal dialogo concreto dell'uomo con l'uomo: al livello teorico, questo è stato possibile corrispondentemente, come notato in maniera differente da Bergson e Heidegger, attraverso la riduzione matematica del tempo ad estensione (Bergson) sul modello di spazio inteso come estensione e corrispondentemente dell'essere a estensione spaziale permanente nel tempo (Heidegger), e della temporalità intrinseca al dialogo alla sua estensione spaziale nella scrittura (per inciso, Heidegger contesta fundamentalmente a Bergson, oltre l'interpretazione di Aristotele, che lo spazio sia effettivamente estensione e che la durata vissuta rappresenti un'alternativa radicale all'estensione).

La fisica di Aristotele, pur non accettando alcune riduzioni matematiche platoniche, ha ridotto il mutamento ad estensione da qualcosa che è a qualcos'altro che è, sulla base di un'analogia spaziale (pure i mutamenti sostanziali 'catastrofici' come generazione e corruzione sono riducibili a tale estensione), e corrispondentemente il divenire ad una variazione di determinazioni dell'essere: ha assegnato, infatti, al mutamento e in particolare al moto solo un grado minore di 'realtà', un essere solo 'potenziale', e ha considerato la quiete come stato privilegiato. Il mutamento ha fra l'altro bisogno di una causa esterna, non è più un processo naturale spontaneo. Il tempo è concepito come 'numero del movimento secondo il prima e il poi', ovvero come numero ordinale che è misurabile nel moto locale ridotto a cambiamento di posizione attraverso un confronto di estensioni spaziali, e che è misura del moto. Il tempo così, da un lato, non ha come 'soggetto' cui inerisce l'essere

ma solo l'essere potenziale del mutamento, dall'altro, inerisce direttamente all'anima che misura in quanto principio del proprio movimento: il tempo non è reificato come esterno e assoluto dal movimento (Plotino, riprendendo questo tema nell'ambito di una riconsiderazione neo-platonica della relazione tra *chronos* e *aiòn* legato all'irraggiare della luce, e l'idea pitagorico-platonica dell'anima come numero che muove sé stesso, dirà poi che l'anima temporalizza sé stessa). Per Aristotele il moto è un'estensione continua e non separabile, ma la sua misurabilità implica anche una sua potenziale divisibilità infinita in istanti-ora, *nyn*, che segnano gli estremi di un intervallo, di una estensione misurata: tali istanti non possono mai essere considerati come punti fissabili, ma paradossalmente vanno considerati come corrispondenti a istantanei stati di quiete, di posizione fissata nello spazio, in quanto il moto è ridotto nella misura ad una differenza statica di posizioni spaziali. Al di là della concezione platonica di un *chronos* cosmico come icona omogenea dell'unità di misura dell'eone cosmico, è l'istante come arresto ideale del mutamento e del tempo stesso, come corrispondente ad uno stato d'essere spazialmente esteso in quiete e presente, ad essere icona 'potenziale' dell'*aiòn* come eternità. Nell'istante, in quanto non misurabile come estensione, sono celati e irrisolti l'essenziale discontinuità, singolarità del mutamento, l'impossibilità della sua divisione implicante un processo senza fine, la costituzione delle sue 'parti' inestese, non-separabili, corrispondenti comunque a mutamenti e quindi temporalmente fluenti dal passato al futuro e irriducibili al presente del punto-ora, le sue qualità intensive irriducibili ad estensione, gli aspetti del tempo come *kairòs*, ovvero come tempo 'proprio', 'epocale' degli eventi irriducibili all'estensione di *chronos*. Questa è una riduzione che sarà operante in tutta la dinamica moderna, ma qui risulta chiaro, a mio avviso, che la misura del moto è distruttiva; misurare il moto significa arrestarlo almeno idealmente: gli istanti separati e statici sono il frutto di tale astrazione quali ipostatizzazioni di una 'divergenza', di un processo senza fine, di un limite alla divisibilità del moto che non esiste, e il segno nascosto della sua non riducibilità ad estensione.

Con Aristotele, quindi, da una parte, il tempo non è assoluto dal movimento come nella fisica platonica, e l'anima non è gettata in un tempo a lei esterno; d'altra parte, il tempo in quanto numero-misura è concepito come estensione, secondo la teoria delle grandezze omogenee comparata con il campione del tempo del moto celeste, e secondo un'analogia e una misura d'estensione spaziale; e ancora il divenire è ridotto a differenti stati di quiete d'un essere permanente e presente: il tempo è considerato come una successione ideale di istanti-ora, ovvero secondo il modo dominante del presente, determinato dall'essere come presenza. La concezione aristotelica del tempo è quindi più articolata, come notato anche da Massimo Cacciari, di quanto traspaia dalle analisi critiche di Bergson e Heidegger che hanno una più

diretta corrispondenza con sviluppi tardo-ellenistici; ciò nonostante, a mio avviso, i tratti fondamentali individuati da queste critiche restano evidenti.

5. La *metànoia* dell'esperienza del tempo nella vita cristiana

L'evento storico del cristianesimo nel mondo della vita orientale e poi occidentale non rappresenta soltanto una svolta epocale all'interno di un tempo unico ed omogeneo in cui si possono susseguire in continuità, all'interno di uno stesso schema di ordine, un'era "pagana" e poi un'era "cristiana": si scardina invece lo stesso ordine del tempo unico ed omogeneo, si introduce una discontinuità irriducibile, solo pallidamente riflessa nella ridatazione della storia umana in un prima e un dopo Cristo all'interno di uno stesso *continuum* cronologico. La stessa "relativizzazione" del tempo storico, sulla scia di suggestioni heideggeriane, in Ernst Bloch, può dare solo una vaga idea di ciò.

Non si tratta di una mera contrapposizione teoretica fra una concezione greca del tempo come ciclico e una concezione cristiana del tempo come lineare, ma di una differenza radicale nell'esperienza del tempo nella vita protocristiana essena rispetto alla sua precedente esperienza. Il tempo non viene più esperito come ciclico e quindi come unico e omogeneo, nel pensiero greco posteriore ad Aristotele considerato come estensione spaziale omogenea e successione di istanti-ora separati; il tempo non viene più esperito neanche come nell'apocalittica escatologica e cosmologica tardo-giudaica a cui pure si ricollega direttamente l'esperienza esseno-cristiana, già non unico e non omogeneo nella successione di differenti *Aiòn* (eoni) cosmici separati. E questo perché nell'esperienza della vita fattizia protocristiana essena si dà già un nuovo tempo, un nuovo *Aiòn* (eone) cosmico: quello ormai che è un tutt'uno inseparabile, teso verso il regno di Dio, verso la seconda *Parousia* celeste, futura, del Cristo, che è vicinissima, non separabile crono-topologicamente da ogni passato o presente *kairòs* (attimo) e non determinabile crono-metricamente come evento dopo un intervallo temporale calcolabile come un'estensione-distanza esatta. Qui, il tempo, finito e irreversibile, della vita umana individuale, storica (*chronos*), non si coglie più in contrasto con il tempo del mondo (*Aiòn*), anch'esso irreversibile, perché con la *Parousia* si realizzerà la generale resurrezione dei morti e la vita diventerà *zoé aionios* ("vita eterna", o meglio "vita del nuovo mondo", "vita del nuovo eone del Cristo"); ma questa autocomprensione della vita fattizia, individuale e storica, si ha solo nell'incertezza fondamentale del *kairòs* della decisione irreversibile-irrevocabile della vita che non si trova in un mero stato di attesa, ma spera, vigila e soprattutto anticipa nel presente (in un'assenza già operante) il futuro compimento della rivelazione finale (*apokalypsis*), nell'indeterminazione assoluta del tempo, del *kairòs* della *Parousia*. L'esperienza della temporalità autentica, propria, è allora quella escatologica, apocalittica, cosmica della vita protocristiana essena che non è astratta o

teoretica, ma è "super-etica", vita anticipatrice nel presente del futuro regno di Dio, vita senza violenza, di amore e pace universale in cui il lupo e l'agnello, il leone e la gazzella, il basilisco e il bambino convivono insieme in una natura redenta da ogni peccato originale della vita come violenza fagocitativa o di dominio. Solo in questa esperienza della temporalità si dà l'esperienza inoggettivabile di Dio in un'incertezza originaria, di radicale inquietudine in cui si decide di vivere o di dare la vita per il regno di Dio.

Tale esperienza della temporalità originaria non è riducibile ad una qualsiasi connotazione soggettivistica o oggettivistica del tempo, in quanto propria di una vita che non teoretizza astrattamente una separazione soggetto-oggetto di conoscenza, una separazione della vita dalla natura, e in cui, come già detto, tempo della vita e tempo del mondo coincidono; e ancor di più non è riducibile a tempo della coscienza, in quanto proprio di una vita nella natura che autocomprende il mondo del sé come non teoreticamente e astrattamente separato in conscio e inconscio: tale esperienza della temporalità vive nella consapevolezza e nella decisione della fede e della speranza escatologica ma è radicata in quegli "archetipi" inconsci della vita che già si pre-comprende nella (sua) natura più profonda, fisico-psichica, già "edenica", "precedente" (in senso originario e costitutivo) alla sua stessa forma di vita violenta e quindi, nell'incertezza dell'attuale vita, "memoria" inconscia pre-individuale, pre-specifica e pre-biologica, "certezza" affettivo-emotiva e non razionale, remota, nascosta, indeterminata della futura redenzione e "salvezza".

Tale esperienza della temporalità, contrariamente a quanto sostenuto a lungo da Heidegger stesso, non è specifica dell'umanità, ma è di ogni creatura e di tutta la natura vivente che "geme e soffre" in questa speranza.

Nel cristianesimo non-esseno post-apostolico si va perdendo tale autenticità "super-etica" di vita nella tensione verso la vicina, futura *Parousia*, che ormai viene vissuta come l'attesa di un evento che ritarda, separato dalla attuale violenza della vita fattizia: la vita cristiana subisce così un processo di de-escatologizzazione, si de-temporalizza e ricade nel vecchio e morto eone signoreggiato dalla separazione diabolica, si "mondanizza", si "secolarizza" antropocentricamente senza l'anticipazione dell'amore cosmico del regno di Dio.

L'autocompressione post-niceana della vita cristiana corrispondentemente si de-naturalizza, si de-cosmologizza, si chiude in un orizzonte antropologico, si cristallizza in una teoria, in una dottrina dogmatica separata dalla vita fattizia nella natura ovvero si ellenizza; la futura inoggettivabile *Parousia* del Messia-Figlio-dell'uomo è a tutti gli effetti ridotta alla oggettività del passato dell'incarnazione divina e della attuale presenza sacramentale: è questa l'onto-teologia in cui si maschera ideologicamente la ricaduta della vita cristiana nella determinazione antropocentricamente rassicurante e violenta del vecchio mondo.

La cristianizzazione del mondo occidentale a partire dal IV secolo è l'altra faccia della "mondanizzazione" (e in particolare, occidentalizzazione: ellenizzazione e latinizzazione) del cristianesimo; così, la stessa "secolarizzazione" come "scristianizzazione" del mondo occidentale a partire dal XVII secolo ha le sue radici nella "mondanizzazione"- "secolarizzazione" del cristianesimo del IV secolo.

6. L'esperienza del tempo nella fisica in relazione alle trasformazioni del cristianesimo

6.1 La cristianità antica

La de-escatologizzazione del cristianesimo, come si è già detto, ha comportato la sua ellenizzazione e latinizzazione e inoltre la sua antropologizzazione; elementi greci penetrano nel cristianesimo non solo a livello di "contenuti", ma anche a livello "formale", quale declinazione "teoretica", de-vitalizzante e de-naturalizzante, della comprensione della vita stessa. A causa di tale teoreticizzazione (ellenistica) separata dalla vita, si può comprendere come anche all'interno della vita della comunità cristiana si possa riprodurre una tale separazione fra la gerarchia ecclesiastica legata all'istituzionalizzazione della dogmatica e pratiche di vita monacali vicine al cristianesimo originario, come reazione alla mondanizzazione, e che non si rispecchiano in quella.

Le "scienze della natura" non si sono più configurate così quale "gnosi salvifica" interna all'autocomprensione della vita esseno-cristiana, ma, separate dalle "scienze dello spirito" anch'esse in massima parte teoreticizzate nell'onto-teologia dogmatica, sono state per un verso trascurate (a causa della riduzione del cristianesimo ad antropologia) e per altro ricondotte all'interno del paradigma *teoretico* greco. Così il cristianesimo si andò disinteressando della natura e allo stesso tempo si innestarono in esso elementi culturali, teoretici, greci; si caratterizzò perciò come una sorta di antropologia spiritualistica, che è il volto con il quale ancora oggi in gran parte si presenta. E' da questo mutamento profondo, nel mondo occidentale, del cristianesimo originario che, in definitiva, derivano i primi elementi dell'odierna separazione fra scienza e religione, fra "scienze della natura" e "scienze dello spirito", fra "cultura scientifica" e "cultura umanistica".

Le "scienze della natura" dell'antica patristica si sono così ricostituite sotto i paradigmi teoretici neo-platonici, seppure ricomprese all'interno della "revelatio", dell'ascolto della "Parola di Dio": solo che la rivelazione è ora declinata non più in senso cosmologico, ma solo antropologico in cui la natura ha un ruolo puramente allegorico per la salvezza umana.

6.2 Agostino e il tempo della fisica contemporanea

Le riflessioni di Agostino sulla natura si collocano in questo quadro. Heidegger aveva iniziato nei suoi primi lavori a delineare un'interpretazione di Agostino come caso complesso di autocomprensione della vita fattizia cristiana, già in gran parte però minata da elementi neoplatonici in un quadro teoretico onto-teologico in cui lo stesso cristianesimo post-niceano si configurerà dissolvendo la stessa esperienza originaria della vita protocristiana.

Tuttavia, a livello della analisi storica attuale è risultata dominante l'interpretazione successiva di Heidegger, che in più occasioni aveva ripreso un'analisi ermeneutica della questione del tempo in Agostino, ma ormai all'interno della questione dell'esserci dell'uomo e dell'essere, trattata in un senso filosofico-teoretico astratto dall'esperienza storica della originaria vita fattizia cristiana.

Anche gli studiosi di Agostino, che non hanno risparmiato implicite ed esplicite critiche all'ermeneutica heideggeriana, evidenziando come, ad esempio, fosse limitata soprattutto alle *Confessiones*, se non ai libri X-XI (non considerando il XII), mentre è fondamentale l'analisi della precedente tematizzazione del tempo nel *De musica* (II, 3,3; VI, 8, 21-22) e del *De civitate Dei*, non si sono svincolati dalla prospettiva che fa di Agostino lo "scopritore" della dimensione soggettivistica, spiritualistica del tempo o come bergsoniana "durata" quale tempo dell'anima o come tempo "proprio" dell'esserci heideggeriano di contro alla presunta caratterizzazione oggettivistica del tempo nell'antichità greca (Heidegger recupererà in *Zeit und Sein* una dimensione del tempo non primariamente legata all'esserci dell'uomo ma all'"essere come evento", non ricondurrà più la *Temporalität* dell'essere alla *Zeitlichkeit* dell'esserci, ma non tornerà a riconsiderare Agostino su questa base).

Nell'accettazione di questo punto di vista dominante si è già persa la percezione della specificità dell'esperienza cristiana, e in parte ancora agostiniana, di una temporalità originaria che non è riducibile ad una qualsiasi connotazione soggettivistica o oggettivistica del tempo, in quanto propria di una vita che non teoretizza astrattamente una separazione soggetto-oggetto di conoscenza, una separazione della vita dalla natura, e in cui, come già detto, tempo della vita e tempo del mondo coincidono, e ancor di più non è riducibile a tempo della coscienza, in quanto proprio di una vita nella natura che autocomprende il mondo del sé come non teoreticamente e astrattamente separato in conscio e inconscio.

Ma è proprio nel *De musica* che appare incontrovertibile la connotazione non puramente soggettivistica del tempo in Agostino (VI, 7, 19) (VI, 8, 21): qui non solo è evidente una dimensione cosmica del tempo - come apparirà ancora nel libro XIII delle *Confessiones* e nel *De civitate Dei* -, del quale il tempo della vita umana è parte, ma vi è fra l'altro la consapevolezza della *relatività* delle grandezze spaziali e

temporali nel senso di *relazionalità* , corrispondente ad una invarianza di scala del mondo, concetto matematicamente realizzato nella fisica novecentesca, nelle generalizzazioni della teoria della relatività generale di Weyl ed Eddington.

La stessa nozione di simultaneità non può essere fondata psicologicamente, ma ha una sua controparte fisica; la memoria è sí alla base della percezione e dell'osservazione, ma non produce il tempo, anzi lo presuppone: è fondamentale per la *misura* del tempo, perché l'atto stesso di osservare e giudicare è temporalizzato. Sarà questa una conclusione della fisica relativistica e della fisica quantistica.

La dimensione non puramente umana-coscienziale del tempo, di un tempo "proprio" delle cose, è ancora chiaramente ribadita nei passi del *De musica* VI, 11, 29.

Non è che il tempo sia legato essenzialmente all'anima umana, ma piuttosto il tempo, il numero come tempo è, pitagoricamente ed essenamente, l'anima di ogni cosa (*De musica* VI, 17, 57).

Quest'idea della natura caratterizzata da "un'anima temporale" è la prospettiva indicata dalla ricerca di una "nuova alleanza" dell'uomo e della scienza con la natura nella fisica contemporanea di Prigogine.

In questa luce vanno allora riconsiderate le riflessioni del libro XI delle *Confessiones* (XI, 23, 29).

Qui Agostino, attraverso l'uso di una sorta di "esperimento mentale" che tanta diffusione avrà poi nella fisica medioevale in relazione all'argomento *de potentia Dei absoluta* , de-costruisce l'idea dell'identità del tempo con il moto degli astri e di un tempo unico contrapponendo l'evidenza di una potenziale pluralità di tempi. A tale "esperimento mentale" Agostino dà subito dopo evidenza biblica (*Ios*, X, 12-14) di una sua effettiva realizzazione (*Confessiones*, XI, 23, 30).

Sarà tale decostruzione dell'idea di un tempo unico degli astri che porterà, alla fine di un lungo processo storico, alla conclusione di Giordano Bruno, poi a lungo obliata, se non in Leibniz, fino al Novecento, della *relatività -relazionalità* del tempo (molti argomenti teologici e fisici, poi leibniziani, sulla relazionalità dello spazio e del tempo sono presenti nel *De civitate Dei* , XI, 4, 2). Solo apparentemente non è questa la conclusione dell'argomentazione di Agostino: al di là della possibile definizione dei tempi propri dei corpi legati al loro moto, ad Agostino interessa di più la natura profonda del tempo che "misura", che si può riferire e al moto e alla quiete del singolo corpo perché vi è sempre un altro corpo in moto, qualche altro evento come la battaglia anche quando il sole è fermo, al di là di tale fatto stesso che il tempo è una sorta di relazione fra eventi. E successivamente Agostino non darà mai, come si è sempre affermato fraintendendolo, una definizione del tempo che superi tale pluralità-relatività attraverso l'introduzione di un riferimento assoluto psicologico umano, ma solo un chiarimento sulla sua natura indeterminata e sulla sua misura dopo aver

invece concluso l'impossibilità di darne una determinazione essenziale per una circolarità ermeneutica irrisolvibile che affligge non solo il problema del tempo ma tutto il sapere umano (*Confessiones* , XI, 25, 32; XI, 26, 33).

Agostino comprende come la misura fisica del tempo è qualitativamente, essenzialmente differente da una misura di grandezze spaziali:

...ipsum ergo tempus unde metior? an tempore brevior metimur longius sicut spatio cubiti spatium transtri?...ita metimur spatia carminum spatiis versuum et spatia versuum spatiis pedum et spatia pedum spatiis syllabarum et spatia longarum spatiis brevium, non in paginis - nam eo modo loca metimur, non tempora - sed cum voces pronuntiando transeunt...sed neque ita comprehenditur certa mensura temporis, quandoquidem fieri potest, ut ampliore spatio temporis personet versus brevior, si productius pronuntietur, quam longior, si correptius...inde mihi visum est nihil esse aliud tempus quam distensionem: sed cuius rei, nescio, et mirum, si non ipsius animi...

tempus metior, scio; sed non metior futurum, quia nondum e⁴, non metior praesens, quia nullo spatio tenditur, non metior praeteritum, quia iam non est. quid ergo metior? an praetereuntia tempora, non praeterita? sic enim dixerat. (*Confessiones* , XI, 26, 33).

Si può qui notare che Agostino comprende: i) come la misura del tempo sia solo formalmente equivalente a quella delle grandezze spaziali, in quanto coinvolgente un confronto con una grandezza campione; ii) come la misura del tempo sia sempre imprecisa per l'imprecisione con cui si determina la grandezza campione, problema rilevante per il tempo in quanto tale grandezza campione non è data una volta per tutte come un oggetto materiale, ma va sempre riprodotta nuovamente e non si ha alcuna certezza che sia identica alla precedente; iii) come la misura del tempo sia la misura di un passaggio, di un fluire, di un transire, ovvero di un processo, e come quindi le sue dimensioni, futuro-presente-passato, non siano suscettibili di misura come la lunghezza, la larghezza e l'altezza di un oggetto materiale in quanto non sono materialmente presenti; iv) come il tempo sia allora una "distentio", un'estensione, ma non spaziale-materiale: si tratta di un'estensione che non può essere che psichica, non psicologica in senso soggettivistico-umano, ma "spirituale".

Ovvero, nell'espressione "distentio animi" non si ha un genitivo "oggettivo", ma "soggettivo": l'estensione che è il tempo non è posseduta dall'anima (umana), ma è l'anima stessa delle cose (il tempo non è il moto delle cose, ma ciò che genera la possibilità del moto e rende vive le cose, le "anima") (*Confessiones* , XI, 27, 34).

Neanche in quanto processo, in quanto passaggio, il tempo è misurabile. C'è qui la comprensione dell'impossibilità di una "misura fisica non-distruttiva" del tempo e del moto, in quanto una sua misura comporta il loro arresto, la loro separabilità. Il tempo in sé non è fisicamente misurabile, è fisicamente indeterminato (*Confessiones* , XI, 27, 35; XI, 27, 36).

Non si misura cioè direttamente il tempo in quanto processo: questo non è una grandezza additiva, sommabile perché le sue parti non sussistono insieme in una somma, ma passano (qui s'intravede la critica bergsoniana del tempo ridotto a estensione spaziale); secondo la terminologia della fisica attuale, il tempo in quanto processo non è una grandezza "estensiva", ma qualitativa, "intensiva". Il tempo in quanto processo può essere misurato solo indirettamente attraverso la misura di una grandezza estensiva idealmente corrispondente, ovvero attraverso le tracce sussistenti del tempo in quanto processo nella memoria, attraverso gli arresti ideali dei processi che questa permette: l'uomo misura il tempo delle cose solo in quanto memoria di quel tempo nella sua anima (*Confessiones* , XI, 27, 36; XI, 28, 37; XI, 29, 39).

La concezione del tempo è quella di un fluire che mostra la dimensione futura originaria di ogni evento che si fa presente e poi passato (*Confessiones* , XI, 15, 20; 21, 27). Tuttavia, l'irreversibilità del tempo che qui emerge concorda con quella morfogenetica e creatrice della nuova termodinamica attuale di Prigogine, ed è molto lontana da quella nichilistica che apparirà con la termodinamica ottocentesca e che ancora attraversa come un incubo la nostra immaginazione: non si passa dal futuro e dal presente ad un passato irrecuperabile e per sempre determinato. C'è un fondo immemorabile, di oblio (*Confessiones*, X, 16, 24; X, 16, 25), e c'è un futuro assoluto imprevedibile-escatologico della "città di Dio" verso il quale c'è una tensione irriducibile (*De civitate Dei*, XV, 1, 2; XVIII, 53, 1; XXII, 30, 5).

È nella termodinamica dei processi irreversibili lontani dall'equilibrio di Prigogine che si dà una irreversibilità non nichilistica del tempo anisotropo, che si dà una dimensione evolutivo-entropica del tempo che non è solo verso la morte, ma verso una morfogenesi, una trasformazione verso una nuova fase come verso un nuovo "eone" escatologico.

Anche attraverso la misura del tempo come memoria, Agostino mantiene la negazione cristiana della riduzione del tempo ad estensione spaziale omogenea che era in qualche modo il presupposto della concezione ciclica del mondo antico greco (*De civitate Dei*, XII, 13, 1-2): l'estensione psichica, a cui fa riferimento è *a-topon* , a-spaziale, è qualitativa, è "intensiva". Anche nella memoria non si tratta di una grandezza additiva-sommabile, in quanto il tempo si differenzia eterogeneamente nell'attesa, nell'attenzione, nel ricordo (anche qui si può sentire l'eco bergsoniana). E la misura psicologica del tempo non può mai essere equivalente ad una sua omogeneizzazione, ad una sua staticizzazione che corrisponde ad una riduzione del moto alla quiete.

L' "estensione psicologica" del tempo nella memoria non è altro che il riflesso dell' "estensione psichica" del tempo, ovvero della non-separabilità degli eventi passati, presenti e futuri: la presenza del passato, del presente e del futuro nell'anima (*Confessiones* , XI, 17, 22; 20, 26) non è una simultanea datità dei vari modi del

tempo come un oggetto materiale presente a nostra disposizione - il presente infatti non ha estensione -, ma una forma di inconscia-conscia “sin-cronicità” delle modalità del tempo che non è più riducibile ad una successione di istanti-ora concepibili separatamente.

È nella fisica quantistica che si dà l’indeterminazione fisica del tempo, il tempo come indeterminazione, come futuro assoluto, *aiòn méllon*, che fa cadere ogni determinismo meccanicista, ogni concezione meccanicistica della natura. C’è la non-separabilità dei tempi degli eventi. La misura che determina il tempo, lo fissa come passato determinato, come “stato” che non è però mai meccanicamente categorizzabile. C’è la non-separabilità quantistica del soggetto e dell’oggetto che porta ad un’idea di scienza che non è più separabile dalla vita, se la scienza dipende dalle nostre pratiche sperimentali e queste sono legate alle nostre forme di vita, se le nostre razionalizzazioni sono legate alle nostre forme di vita.

Accanto al tempo fisico quale processo non-misurabile, c’è allora un tempo misurabile quale memoria dell’anima, che non è riducibile semplicemente ad un tempo della coscienza, perché la memoria dell’oblio e l’attesa della realizzazione della città di Dio iscritte nell’anima rimandano ad un tempo dell’inconscio, che, ad esempio, si manifesta nella profezia (*Confessiones*, XI, 18, 23-24; 19, 25).

Al di là della mera pluralità dei tempi propri delle cose, c’è una fondamentale dualità dei tempi per Agostino: un tempo del peccato del non-amore, dell’egoismo dell’*amor sui*, e un tempo dell’*amor Dei*, dell’amore (*De civitate Dei*, XIV, 28). Il tempo dell’amore è il tempo redento della città di Dio, è il tempo dell’eternità stessa, il tempo che anima la vita eterna, di cui il tempo come “estensione psichica” o come “memoria” non è che specchio nella sua comprensione unica di passato, presente e futuro.

E come è nella relatività che possiamo comprendere una tale pluralità di tempi, la non-riducibilità del tempo ad estensione spaziale omogenea, la realtà dei tempi propri degli eventi, il tempo come evento, è là che si dà il tempo proprio della luce come “tempo dell’eternità”, differente dai tempi propri della materia.

Certo Agostino si trova ormai in una fase del cristianesimo di piena ellenizzazione, latinizzazione, de-escatologizzazione, di declinazione antropocentrica senza respiro cosmologico, di onto-teologia, di interiorizzazione spiritualistica del regno di Dio platonizzante, plotinizzante: in cui l’*amor Dei* si può interiorizzare e intellettualizzare a tal punto da perdere di vista l’amore concreto, - quello deciso contro la guerra, contro la schiavitù, che supera la “giustizia” umana -, l’amore concreto verso ogni vivente, proprio del regno di Dio, della universale pace messianica in cui, secondo Isaia, il lupo e l’agnello pascoleranno insieme senza violenza. Non c’è purtroppo in Agostino la radicalità etica del cristianesimo originario, come di quello manicheo di cui gli aveva parlato Fausto di Milevi, attento

allo *Jesus patibilis* che soffre e muore con tutta la natura, “nelle erbe, negli alberi, nei frutti e nei prodotti della terra”, nella “croce della luce” inchiodata alla materia, che patisce ogni affronto degli uomini alla più piccola creatura vivente (Mt. 25, 34-45). Resta vivo però a livello della sua teologia della storia umana, - non c'è storia della natura per Agostino -, se non dell'etica, il fondo escatologico irriducibile dell'esperienza del tempo del cristianesimo che anche la fisica contemporanea va riscoprendo.

6.3 La cristianità medioevale

Il caso di Giovanni Filopono (VI secolo), per il quale la teoresi cristiana riacquista una sua caratterizzazione fisica e cosmologica seppure de-escatologizzata e de-apocalitticizzata nel quadro dell'onto-teologia dogmatica, è unico ma sintomatico: si ripresenta, seppure in forma ridotta entro tali termini, l'irriducibilità del cristianesimo alla teoresi greca, crolla la dinamica-statica aristotelica e si sviluppa per la prima volta la prospettiva di una fisica teoretica “cristiana”.

A partire dalla cosiddetta “svolta costantiniana”, o comunque dalla fine del IV secolo, come religione di stato il cristianesimo divenne “formalmente” dominante, e tale sua “mondanizzazione”, “secolarizzazione” comportò il completo mutamento della composizione sociale dei cristiani. Dal IV al VI secolo, attraverso il crollo dell'impero romano, si determinò la transizione fra la cristianità antica e la cristianità medioevale, con il prevalere di un monachesimo più ascetico che si contrappose al monachesimo agostiniano già mondanzato. Le scuole dei monasteri divennero i centri principali della cultura: si trattava di una cultura essenzialmente orale, quasi esclusivamente biblica, che rappresentò la controparte della ormai avvenuta ellenizzazione del cristianesimo che si rifletteva invece nella dogmatica teologica. Veniva a prevalere di nuovo un tipo di sapere non più intellettuale come quello filosofico greco, ma strettamente legato alla sola vita umana, spirituale, e staccato dalla natura: si trattava di una sorta di “gnosi” della fede connessa ora alla sola salvezza umana, e secondo il “nuovo logos” che si fa “carne”, ormai concepito all'interno dell'onto-teologia trinitaria post-niceana. Dal V all'XI secolo i monasteri divennero i centri paradigmatici di una nuova forma di vita e di una nuova cultura a questa legata: qui però nessuna scienza della natura, a parte l'eccezione di Filopono, nel senso di uno studio disciplinare era ancora possibile o pensabile. Come compensazione alla declinazione maschile-patriarcale della trinità del dogma, già dalla fine del IV secolo emerse il culto della Grande Chiesa come madre e di Maria come madre di Dio, e infine si tornò a ritematizzare la femminilità originaria dello Spirito Santo come *Ruah* vivente nella natura. Così quando la natura era ritematizzata, come nel caso di Scoto Eriugena nel IX secolo, non era considerata

ancora come separata da Dio, ma ripiena del suo Spirito che la vivifica e degli Angeli: era ancora "medium" della relazione dell'uomo con Dio ed era quindi percepita e vissuta religiosamente e non come oggetto di uno studio intellettualistico.

Sul piano teoretico la natura è così ancora concepita come vivente, secondo l'immagine della Grande Madre o dello Spirito Santo che la vivifica e la inabita, ma tale teoresi in quanto tale è ormai separata da una autentica esperienza della natura e della temporalità come nuovo *aiòn* , come nuovo *chronos* , come *kairòs* orientato verso l'*èschaton* .

Non sono tanto rilevanti i contributi scientifici specifici alla fisica, alla cosmologia o ad altre scienze, che si hanno intorno all'anno Mille, ma è proprio in questo periodo che iniziarono quei processi storici senza i quali, nel bene e nel male, non sarebbe nata la "scienza moderna", non ci sarebbe stata la stessa "rivoluzione scientifica" da Copernico a Newton. Vorrei qui sottolineare la rilevanza di due processi specifici. Il primo è quel processo di traduzione dall'arabo in latino, a volte attraverso lingue intermedie, di gran parte della scienza greca e della scienza araba, e che avrà il suo culmine nel tredicesimo secolo: questo processo sarà attuato dalla stessa classe colta cristiana e alla fine determinerà, seppure attraverso differenti fasi e forti contrasti, il definitivo prevalere dell'eredità greca sul cristianesimo, nel cristianesimo, nel delineare i caratteri fondamentali della nostra civiltà e della nostra cultura.

Si pensi, ad esempio, al fatto che l'uomo di scienza più rappresentativo intorno all'anno Mille è Gerberto d'Aurillac (ca. 946-1003), noto poi come papa Silvestro II (999-1003), ricordato per delle opere sulla geometria, sull'abaco e forse sull'astrolabio, che aveva scritto sfruttando delle conoscenze ricavate da traduzioni di opere arabe ottenute da uomini di Chiesa in Spagna. I suoi discepoli contribuirono alla crescita di una cultura di scienza della natura, e fra loro vi era anche Fulberto di Chartres, che ebbe un certo ruolo per la formazione della scuola di Chartres, nota poi per un nuovo modo di coniugare, sulla scia di Scoto Eriugena, fisica ed ermeneutica biblica, ovvero una sorta di ermeneutica fisica del *Genesi* operata per esempio dai più famosi Teodorico e Bernardo di Chartres, Guglielmo di Conches, Bernardo Silvestre di Tours.

Qui ancora non è la rivelazione ad essere sottoposta alla *ratio*, alla ragione della *scientia*, ma si tratta di una "rivelazione fisica" che viene colta dalla fede e che mostra quella verità che era solo adombrata nella ragione pre-cristiana, nella fisica di Platone del *Timeo*. Ma questa "rivelazione" fisica e cosmologica è solo una parentesi storica, è solo un ultimo momento di prevalenza della cultura biblica cristiana; subito dopo, la cosiddetta "filosofia della natura cristiana" di marca aristotelica, non più gradino di una più alta *sapientia* di vita, si caratterizzerà per la sua autonomia d'indagine dalla rivelazione, nei confronti di una natura ridotta a "natura naturata",

mero oggetto di un sapere intellettualistico staccato dalla ricerca della salvezza e della vita autentica ed eterna. Sarà solo a partire dal XII secolo che nascerà quella *chimera medioevale*, quel misto fra fede cristiana e cultura greca importata nell'occidente latino dalla cultura arabo-islamica, quel “ferro ligneo” che è la “filosofia cristiana” e in particolare la “filosofia della natura” cristiana, come pratica “scientifica” separata dalla vita e dalla ricerca della salvezza: è in questo periodo che le scuole cattedrali prenderanno sempre più importanza e sostituiranno le scuole monastiche, e in corrispondenza a questo nuovo tipo di sapere sorgeranno poi le università.

Le “scienze della natura” della scolastica medioevale si sono così ricostituite sotto i paradigmi teoretici greci ora neo-aristotelici seppure ricomprese all’interno della “revelatio”, dell’ascolto della “Parola di Dio”: solo che, come già detto, all’interno della cristianità medioevale come già di quella antica, la rivelazione torna ad essere declinata non più in senso cosmologico originario, ma solo antropologico in cui la natura ha un ruolo puramente allegorico per la salvezza umana. Con la tarda scolastica, o comunque a partire dal XII secolo, la teoresi cristiana di nuovo riacquista una sua caratterizzazione fisica e cosmologica seppure de-escatologizzata e de-apocalitticizzata nel quadro dell’onto-teologia dogmatica: di nuovo si ripresenta, seppure in forma ridotta entro tali termini, l’irriducibilità del cristianesimo alla teoresi greca, di nuovo crolla la dinamica-statica aristotelica e viene ripresa una fisica teoretica “cristiana” sulla scia di Filopono.

Il pensiero medioevale, in definitiva, presenta elaborazioni molto differenti e complesse: ha sviluppato criticamente una tradizione aristotelica, e in qualche autore ha anche superato, almeno parzialmente, una tale posizione. Da un lato, Guglielmo d'Ockham, pur mantenendo l'irriducibilità aristotelica del mutamento al moto locale e rifiutando la fisica matematica platonica, ha negato realtà al moto e lo ha ridotto alla differenza di posizione di un corpo esteso; dall'altro lato, Giovanni Buridano e Nicola Oresme, tematizzando il mutamento e il moto come 'realtà successive', hanno accettato e approfondito le considerazioni relativistiche sul moto di Ockham e ne hanno pure evidenziato la realtà come 'forma fluens', a cui va ricollegato il concetto di 'impetus'. Si pensi appunto alla teoria dinamica dell'*impetus* di Giovanni Buridano e di Nicola Oresme, ovvero al superamento della fisica aristotelica per “motivi” cristiani, sanciti pure nel 1277 dalla condanna di vari punti dell’aristotelismo dal vescovo di Parigi, Tempier.

E ancora Buridano e Oresme hanno altresì iniziato anche una quantificazione in termini di proporzioni e rapporti di proporzioni e una geometrizzazione in spazi astratti (Oresme) del mutamento e del moto. D'altra parte, Pietro Olivi e Gerardo di Odone hanno ammesso l'essere stesso come 'soggetto' autentico del tempo e non il solo movimento. Enrico di Gand, come Agostino, ha evidenziato la non riducibilità del tempo ad estensione. Vari autori, partendo dalla connessione tra movimento e

tempo, hanno teorizzato una pluralità di tempi la cui correlazione è stata considerata come dipendente dalla possibilità di istituire una relazione di simultaneità tra gli istanti dei differenti tempi. Oresme, consapevole, come tutti i pensatori medievali, dei problemi d'incommensurabilità che avevano determinato il crollo della fisica matematica pitagorica basata sull'aritmetica, ha poi dimostrato la generale incommensurabilità dei moti, in particolare di quelli celesti, derivando l'eterogeneità dei corrispondenti tempi. Roberto Grossatesta ha cercato di sviluppare una fisica della luce, che fornisce il moto più semplice in quanto più veloce per la caratterizzazione del tempo.

La tarda scolastica, pur nei suoi differenti aspetti, l'umanesimo ed il rinascimento, come fenomeni culturali pur *interni* alla cristianità occidentale, segneranno via via le tappe verso l'assolutizzazione della ragione, caratteristica della modernità.

Il secondo processo storico che ebbe inizio intorno all'anno Mille, che è strettamente legato al primo e fondamentale per lo sviluppo della scienza moderna, è quello della lenta introduzione del sistema di numerazione decimale, *posizionale*, indo-arabo nell'Europa occidentale: con la sua organizzazione di scrittura di successione ordinata di unità, decine, centinaia, migliaia, etc. e con l'introduzione dello zero. Questo nuovo sistema di notazione, di scrittura numerica non ha rappresentato un mero cambiamento grafico-linguistico, ma ha costituito l'effettiva condizione di possibilità di calcolabilità di qualsiasi numero possibile e immaginabile (riducibile ai dieci simboli): mettendo insieme quanto fino allora separato, la scrittura di cifre e i processi computazionali, estendendo a quella il principio "posizionale" di quello strumento di pratiche di calcolo che era l'abaco. Solo allora i numeri perderanno definitivamente la caratterizzazione simbolica e mistica che era stata propria e delle antiche mitologie religiose e pure del cristianesimo: i numeri diverranno via via meri strumenti di calcolo.

L'importazione della cultura greca e della cultura araba nell'occidente cristiano dopo il X secolo ha quindi determinato non solo il carattere teoretico astratto, di separazione dalla vita, della scienza successiva, ma anche il carattere matematico-computazionale della sua *ratio*: l'antico progetto greco, pitagorico-platonico o democriteo-archimedeo, di una *mathesis universalis* non solo tornava a prevalere sull'incertezza esistenziale che caratterizzava la primitiva attesa e la speranza escatologica cristiana in qualche modo "riacutizzata" nei movimenti millenaristici, ma anche perdeva la sua caratterizzazione meramente *simbolica* e si innestava nella scrittura numerica araba come progetto di esplicita *calcolabilità* degli eventi, del mondo, della natura. Qui si possono trovare le radici greco-arabe, inglobate nella cristianità, del disincanto del mondo, che avranno nello spirito della Riforma protestante e nella teologia calvinista solo un ultimo decisivo tassello; qui, le

radici della tecnica moderna, che costituirà la condizione di possibilità del dominio della natura sulla calcolabilità matematica degli eventi.

E' attraverso l'influenza della Riforma Protestante che la vita cristiana si autocomprende attraverso la concezione di un sapere in cui la *ratio* scientifica non è più sottoposta alla *revelatio*, ma è al contrario la *revelatio* ad essere sottoposta all'analisi della *ratio* come fondamento ultimo e autonomo della conoscenza.

6.4 La cristianità moderna

Le scienze fisiche della cristianità moderna erano un complesso di pratiche teoretiche, matematiche e sperimentali, correlate ad un nuovo tipo di vita rispetto al precedente tipo medioevale. La concezione meccanicistica della natura che si costituì attraverso queste pratiche fisiche (attraverso la "meccanicità" della *ratio* delle pratiche teoretiche, attraverso la "meccanicità" del calcolo delle pratiche matematiche aritmetico-geometriche, attraverso la "meccanicità" dell'esperienza dei nuovi soggetti-strumenti fisici coinvolti nelle pratiche sperimentali), era parte di una nuova autocomprensione della vita fattizia dell'umanità "cristiana" nella natura: sia dal punto di vista fisico che teologico la natura era ridotta ad una macchina, a materia inerte e passiva, priva di qualsiasi "potenza attiva" o anima, come una cosa morta o non-vivente. Secondo la prospettiva calvinista, qualsiasi potenza attiva diversa da Dio avrebbe limitato l'onnipotenza di Dio. La concezione meccanicistica della natura prevalse così sulla precedentemente accettata percezione della natura, che, correlata all'antico mito della Grande Dea Madre, comportava una relazione vivente con una natura vivente, piena di potenze attive o angeli come pure "guidata" da un'Anima del Mondo o dallo Spirito Santo. Invero, questa concezione meccanicistica della natura, correlata all'ideale di conoscenza come calcolabilità all'interno di una *mathesis universalis*, può essere compresa in termini di una pre-comprensione tecnica della natura come oggetto di dominio e di sfruttamento per l'effettiva vita umana e non più come "soggetto" di cura: questa pre-comprensione tipica di un'antropologia cristiana ormai trasformata in "umanismo" necessita che la natura sia considerata come una macchina non-vivente, in fondo ad una certa gerarchia onto-teologica, proprio per evitare un qualsiasi impegno etico nei suoi confronti.

Con Galilei e Cartesio, con la 'rivoluzione scientifica', in una ripresa di concetti propri dell'antico atomismo democriteo (senza le venature anti-deterministe epicuree) e un abbandono quasi completo della tradizione aristotelica sviluppata nel medioevo, l'essere è stato ridotto ad estensione spaziale geometrizzata (secondo anche la 'geometria analitica' cartesiana e la riduzione delle forme geometriche a relazioni numeriche aritmetiche), il generale mutamento a moto locale, e il moto locale ad un semplice cambiamento di posizione. La relatività del moto in Galilei e Cartesio si

situa su questo sfondo filosofico. Cartesio ha sviluppato il dualismo filosofico platonico, mentre Galilei ha 'superato' l'impossibilità al livello teorico di ridurre la natura ad un'immagine-rappresentazione ontologica del supposto vero mondo ideale-matematico platonico, attraverso un processo attivo di matematizzazione al livello pratico, correlato alla riduzione dell'esperienza ad una sperimentazione ideale. La caratterizzazione sperimentale della fisica galileiana con l'introduzione di strumenti solidi che sostituiscono come 'soggetto' l'anima dall'esperienza irriducibilmente 'fluida', - come le macchine statiche archimedee in relazione all'atomismo antico -, ha fornito la controparte tecnica di questa riduzione del mutamento a situazioni statiche: il moto è ancora ridotto a una serie di stati istantanei di quiete.

La stessa 'assolutezza' del moto, sottostante alle apparenze cinematiche, comune alla concezione di Galilei e a quella successiva di Newton (come anche all'atomismo democriteo), è propria di un moto ridotto a differenza di posizione: il moto non ha una realtà propria; assoluta e reale è solo una differenza di posizione. Nell'assiomatizzazione della fisica data da Newton, la relatività apparente dei moti è comunque ridotta ai moti rettilinei uniformi (per Galilei solo uniformi), ed è esposta solo come corollario delle tre leggi del moto. Le forze concepite come forze di posizione riducono la dinamica ad una statica dell'istante: questa è la controparte teorica dell'impossibilità di una misura non-statica del moto. L'evoluzione dinamica è apparente: non dipende dal moto, ma solo dalle condizioni iniziali o reversibilmente finali. In questa prima formulazione sistematica della fisica moderna, Newton ha ipostatizzato il tempo e lo spazio come realtà assolute (il moto è assoluto in quanto riferito allo spazio assoluto), indipendenti dagli eventi fisici, cioè quali estensioni vuote con proprietà di omogeneità, isotropia e reversibilità. La cinematica e la dinamica sono costruite sulla base della geometria euclidea. La dinamica, legata alla realtà delle forze immateriali come cause esterne, può far sì che i processi fisici presentino disomogeneità, anisotropia e irreversibilità, ma è data indipendentemente dalla geometria che non è contaminata e intaccata dagli eventi. La realtà è completamente determinata come estensione spaziale ('res extensa'), permanente in un tempo ridotto a sua volta ad estensione e come forze immateriali correlabili a configurazioni geometriche statiche dei corpi materiali. La determinazione numerico-quantitativa diventa la cifra di una 'realtà' ridotta a estensione geometrizzata, e poi matematizzata in un senso più generale.

Al di là della pretesa di inglobare le leggi di Keplero all'interno della nuova meccanica, Newton ne tradisce completamente la dimensione simbolica e la percezione animistico-vitalistica della natura come immagine di Dio.

Nella meccanica di Newton, su cui, a dispetto dello stesso Newton, si fonderà la stessa concezione meccanicistica della natura, l'esperienza dello spazio e del tempo non è più quella della terra-madre e del tempo-della-vita, arcaica come pure antica e

medioevale, come non è più quella escatologica della nuova terra e del nuovo cielo, propria del cristianesimo esseno originario: vi è la geometrizzazione-euclideanizzazione dello spazio, svuotato di qualsiasi materia e di qualsiasi vita, assolutizzato come luogo d'esplicazione della sola onnipotenza di Dio, ed esperito ormai solo attraverso le misure sperimentali di uno strumento meccanico come il regolo rigido; vi è la parametrizzazione geometrica del tempo, svuotato di qualsiasi evento fisico, assolutizzato quale eterna durata di Dio, ed esperito ormai solo attraverso le misure sperimentali di uno strumento meccanico come l'orologio. Tale esperienza del tempo nella fisica moderna deve essere quindi compresa nei termini di un'autocomprensione della vita effettiva, cristiano-moderna, nella natura, legata alla mera predittività meccanica degli eventi fisici per il dominio della natura, corrispondente all'idea di una altrettanto meccanica e deterministica predestinazione delle anime, passive e determinate dal *servo arbitrio*, salvate solo dalla predeterminata grazia di Dio.

Solo nella fisica di Leibniz resta viva un'esperienza escatologica cristiana del tempo. Nella sua dinamica una generale relatività del moto è legata ad una tematizzata realtà del moto, non riducibile ad estensione, ma legata all'attività delle 'monadi' costitutiva della loro realtà. Leibniz si richiama alla realtà del moto come 'forma fluens' e come impetus, discussa dai medievali. Tale attività è legata alle azioni di una forza interna, 'vis viva' (non c'è soluzione di continuità tra mondo inorganico e mondo organico, non c'è separazione tra materia e anima: il moto è spontaneo e naturale a tutti i livelli della natura), corrispondente all'odierna energia cinetica, che secondo Leibniz basta a determinare come autonomo dalle altre monadi il moto di ogni monade: le monadi, non materiali ma 'atomi di forza-energia' ovvero 'atomi di moto-mutamento', non agiscono violentemente le une sulle altre ad alterarne l'evoluzione dinamica naturale, e la conservazione del moto nell'universo fa sì che esse siano realtà non separabili, parti di un unico divenire universale. La non separabilità delle monadi, di questi 'atomi di moto', implica la stessa relatività generale del moto, ovvero il fatto che qualunque osservatore può attribuire qualsiasi 'parte di moto' a qualsivoglia monade, ma tutte le 'divisioni' del moto sono arbitrarie e possibili. Spazio e tempo non sono che le relazioni d'ordine possibile fra le monadi, interne a questo moto dell'universo come un tutto armonico. Spazio e tempo non sono più ridotti ad estensioni vuote e date indipendentemente dalle monadi del moto: lo sviluppo del calcolo differenziale è legato alla rappresentazione del moto, dello spazio e del tempo in termini intensivi-differenziali. La non-separabilità delle monadi, essendo legata alla 'quantità di moto' e all'"energia cinetica" dell'universo, non riguarda allora solo le relazioni spaziali ma anche quelle temporali: le monadi hanno 'memoria', ovvero la loro dinamica dipende da tutta la loro storia come dalla storia di tutte le altre monadi ed è vincolata anche agli sviluppi futuri. Il tempo è costitutivo della 'realtà' delle monadi. E' questo il significato anche di una dinamica integro-

differenziale basata su principi variazionali di minimo o di massimo per il sistema universo considerato come un 'tutto che cospira'. La dinamica non è determinata come quella newtoniana da forze esterne come efficienti causalità meccaniche, ma dipende (al di là di ogni determinismo newtoniano legato alle causalità materiali delle condizioni iniziali) da 'principi' del moto-mutamento che si proiettano in 'finalità' immanenti, puramente armoniche della natura come un tutto (e non legate a progetti di umana 'volontà di potenza', di dominio dell'uomo sull'uomo e sulla natura, 'volontà' che pure si rispecchiano nelle forze esterne newtoniane, nella meccanizzazione-razionalizzazione del mondo). La 'realtà' del moto, legata a tali 'finalità' che invero sono escatologiche, non è così riducibile ad un essere come presenza data in uno spazio a disposizione delle manipolazioni di forze esterne (a partire dal presente delle condizioni iniziali), ma è da considerarsi secondo la modalità temporale del futuro (anche il passato ha realtà solo in quanto futuro, in una connessione non-separabile con il futuro). Il *chronos* come tempo-ordine possibile intensivo tra le monadi è inseparabile dal *kairòs* come tempo 'proprio' costitutivo di ogni monade e dall'*aiòn* come tempo universale globale. Si può allora dire che, contrariamente a quanto emerge dalla stessa critica di Leibniz da parte di Heidegger (che pure ha trascurato, almeno a livello esplicito, la dimensione kairologica e aionica del tempo), il tempo individuato da Heidegger come alternativo alla cosiddetta 'concezione volgare' del tempo è quello stesso in qualche modo 'implicito' nella fisica di Leibniz.

Fra il XVIII ed il XIX secolo, ci fu un ulteriore passo verso l'assolutizzazione di una *ratio* illuministica, matematico-formale, svincolata da qualsiasi riferimento ad una *revelatio* (spesso del tutto negata), che completò la cosiddetta "rivoluzione scientifica" come anche il progetto di razionalizzazione e di dominio tecnico della natura: la passività meccanica della natura, richiesta da una particolare teologia cristiana, poteva ormai essere esplorata di per sé, rimuovendo nell'inconscio dell'umanità tale presupposto della sua origine. L'uomo "cristiano" moderno ha ormai compiuto quel processo di divinizzazione dell'uomo che consegue dalla teologia post-niceana dell'incarnazione, troncata però all'evento assolutizzato della morte di Dio per l'uomo. Non vi è più alcuna esperienza religiosa della natura e dei suoi tempi, ma una mera esperienza tecnica, una mera auto-comprensione tecnica della vita nella natura.

Se, come già detto, la cristianizzazione del mondo occidentale a partire dal IV secolo non è che l'altra faccia della "mondanizzazione" (e in particolare, occidentalizzazione: ellenizzazione e latinizzazione) del cristianesimo, allora il suo esito non può che essere il compimento della stessa "secolarizzazione" come "scristianizzazione" del mondo occidentale a partire dal XVII secolo.

Paradossalmente però, tale “scristianizzazione” dell’occidente è correlata alla morte di Dio come Grande Meccanico e solo una tale “scristianizzazione” permetterà eventualmente di riavvicinarsi al cristianesimo originario.

Nella transizione dall’esperienza naturale all’esperimento e dal linguaggio naturale orale al linguaggio matematico scritto, lo strumento tecnico e lo “strumento” matematico avevano giocato il ruolo del soggetto della conoscenza scientifica della natura che era stata ridotta ad un oggetto di manipolazioni sperimentali e matematiche. Non solo la conoscenza teorica è separata dalla vita umana effettiva, ma anche il linguaggio e l’esperienza della natura sono stati separati dalla vita effettiva: la vita umana è così alienata dalla natura che è così reificata.

La fisica classica, invero, si è sviluppata perlopiù lungo le direttive di una tradizione newtoniana con elementi cartesiani. Tuttavia, anche alcuni elementi leibniziani sono surrettiziamente entrati all’interno della prospettiva newtoniana: le energie leibniziane sono state legate al lavoro delle forze esterne newtoniane, e il calcolo differenziali e i principi variazionali sono stati usati all’interno di una meccanica analitica riprodotte il mondo delle estensioni spaziali e temporali vuote e delle causalità meccaniche newtoniane. In filosofia è stato Kant ad usare Leibniz per la consacrazione della meccanica newtoniana. Kant, con l’introduzione di un soggetto trascendentale umano (non pensato conseguentemente come tempo, come evidenziato da Heidegger o come le monadi leibniziane), come fondamento della conoscenza ha trasformato il dualismo ontologico di Platone in un dualismo epistemologico e la natura è stata ridotta a immagine-rappresentazione logico-trascendentale del mondo categoriale del soggetto trascendentale. Il tempo naturale è stato ridotto a ‘immagine’ del tempo di tale mondo trascendentale, e comunque a vuota estensione newtoniana.

Dalla fine del diciassettesimo secolo, ovvero dall’inizio dell’epoca cosiddetta moderna, eppure le nostre pratiche discorsive, come notato da Foucault, si sono date un ordine globale storico entro cui comprendersi, evidenziando anche la storicità dei propri oggetti, che così diventano singolari. Questo cambiamento modifica anche le pratiche della fisica: oltre il riconoscimento di un dominio di processi irreversibili, di mutamenti qualitativi non riducibili a moto locale, ovvero a differenza di posizione spaziale, all’interno della nuova disciplina termodinamica, ci fu anche con Boltzmann la creazione di una cosiddetta ‘meccanica ereditaria’ che comporta non solo l’irreversibilità dei processi fisici, ma anche una loro completa ‘storicità’ (una dipendenza dell’evoluzione dinamica non solo dalle condizioni iniziali, ma dall’intero passato, come nei fenomeni d’isteresi elastica), basata sul persistere di un ‘effetto residuo’ o ‘Nachwirkung’. Si tratta di una ripresa inconsapevole di un aspetto fondamentale della dinamica leibniziana, che sarà poi sviluppato ‘consapevolmente’ da Volterra. Tuttavia, da un lato, tale ‘paradigma storico’ fu nuovamente rifiutato in fisica e ‘celato’ dalla maggior parte dei fisici, dall’altro lato, l’emergenza della

meccanica statistica non fu considerata, come in effetti era, come il segno del crollo del 'paradigma meccanico' del moto (in quanto la meccanica doveva essere completamente modificata, con l'introduzione di una probabilità statistica), ma, al contrario come la riducibilità della termodinamica alla meccanica con la 'sconfitta' del 'paradigma energetista' legato alla termodinamica. Il tempo è stato così ancora considerato come estensione vuota sul modello dell'estensione spaziale.

7. Il tempo e le rivoluzioni della fisica del Novecento

7.1 Le rivoluzioni della fisica

Solo alla fine dell'Ottocento e all'inizio del nostro secolo, tale paradigma 'estensionale'-newtoniano del tempo e del mutamento è stato superato con un ritorno a Leibniz e Anassimandro, da un lato, all'interno della fisica con Poincaré, Einstein, Whitehead, e, dall'altro lato, quello 'filosofico', con Bergson, lo stesso Whitehead, Heidegger ed Ernst Bloch.

Le cosiddette 'rivoluzioni' della fisica del novecento, infatti, hanno completamente *mutato* il quadro precedente. La teoria della relatività e la fisica dei quanti, e più recentemente la fisica del caos, nate in relazione ad una necessaria definizione operativa delle grandezze fisiche e ad una altrettanto necessaria interpretazione pragmatico-performativa delle teorie fisiche, hanno portato al riconoscimento di in-determinazioni delle grandezze fisiche associate, fra le altre, all'estensione spaziale, all'estensione temporale e alla velocità che caratterizza il moto.

Anche per la teoria della relatività si può in effetti parlare di indeterminazioni: spazio, tempo come estensione e velocità, sono grandezze determinate (per i sistemi inerziali) a meno di trasformazioni di Lorentz. E' questa l'interpretazione che ne ha dato Max Born, a partire dal suo dibattito con Einstein, affermando una generale incompletezza di tutte le teorie fisiche: non solo della meccanica quantistica quindi, ma anche della relatività e perfino della meccanica classica a causa dell'incertezza delle condizioni iniziali.

Un'altra rivoluzione è legata agli sviluppi più recenti della termodinamica ottenuti da parte del fisico Ilya Prigogine e del suo gruppo, che ha sviluppato una fisica non-lineare dei processi irreversibili lontani dall'equilibrio, non riducibili a sequenze di stati d'equilibrio, e delle cosiddette strutture dissipative: tali sviluppi poi collegati alla fisica del caos, come notato da René Thom e Jean Petitot, hanno evidenziato un ruolo 'morfogenetico' del tempo, non più legato all'idea di morte termica. Thom e Petitot hanno cercato così, legandosi anche agli sviluppi di una dinamica qualitativa cui ha portato la fisica del caos, di elaborare una teoria generale

del mutamento non riducibile a moto locale, basata su un sistema di discontinuità fondamentale, ovvero la cosiddetta teoria delle catastrofi: tale teoria, tuttavia, è stata anche pensata secondo dettami neo-kantiani, soggettivistici e aprioristici.

Come è noto, da queste 'rivoluzioni' del novecento è stato indotto un dibattito sul 'realismo' all'interno della comunità dei fisici come anche dei filosofi della scienza: essenzialmente dalla meccanica quantistica; in maniera meno diffusa in relazione alla teoria della relatività, e ancora 'in nuce' per i problemi sorti con il 'caos' in fisica classica. La meccanica quantistica, la teoria della relatività, e la fisica del caos sarebbero 'colpevoli', secondo la prospettiva di alcuni fisici e filosofi della scienza, di una perdita di 'realità', di una incapacità di descrivere in maniera completa la realtà: di una perdita di 'realismo' in favore di un pragmatismo che sfocerebbe nell'idealismo filosofico.

Dalla prospettiva storica prima brevemente esposta è chiaro, a mio avviso, tuttavia, che in tali teorie fisiche crolla soltanto un'*idea* di realtà, quella dominante da secoli nella tradizione scientifica: la realtà come estensione permanente quantitativamente determinata. Crolla in effetti la riduzione del mutamento (del moto) a cose estese spazialmente e permanenti nel tempo, quella che potrebbe essere chiamata la 'reificazione' dei processi naturali in cose-oggetti. Da un tale punto di vista, si tratta di un ritorno a Leibniz, per quanto riguarda la conciliazione della relatività con la realtà del moto, e ancora più alla fisica del mutamento indeterminato di Anassimandro.

In tali teorie del novecento, infatti, il moto non è più determinabile in funzione di estensioni spaziali e temporali: la 'realità' del moto e dei processi fisici, legata agli invarianti delle teorie, è indeterminata in termini spaziali e temporali esterni; solo il mutamento indeterminato è invariante, solo gli eventi indeterminati rispetto ai parametri esterni di spazio e tempo come estensione sono 'reali'. La relatività del concetto di simultaneità fa crollare il concetto stesso di estensione spaziale.

Anche una certa critica filosofica della scienza (soprattutto come codificata nelle sue forme tardo-ottocentesche), operata da Max Weber, Henri Bergson, Georg Simmel e Edmund Husserl, e sviluppata poi da Martin Heidegger e parallelamente da György Lukács all'origine del marxismo occidentale (seguito poi da Herbert Marcuse, Alfred Sohn-Rethel, Theodor Adorno e Max Horkheimer) aveva identificato l'associato 'realismo' con una forma di 'reificazione' della natura, ovvero con uno 'storicamente determinato' progetto di 'razionalizzazione' filosofico-scientifica e economico-sociale, teso al dominio tecnico del 'mondo della natura' e del 'mondo della vita': la riduzione della natura ad una platonica idea-numero e dei suoi processi naturali e vitali a valore numerico-economico, a denaro e a merce.

Paradossalmente allora rispetto alla discussione in corso sul loro 'mancato' realismo, potrebbero essere proprio le teorie quantistiche, relativistiche, del caos e dei

processi irreversibili a restituirci ad una comprensione della 'realtà' fisica, della natura, al di là di sue ideologiche e metafisiche 'reificazioni', e in accordo alle critiche alla scienza di Bergson, Heidegger e altri filosofi.

Henri Poincaré (1854-1912) è stato autore sostanziale di due delle grandi rivoluzioni scientifiche che hanno sconvolto la fisica del Novecento e partecipe attivo della terza. Mi riferisco, da un lato, alla relatività e alla fisica del caos, e, dall'altro, alla teoria dei quanti: la fisica del Novecento è in gran parte *firmata* Poincaré.

La fisica del caos, della relatività e dei quanti hanno fatto crollare la concezione meccanicistica della natura: la complessificazione degli strumenti sperimentali e delle pratiche ad essi correlate – per ampliare ed estendere il dominio della natura per un più ampio sfruttamento di essa – paradossalmente ha rivelato un'indeterminazione fondamentale e un'impredicibilità della natura che rendono impossibili qualsiasi controllo umano, qualsiasi razionalizzazione ultima e matematizzazione di essa.

Così l'esperienza della natura e dei suoi tempi di tipo meccanicistico-tecnico, che si era assolutizzata come unica possibile e sostitutiva dell'esperienza religiosa ed anche psicologica ed umanistica, si rivela falsa, impraticabile, non effettiva. Da una parte, l'esperimento si presenta come non più in grado di fornire una determinazione univoca della natura: gli strumenti come soggetti-macchina hanno esperienze differenti della natura, dipendenti dai contesti fisici, relative, complementari, incerte e ambigue come quelle di un soggetto vivente; la natura stessa risulta indeterminata, non più connotabile da qualità primarie univocamente, esattamente determinabili e certe, variabilmente attiva e non più passiva. Dall'altra parte, il calcolo non si presenta più in grado di fornire una determinazione univoca della natura: gli strumenti matematici come soggetti-macchina non hanno più una loro intrinseca certezza, sia per la molteplicità dei linguaggi e delle loro possibili differenti codificazioni dell'esperienza sia per l'incalcolabilità-impredicibilità generale dell'evoluzione dei processi fisici; la natura stessa non è determinabile in termini geometrici, aritmetici, analitici. La natura non è più teoreticamente comprensibile nei termini di una *ratio* meccanica.

Ed è il tempo quale dimensione costitutiva della natura, dei processi fisici, che relativizza e indetermina l'esperienza della natura meccanicistico-tecnica aprendo ad una nuova percezione che corrisponde a quella del nuovo *Aiòn* come nuovo tempo cosmico e di ogni parte dell'universo come della luce, del *kairòs* degli eventi e della *Parousia* quale prospettiva insita di un finale "regno della luce", nella natura stessa.

Il dibattito sulla fisica quantistica ha ritematizzato la questione di Dio proprio a partire dall'ambito determinato dalla teorizzazione esplicita della morte di Dio nella cultura umanistica, da parte di Nietzsche: Nietzsche faceva riaffiorare, dall'antica cultura greca o orientale, delle immagini di Dio che non aveva trovato nell'esperienza

moderna del cristianesimo, del cui Dio meccanico aveva decretato la morte, e prospettava la possibilità di credere solo ad un Dio che danza, ovvero ad un Dio che gioca a dadi. È nella indeterminazione della fisica quantistica, relativistica e del caos, nella non-separabilità e sincronità quanto-relativistica della natura, nel Vuoto quanto-relativistico microfisico e cosmologico come negli effetti farfalla, che si rivela un Dio che gioca a dadi, che danza e che corrisponde in effetti al Dio inoggettivabile e imprevedibile della *Parousia* e del regno di Dio annunciato da Gesù.

Qui le stesse pratiche fisiche - sperimentali, matematiche e teoriche - dimostrano la necessità di mutare la stessa pre-comprensione tecnica della vita umana effettiva nella natura sulla quale esse si sono basate negli ultimi due secoli. Tuttavia, il mondo-della-scienza non è più un'astrazione realizzata, marginale, non è più separabile in alcun modo dal mondo-della-vita: essi diventano sempre più intrecciati. Il mondo-della-scienza non sta solo modificando il mondo-della-vita ma lo va anche sostituendo. In questa situazione, la fisica non è più una pratica umana fra le altre, la fisica sta cambiando la faccia del pianeta e sta giocando un ruolo-guida nelle nostre società dominate dalla tecnica. La fisica come scienza sta rimpiazzando la religione nel ruolo "ideologico" delle strutture culturali e materiali delle nostre società, nell'atteggiamento nei confronti della vita e della natura: la scienza sta diventando il nostro "mezzo generalizzato di comunicazione". Da questo punto di vista le profonde implicazioni delle rivoluzioni della fisica sull'auto-comprensione della nostra vita effettiva nella natura sono state rimosse, e la concezione meccanicistica della natura è ancora viva all'interno e delle comunità scientifiche e delle nostre società.

Tuttavia, questo non è tutto: un'altra rivoluzione della fisica, forse ancora più profonda, si sta attuando in questi ultimi anni ed è correlata al computer. I computer sono in grado di simulare processi complessi e di risolvere problemi complessi che la fisica moderna non era in grado di risolvere - e che emergevano in scienze come la biologia, la sociologia, che affrontano casi di "pattern" evolutivi e storici, ma anche come la fisica invero, come ha mostrato la teoria del caos -, perché non usano le tecniche matematiche sequenziali standard che hanno caratterizzato la moderna *mathesis universalis* e invero il moderno modo di pensare.

Invero, i computers usano un nuovo tipo di tecniche matematiche "parallele", "evolutive" che non astraggono la vita o i processi dinamici-evolutivi in oggetti geometrici, in numeri in equazioni (differenziali o integrali), non modellano più la natura attraverso un linguaggio matematico, statico, morto: la natura non è un linguaggio (matematico) e non la possiamo comprendere attraverso questi mezzi; i computer ricreano invece una natura "artificiale" (una "realtà virtuale") anch'essa "vivente", attraverso la quale comprendere (non più attraverso esperimenti) la natura vivente.

La possibile futura fisica virtuale permetterebbe così di superare la crisi di linguaggio e d'esperienza della fisica moderna non solo attraverso la fisica del caos, della relatività e dei quanti ovvero attraverso l'indeterminazione delle pratiche sperimentali, matematiche e teoriche, ma anche "virtualmente" attraverso una nuova esperienza della natura e dei suoi tempi che in qualche modo coinvolge anche tutti i nostri sensi, il nostro corpo e pure una percezione e una vita al di là dei limiti e della violenza in essi insiti.

7.2 Poincaré, l'origine della relatività e Bergson

Il punto d'avvio per la formulazione della dinamica relativistica da parte di Poincaré è costituito da una riconsiderazione critica della meccanica newtoniana. Analizzando il linguaggio della meccanica newtoniana, Poincaré evidenzia i fraintendimenti e le ipostatizzazioni metafisiche che ne hanno caratterizzato l'interpretazione. Lo spazio assoluto, il tempo assoluto e il moto assoluto, come parametri vuoti esterni ai processi fisici, sono dei concetti che non hanno senso già all'interno della meccanica classica perché ad essi non corrisponde alcuna operazione sperimentale possibile in grado di determinarli come tali. Il linguaggio formale-simbolico della meccanica classica acquista senso nell'uso globale che facciamo dei suoi termini in relazione all'intero insieme (non in corrispondenza termine a termine) di operazioni sperimentali di misura che sono differenti per differenti sistemi di riferimento.

Poincaré effettua così per il linguaggio della fisica un'operazione analoga a quella che anni dopo Ludwig Wittgenstein farà per il linguaggio naturale e la filosofia: Poincaré decostruisce la semantica referenziale, denotativa dell'ontologia newtoniana, e indica la teoria fisica come un 'gioco linguistico' a carattere performativo. Cioè, come un linguaggio i cui enunciati acquistano senso nelle pratiche fisico-sperimentali corrispondentemente effettuate. Poincaré di fatto introduce una nuova teoria del significato fisico e corrispondentemente un nuovo modo di concepire una teoria fisica.

Da questo punto di vista, Poincaré riconosce una realtà fisica al moto e insieme la sua relatività ed è fortemente influenzato dalla fisica di Leibniz: si può così spiegare, con questo preciso collegamento storico, il ritorno nella storia della fisica di una concezione 'realista' e relativista del moto.

Poincaré introduce per primo il principio di relatività per i sistemi inerziali come fondamento della meccanica classica e lo 'generalizza' subito dopo per i sistemi non inerziali.

Nel 1904 Poincaré analizza la situazione intercorrente tra esperimenti e principi della fisica: il principio di conservazione della massa, il principio di conservazione della quantità di moto, il principio di conservazione dell'energia, il

principio d'azione e reazione, il principio di minima azione, il principio di relatività. Una crisi dei principi era evidente: nuovi strumenti avevano introdotto nuove condizioni di possibilità dell'esperienza (l'interferometro, le misure a livello microfisico sull'elettrone, le misure di velocità sempre più elevate) che contrastavano con le codificazioni dell'esperienza precedente. Gli esperimenti di Kaufmann e quelli di Michelson-Morley risultavano decisivi per la costruzione di un nuovo quadro teorico.

Poincaré considera la geometria euclidea e quella galileiana (come definibile, seguendo il programma di Erlangen di Felix Klein, a partire dalle trasformazioni di Galilei che individuano le grandezze geometriche invarianti) solo come linguaggi fra gli altri possibili in cui poter formulare una teoria fisica. Infatti, il significato di una teoria fisica è associato non a un linguaggio che rispecchia nei suoi termini una realtà meta-fisica come in sé data, ma ai contesti d'uso dei suoi termini in relazione alle operazioni sperimentali, identici per vari 'giochi linguistici' possibili.

La preferibilità di un linguaggio rispetto ad un altro sta solo nella sua comodità o semplicità d'uso; tuttavia, al contrario di quanto spesso affermato in studi critici sul pensiero di Poincaré, ciò implica un elemento di 'convenzionalità' solo al livello della scelta del linguaggio da usare, ma mai arbitrarietà o negazione idealistica di una 'realtà' fisica. Le operazioni sperimentali forniscono il contesto pragmatico-performativo ineludibile dei 'giochi linguistici' della fisica, anche se non determinano questi in maniera univoca: non si tratta quindi neanche di una trasformazione 'convenzionalista' del kantismo. E la realtà dei processi dinamici, nonostante le differenti apparenze cinematiche che rispecchiano la costitutiva relazionalità della realtà del moto (non riducibile a differenza di posizione) o le possibili differenti convenzioni linguistiche, non è mai negata da Poincaré.

Una delle obiezioni più frequenti al riconoscimento di Poincaré quale creatore della dinamica relativistica è stata quella basata sul fatto che l'atteggiamento 'convenzionalista' di Poincaré sarebbe risultato un 'ostacolo epistemologico' alla costruzione di una nuova teoria. In effetti, è vero proprio il contrario: Poincaré è consapevole che la geometria euclidea o galileiana non sono affatto a priori e che il trascendentalismo kantiano porta soltanto all'ipostatizzazione di una convenzione in conoscenze sintetiche a priori. E la consapevolezza dell'impossibilità di una fondazione trascendentale della conoscenza fisica non si è tramutata in 'impotenza' epistemologica, ma nella costruzione positiva di alternative teoriche basate su altre convenzioni più utili.

L'analisi dei fondamenti della meccanica ha reso Poincaré consapevole che anche la dinamica, come la geometria, non può essere considerata a priori, ma che si basa su una convenzione: le definizioni di forza e massa implicavano una circolarità. L'analisi dell'elettrodinamica dei corpi in movimento con il riconoscimento del darsi

di una inerzia elettromagnetica e della struttura elettromagnetica della materia aggregata gli dà coscienza del fatto che non può costruirsi una dinamica indipendentemente e a priori rispetto ad una teoria del mondo fisico e ad una teoria degli strumenti di misura, ovvero rispetto ad una teoria della costituzione elettromagnetica della materia. Queste analisi e ancora il riconoscimento del gruppo di trasformazioni di Lorentz come gruppo d'invarianza dell'elettrodinamica che rispetta la relatività del moto, gli suggeriscono la possibilità di una nuova convenzione geometrica e dinamica, che tenga conto di quanto già detto e rifletta direttamente per tutte le parti della fisica (non solo per la meccanica, ma anche, in particolare, per l'ottica e l'elettrodinamica) la realtà relazionale del moto, e allo stesso modo la realtà invariante del moto della luce.

Poincaré costruisce effettivamente la nuova teoria del moto nell'articolo pubblicato il 5 Giugno 1905, circa un mese prima del lavoro di Einstein (ricevuto il 30 Giugno). Poincaré introduce così la dinamica relativistica invariante per trasformazioni di Lorentz e una crono-geometria euclidea dello spazio-tempo (con quarta coordinata immaginaria, con velocità della luce posta uguale all'unità: $i t$).

Poincaré è tuttavia consapevole che una teoria relativistica del moto può essere formulata anche all'interno del linguaggio classico della geometria galileiana e della dinamica newtoniana, ma tale formulazione non riflette direttamente il contenuto invariante della realtà fisica e risulta molto più complicata: spazio e tempo come estensione sembrerebbero, in quanto invarianti, reali, e il moto della luce non invariante e non reale.

Per Poincaré gli esperimenti hanno un ruolo primario come base per definizioni operative e costruzioni teoretiche, che costituiscono una teoria 'universale', elettrodinamica della struttura della materia: questa teoria elettrodinamica è universale nella misura in cui essa include una teoria degli strumenti ovvero delle stesse condizioni fisiche della conoscenza. Per Einstein, al contrario, gli esperimenti stanno solo alla fine della gerarchia di livelli della costruzione della conoscenza scientifica come livello di verifica, ma essi non sono presenti nella costruzione della teoria, basata sui principi; non vi è alcuna previa teoria elettrodinamica della struttura della materia che includa una teoria degli strumenti: strumenti come regoli e orologi sono assunti a priori come tali e sono usati per stabilire le definizioni operative. Quella di Einstein è una costruzione aprioristica basata su principi e strumenti dati a priori. Nella formulazione della meccanica di Poincaré (non è possibile entrare qui nei dettagli che la differenziano da quella di Einstein), la relatività del moto, indeterminato in termini di spazio e di tempo in relazione ai sistemi di riferimento (inerziali), è invece basata sugli esperimenti ed è la conseguenza di una teoria universale della struttura della materia e/o della misura, cioè di 'un'ermeneutica fisica' in quanto la nostra conoscenza è relativa (ai sistemi di riferimento) o 'incompleta' (in

relazione all'indeterminazione del moto) proprio perché i nostri mezzi di conoscenza, gli strumenti, sono sempre correlati a (dati all'interno di) una certa struttura del mondo da cui non si può prescindere.

Mentre la formulazione di Einstein tenta di ristabilire la priorità della meccanica sull'elettrodinamica e quindi in definitiva una concezione, almeno in parte, meccanicistica della natura, la dinamica di Poincaré rappresenta il crollo della concezione meccanicistica della natura e l'emergere di una concezione elettromagnetica della natura come attiva e non inerte e passiva, e in definitiva 'vivente'. Nel 1906 Poincaré scrive un saggio su *La fine della materia* : è qui segnato il crollo di ogni materialismo scientifico e determinismo meccanicista, con il conseguente ritorno alla arcaica, antica, ma anche cristiana percezione della natura come 'animata' e 'vivente'.

Tutti questi aspetti complessi della posizione di Poincaré possono forse contribuire a spiegare, e non solo da un punto di vista 'internista', il perché dell'oblio del ruolo di Poincaré nella creazione della relatività speciale. Ciò in quanto bisogna distinguere tra la questione della creazione del nuovo quadro teorico e la questione della istituzionalizzazione della relatività speciale come una disciplina separata dalle altre branche della fisica, che è una questione appunto sociologica nella misura in cui la sua costituzione disciplinare - che in tempi più recenti ha portato anche all'istituzione di specifiche cattedre universitarie - ha comportato la diffusione e l'accettazione da parte della comunità internazionale dei fisici.

Invertendo così la tendenza dominante all'interno della fisica, Poincaré opera una dinamicizzazione e una temporalizzazione della geometria e dello spazio, secondo una linea di pensiero che sarà poi anche sviluppata da Whitehead (il quale ha riformulato la teoria in termini di relazioni tra eventi). Le proprietà dell'elettrodinamica, che sta alla base della ridefinizione dello spazio e del tempo, diventano così qualità dello spazio e del tempo ridefiniti appunto in termini del moto della luce, non più come mere estensioni vuote date a priori. Così la relatività è legata, attraverso il problema della cosiddetta 'reazione di radiazione', ad una ineludibile irreversibilità e storicità-ereditarietà dell'evoluzione dei sistemi fisici. Eddington ha collegato poi la struttura quadridimensionale dello spazio-tempo esplicitamente all'introduzione nella fisica del tempo come 'flusso-durata' di Bergson come dimensione costitutiva dei processi fisici. Saranno queste alcune caratteristiche che resteranno nascoste nella formulazione della teoria da parte di Einstein: si può notare quindi che molte polemiche, come si potrà vedere anche dalle analisi seguenti, contro la relatività da parte di Bergson, e oggi in parte riprese da Prigogine, sono relative soltanto alla formulazione einsteiniana della teoria, diffusa poi nella comunità dei fisici.

La posizione di Poincaré di conciliazione della relatività e della 'realtà' del moto, come già storicamente quella di Leibniz, non si adattava e a tutt'oggi non si adatta, al contrario di quella più 'oggettivistica' e 'semplicistica' epistemologicamente di Einstein o di Minkowski, alla storicamente determinata 'forma di vita' occidentale, dove la relatività del moto come negazione della sua realtà (come quella del 'divenire') e riduzione della realtà ad estensione spazio-temporale ha radici nella 'reificazione' socio-economica e nella corrispondente alienazione dell'uomo dalla natura.

Con la relatività crolla un'idea di realtà che era dominante da secoli nella tradizione scientifica: una realtà intesa come estensione spaziale permanente nel tempo quantitativamente determinata. Estensione spaziale e temporale, velocità come loro rapporto, sono grandezze misurabili non più invarianti, e determinate a meno di trasformazioni di Lorentz. O meglio, la relatività della simultaneità fa crollare lo stesso concetto di estensione spaziale: una simultaneità reale è definibile solo puntualmente, ovvero non esiste uno spazio di simultaneità. Fra l'altro, come già notato da Bergson, anche l'estensione temporale presuppone una contraddittoria simultaneità dei punti-ora coinvolti nel calcolo-somma di un intervallo temporale. Come crolla lo stesso determinismo universale alla Laplace: non ha più senso parlare di uno stato dell'universo ad un certo istante. Solo gli eventi, fondamentalmente irreversibili nel loro accadere, sono invarianti, mentre le loro rappresentazioni in termini di estensioni spaziali e temporali sono puramente relative. Come è stato bene messo in evidenza dal fisico e filosofo della fisica Herbert Dingle, la rappresentazione degli eventi in termini spaziali e temporali è altresì relativa al nostro modo di misurare la velocità in termini di misure spaziali e temporali, e di misurare il tempo in termini di misure spaziali; altre scelte sarebbero possibili: per esempio misurare il tempo in termini di energia o di entropia in relazione ai processi radiativi, in maniera tale da introdurre immediatamente un tempo termodinamico irreversibile. Sono quindi gli eventi come processualità fisica, come generali processi di mutamento ad essere invarianti, a non essere più riducibili ad estensioni spaziali e temporali, cioè a cose estese spazialmente e permanenti nel tempo: crolla quella che potrebbe essere chiamata la reificazione dei processi naturali in cose-oggetti.

L'invariante metrico della teoria non corrisponde ad un misterioso quanto astratto 'spazio-tempo' non misurabile, ma, da un lato, a processi di moto invarianti e reali come quello della luce ($ds^2 = 0$) o delle particelle 'materiali' ($ds^2 > 0$) o ancora alla non-globale ordinabilità temporale di eventi non connessi in processi di moto ($ds^2 < 0$); dall'altro lato, ad un nuovo concetto di tempo, detto 'tempo proprio' dei processi fisici: è questo il tempo reale, distinto dai tempi fittizi, esterni in quanto legati a differenti sistemi di riferimento non legati ai processi fisici in esame. E'

questo l'equivalente fisico del 'tempo vissuto' bergsoniano, ma non unico quindi ma differente da processo a processo.

Quanto detto comporta anche l'esistenza di un tempo proprio della luce, differente dal tempo dei processi 'materiali', e che è sempre identicamente nullo: è questa la controparte fisica dell'idea cristiana di un 'tempo dell'eternità', o meglio di un tempo del nuovo *aiòn* del regno di Dio ovvero del 'regno della luce'.

Solitamente si dice che solo nella relatività generale si ha una completa dipendenza dello spazio e del tempo dagli eventi, ma, in effetti, questo si ha già a livello di relatività speciale allorché si considerano processi di moto non rettilinei uniformi ovvero accelerati: infatti, in questo caso, non vi è un tempo proprio o 'interno' definibile come unico per l'intero processo di moto. Il tempo proprio, come la distanza spaziale, cambia da evento a evento, non è integrabile su tutto il processo ma è 'storico-ereditario', ovvero dipende da tutta la storia degli eventi. Da evento a evento si devono considerare sistemi di riferimento differenti solo localmente inerziali, i quali appunto sono non-inerziali l'uno rispetto all'altro: conseguenza di tutto ciò è che le grandezze definite da questi sistemi non sono omogenee fra loro (sono legate da relazioni non lineari) e non sono quindi sommabili fra loro. Il tempo proprio, come lo spazio, non è cioè una grandezza estensiva, ma intensiva, e il suo flusso, come notato da Bergson, è quindi una molteplicità eterogenea irriducibile, in dipendenza degli eventi che formano il processo di moto. Cade così la teoria delle grandezze omogenee alla base della fisica classica newtoniana, e con essa la riduzione del tempo a ordine-successione di estensioni omogenee (lo spazio delle velocità è anch'esso, in generale curvo, lobachevtskyano, ovvero correlante grandezze non omogenee: anche il moto non è riducibile ad estensione omogenea, ma è flusso-molteplicità qualitativa eterogenea).

(Fra l'altro, le radici che compaiono nelle trasformazioni di Lorentz fanno vedere che quelle misure, che danno numeri 'razionali' in un riferimento, danno invece irrazionali in un altro, ovvero non c'è omogeneità di grandezze, ma incommensurabilità (questa ovviamente c'è già, per la diagonale del quadrato, per la geometria in un riferimento). I numeri irrazionali non sono che un nome vuoto con cui si è mascherata l'incommensurabilità tra due grandezze, il cui rapporto non è descrivibile neanche come rapporto di numeri; ovvero, si è mascherata la prima 'divergenza', la necessità di infiniti numeri per esprimere la non-separabilità continua del moto, come cifre per esprimere tali rapporti che denotano l'impossibilità di misure e di commensurazioni. Nelle trasformazioni di Lorentz, la contrazione lungo l'asse del moto è legata ad un confronto di grandezze lungo direzioni diverse e quindi di superfici, perché l'invio di segnali di luce per "comunicare"-misurare i tempi non è lungo perpendicolari all'asse del moto relativo (nel qual caso ci si può ridurre al

confronto unidimensionale-retti-lineare), ma in generale, rispetto al riferimento che si muove, il segnale percorre una 'diagonale' rispetto all'asse di moto.).

L'eterogeneità dei tempi propri relativistici fa crollare il rapporto tra *aiòn*, *chronos* e *kairòs* come grandezze estensive-durate omogenee inglobabili in un ordine-succezione globale. Vi è una molteplicità di *chronoi*, e l'*aiòn* universale, al di là dello specifico *aiòn* della luce, non è unico e non è che un flusso-molteplicità eterogenea non separabile di *chronoi* dei processi, che a loro volta non sono che flussi-molteplicità eterogenee non-separabili dei *kairoi* degli eventi.

Così, contrariamente ad alcune interpretazioni della relatività pure autorevoli come quella di Einstein, a mio avviso la relatività ci conduce ad una nuova idea di realtà, legata al mutamento, al moto e al divenire.

Proprio in relazione a queste altre interpretazioni, era nata tutta una serie di polemiche filosofiche che ancora oggi continuano: filosofi come Bergson, Husserl e Heidegger, e anche in ambito marxista Lukàcs, Marcuse, Habermas hanno accusato la scienza, e in particolare la relatività stessa, di dare della natura una visione statica, atemporale e quindi falsa e ideologica, legata essenzialmente agli scopi della tecnica, ovvero allo sfruttamento della natura e dell'uomo da parte dell'uomo stesso. La riduzione dei processi a cose estese nello spazio e nel tempo sarebbe la controparte ideologica della riduzione, della cosiddetta 'reificazione' della vita e di tutto a denaro o merce, come la relatività come controparte del relativismo dei valori proprio delle società capitalistiche.

Ritornare allora all'interpretazione di Poincaré, o a quella successiva di Whitehead, che evidenziano l'aspetto processuale-‘vitale’ della natura e la correlata realtà del mutamento e del moto, ci permette di sganciare la relatività e la scienza che ne deriva da ogni possibile funzione ideologica, e al contrario di rappresentare una prospettiva sul mondo propositiva di una nuova forma di vita alternativa alla "reificazione" e all'alienazione dell'uomo dalla natura, come quella del cristiano ‘regno di Dio’ o ‘regno della luce’.

7.3 Heidegger e la relatività

Sin dall'apparire della relatività speciale e della relatività generale, nella fisica vi è stato un processo di eliminazione delle forze esterne, in accordo alla dinamica di Leibniz: il *Ge-stell* delle forze esterne crolla. Spazio e tempo non sono piu' i domini di determinazioni tecnico-matematiche della natura da parte di forze esterne come le azioni umane; non sono piu' domini esterni ai *corpi* fisici considerati come contenuti in essi, né parametri commutabili vuoti ed omogenei, ma relazioni naturali (non-violente) tra *processi* fisici. Spazio e tempo, come già detto, quali ordini locali sono relativi ai sistemi di riferimento e molteplici, invarianti sono gli eventi e alcune loro

relazioni che esprimono il tempo 'proprio' dei processi e una misura del mutamento intercorso da un evento all'altro e del tipo di moto.

L'influenza delle teorie della relatività su Heidegger è stata, a mio avviso, di grande rilievo. Invero, in *Sein und Zeit*, al di là delle sue critiche della relatività, precedenti e posteriori, sviluppa una nuova concezione dell'essere e del tempo, che può essere considerata come una profonda *interpretazione* filosofica della relatività, oltretutto ovviamente un tentativo di ripensare il tempo cristiano, come già detto, dandone un'interpretazione soggettivistica (Heidegger supererà la sua concezione soggettivistica e antropocentrica del tempo solo in *Zeit und Sein* ma non ricollegando la nuova visione al cristianesimo).

Heidegger critica la concezione meta-fisica dominante (dai Greci fino almeno alla filosofia del diciannovesimo secolo, con esclusione di Leibniz) dell'essere come 'ousia', 'parousia', ovvero il concetto dell'essere come presenza sostanziale, permanente e 'disponibile' ai nostri usi. Per l'Heidegger ormai laicizzato, la 'parousia' non ha più alcun riferimento al concetto cristiano ma solo all'ontologia filosofica greca. Heidegger mostra che questa concezione dell'essere è correlata ad una concezione 'volgare' del tempo come un'entità separata, ed esterna ai corpi-oggetti considerati permanenti. Infatti, l'essere può essere concepito come *presenza* solo nella misura in cui oggetti sono *presenti* nello spazio e corrispondentemente 'contrassegnano' il tempo *presente* della loro simultaneità, ovvero della loro *simultanea presenza*. Come in Cartesio l'essere ha la sua determinazione primaria come estensione spaziale e non ha alcuna relazione con il tempo ma una corrispondenza estrinseca ad una serie esterna di molti 'tempi presenti' come 'punti-ora' (*als Jetzt, Jetzt-Punkten*). Invero, questa concezione dell'essere crolla nella relatività nella misura in cui crollano i concetti di oggetto, spazio e tempo come entità separate.

E' chiaro che alla base della sua critica dell'ontologia filosofica dell'essere come presenza vi sia la concezione escatologica del cristianesimo primitivo, ma la chiave usata da Heidegger per superare e distruggere tali concetti filosofici non è stata più esplicitamente il richiamo storico all'escatologia cristiana primitiva, ma è stata la critica, alla base della relatività, del concetto di simultaneità come concetto senza significato o esprime solo una convenzione; e tale chiave è stata usata esplicitamente da Heidegger nei paragrafi 21 e 30 del libro *Logik. Die Frage nach der Wahrheit*. Non c'è alcuna possibile presenza simultanea di differenti oggetti in un tempo presente, perché la simultaneità può essere definita solo per un punto dello spazio: lo spazio implica il tempo e non c'è alcuno spazio di simultaneità ad un istante, ma solo un punto. Così, non c'è alcun oggetto (spazialmente esteso e permanente nel tempo), ma solo una serie di eventi spazio-temporali. Il tempo non è un parametro-entità esterno, una serie astratta di punti-ora di tempi presenti, ma è

interno all'essere come evento (*Ereignis*). Da questo punto di vista, il mondo non è un mondo di oggetti, ma di eventi come 'atomi di moto o mutamento', e l'essere umano (*Dasein*) è un particolare evento-processo e non un particolare tipo di oggetto-entità, e inoltre il tempo è così relativo agli eventi.

Nel paragrafo 70 di *Sein und Zeit*, forse, possiamo effettivamente notare un altro punto specifico d'influenza della relatività, laddove Heidegger propone una temporalizzazione dello spazio (in effetti, poi abbandonata in *Zeit und Sein* per evidenziare la priorità degli eventi sullo spazio e sul tempo, e ripresa invece da Derrida), una concezione che anche Whitehead ha esplorato.

La concezione 'volgare' del tempo, di cui Heidegger parla, invero, corrisponde al tempo che ha la sua caratterizzazione maggiore nella fisica newtoniana classica: la fisica newtoniana, da un lato, come la fisica di Cartesio, riduce l'essere ad estensione spaziale, e, dall'altro, come la fisica di Aristotele, introduce il concetto di essere come 'dynamis', cioè come potenza presente o 'disponibilità' all'uso. Nella fisica di Newton ogni corpo è un'entità-oggetto presente, 'disponibile' in quanto sottomesso all'azione simultanea di un altro tipo di entità presenti, le forze come potenze esterne. Tuttavia, con il crollo del concetto di simultaneità c'è anche il crollo del concetto di forza e dell'essere come 'disponibilità' all'uso e come potenza: non ci può essere alcuna azione simultanea di una forza, operata da un oggetto su un altro oggetto, e le forze devono essere sostituite da una serie di eventi. Anche il moto deve essere ripensato: non lo si può più concepire come cambiamento spaziale nel tempo, ma deve essere compreso come una serie di eventi-mutamenti.

Gli eventi non possono essere più ordinati globalmente e assolutamente secondo una determinazione temporale in un presente, un passato e un futuro, ma vi è una molteplicità di tempi relativi ai particolari eventi: così il passato non può più essere concepito come la potenza precedente del presente attuale, e il presente non può più essere concepito come la 'potenza' del futuro, in quanto il passato e il futuro non possono essere più concepiti come elementi differenti della serie astratta di punti-ora di tempi presenti.

Relativisticamente, le misure di spazio e tempo come parametro esterno non sono più invarianti e quindi reali; solo gli eventi con alcune loro relazioni sono invarianti e reali: questo può essere considerato come la controparte del rigetto, da parte di Heidegger, del tempo come determinato dalla scienza. Il tempo originario (*Eigenzeit*) di Heidegger non richiama più ora, anche se implicitamente lo è, il tempo originario-proprio dell'esperienza escatologica cristiana, ma è il tempo 'proprio' degli eventi, dei processi relativistici. Da questo punto di vista, la concezione di Heidegger dell'essere e del tempo può essere vista come radicata in un pensiero relativistico, anche se poi è stata elaborata indipendentemente e liberamente rispetto ai presupposti metodologici ed epistemologici delle teorie della relatività, e certamente inglobata in

un contesto di pensiero più profondo e più ampio. E viceversa la relatività può essere compresa nelle sue implicazioni profonde per mezzo di Heidegger e di *Sein und Zeit* come una sorta di *ermeneutica fisica*.

Inoltre, si può brevemente considerare il pensiero di Heidegger come presentato in *Zeit und Sein* dove Heidegger recupera la dimensione non soggettivistica del tempo come *Temporalität* dell'essere rispetto alla *Zeitlichkeit* dell'esserci umano. Qui, la terminologia relativistica dell'evento (*das Ereignis*), dello spazio-tempo o del tempo-spazio (*Zeit-Raum*), è usata esplicitamente, anche se con una variazione di significato, e i correlati concetti fisici gli forniscono le basi della sua prospettiva. Data la relatività delle misure di spazio e di tempo come parametri esterni, Heidegger cerca di concepirli al di là di questa dimensione numerica, guardando alla realtà 'assoluta' dalla quale derivano le loro particolari e relative determinazioni.

Questo non corrisponde al semplice 'spostamento' d'attenzione operato da alcuni neo-kantiani (neo-newtoniani) per considerare lo spazio assoluto e indipendentemente il tempo assoluto al di là delle misure relative: Heidegger si muove in uno sfondo concettuale relativistico. Così, questa dimensione "indeterminata" dello spazio-tempo è individuata da Heidegger in *die Lichtung des Offenes* (la radura dell'aperto), in *das Offene des Zeit-Raumes* (l'aperto dello spazio-tempo), dove, oltre al rimando implicito ed esplicito alla luce, la reale natura del tempo è scoperta quale quadridimensionale. Il tempo è invero quadrimenzionale perché è il tempo interno agli eventi, non il parametro esterno 'volgare': la temporalizzazione dello spazio e anche l'appartenere dello spazio-tempo agli eventi spiegano come il presente, il passato e il futuro siano tre dimensioni del reale tempo 'originario' che ha una costituzione quadridimensionale.

Heidegger passa così dallo spazio-tempo alla sua origine *pre-geometrica* e cerca di descrivere questa dimensione pre-geometrica senza un'ontologia meta-fisica. Egli invero può fare questo passo riferendosi all'assoluta realtà degli eventi al di là della loro 'soggettivistica' coordinatizzazione spazio-temporale in relatività, e l'idea del "*das Ereignis*" riflette appunto la realtà fisica degli eventi relativistici, superando in qualche modo la concezione meta-fisica degli enti e dell'essere. Non si possono più concepire gli eventi a partire dall'essere e dal tempo, ma l'essere e il tempo devono essere compresi a partire dagli eventi. Invero, il 'tempo originario' o 'autentico' non è nient'altro che il *processo* degli eventi, che è irriducibile ad una qualsiasi meta-fisica della presenza. E' quindi la relatività che permette ad Heidegger di riottenere per via puramente teoretica quanto faceva parte dell'esperienza autentica del tempo cristiano, ma in definitiva ciò permette di vedere, al di là del velo laico-filosofico della sua presentazione, come la contemporanea fisica relativistica comporti la riappropriazione

dell'autentica, storico-escatologica, esperienza del tempo nella vita fattizia del cristianesimo originario.

7.4 Heidegger e i processi irreversibili di Prigogine

Secondo Heidegger, la concezione 'volgare' del tempo si riconosce dal fatto che questo è pensato a partire dal presente: anche il passato e il futuro sono pensati attraverso il presente; il primo come un presente che non è più, il secondo come un presente (punto-ora) che non è ancora. Questa concezione comporta un effettivo appiattimento dell'essere e del tempo sulla presenza come 'dato' del presente.

Certo, il pensare il tempo a partire dal passato avrebbe difetti ancora maggiori: il passato inteso come ciò che è stato, come ciò che è dato una volta per tutte, ciò che è del tutto determinato, comporta delle difficoltà nel pensare il mutamento e gli eventi. Ridurre il presente ad un passato nel suo momento di divenire tale, e il futuro ad un qualcosa che sarà passato è pensare l'essere come un atto dato, o meglio come realizzazione di una potenza data come passato.

Pensare il futuro come realizzazione di una potenza data come passato o come presente significa ridurre, come notato anche da Bergson in *Le possible et le réel*, la possibilità come concetto-limite puramente negativo quale senso dell'indeterminazione del futuro, attraverso una sua proiezione a posteriori sul passato o sul presente, ad una potenza positivamente data, atta alla determinazione di ogni essere e tempo.

Salvare la 'possibilità' del mutamento nella sua indeterminazione, dell'essere come evento, ovvero come indeterminazione onto-logica rispetto alla presenza o alla non-presenza, come darsi che si 'esaurisce' nel suo darsi senza mai diventare data presenza o non-presenza, implica allora il pensare il tempo e l'essere come futuro. Ovvero come evenire indeterminato nel suo darsi, che non sia mai riducibile a presente o passato dato, a potenza o atto dati. Pensare l'essere al di là dell'ontologia della potenza e dell'atto, come evento nella sua processualità, nel suo mutamento o moto, come puro divenire al di là di uno stato iniziale di potenza e di uno stato finale d'atto, al di là di un nichilistico passaggio dall'essere al non essere o viceversa. Ma il pensare l'essere come futuro per Heidegger non è altro che il retaggio ormai nascosto dell'escatologia cristiana primitiva, protesa verso la *Parousia* ed il regno di Dio annunciato da Gesù.

In effetti, questa modalità dell'essere come futuro è anche alla base di quella 'irreversibilità' del tempo che si ritrova anche in parte della concezione fisico-termodinamica (o propria della meccanica 'ereditaria') in opposizione alla completa omogeneizzazione statica del tempo alla base della meccanica newtoniana (a prescindere dagli sviluppi della fisica del caos). Il modo scientifico di rappresentare

tale irreversibilità è stato inficiato, come già evidenziato da Nietzsche, da influenze nichilistiche nascoste, come legata appunto a qualcosa che scorre dal futuro, senza fine, nel presente dell'ora e poi nel passato irrecuperabile; ovvero, come notato da Heidegger, tale irreversibilità è presentata come fondata su un tempo già invertito, su una celata inversione del tempo. Ma il suo corso è proprio l'inverso: il passato è un futuro che è stato, il presente è un futuro che è, e il futuro è il futuro che sarà, e il corso degli eventi è dal futuro-passato al futuro-futuro; è una 'tensione' verso nuove indeterminazioni, non un decadere dall'indeterminato al determinato-dato in un degrado dell'essere fino alla privazione delle sue 'potenzialità' nello scontato dato del passato. Heidegger evidenzia come la considerazione della storia che si forma a partire dal presente vede in essa solo delle attività irrecuperabili, e non perviene al passato in quello che effettivamente ha rappresentato, ma solo ad un passato come forma degradata del presente come dato. Al contrario, la base di una corretta ermeneutica della storia per Heidegger (nonostante tali connotazioni del tempo e della storia siano inizialmente legate ad un'analisi della struttura dell'esserci dell'uomo, queste sono svincolabili da tale contesto, - tenendo anche conto dello sviluppo delle sue posizioni -, e correlabili direttamente alla concezione dell'essere) sta nel rendersi conto che il passato nel suo darsi all'esperienza non è stato altro che un futuro, e quindi non è il 'non-più', come il presente non è l' 'è' e il futuro il 'non-ancora', ma un futuro che si dà.

Tale irreversibilità come degradazione della presenza in una forma parzialmente irrecuperabile è stata effettivamente tematizzata dalla termodinamica ottocentesca dell'equilibrio e della morte termica, a ragione criticata da Nietzsche: la degradazione entropica dell'energia è la degradazione della presenza come dato manipolabile per il lavoro umano, come fondo di risorse per l'uomo (*'Bestand'*).

La termodinamica dei processi irreversibili lontani dall'equilibrio, delle strutture dissipative con organizzazione crescente, sviluppata da Ilya Prigogine ha rivoluzionato completamente questo punto di vista. Prigogine, sulla base di tali analisi, fortemente influenzato da Bergson, ha sviluppato una visione termodinamica della fisica in opposizione al meccanicismo ancora oggi in gran parte imperante nella comunità dei fisici. La sua critica della fisica meccanicistica è una critica della fisica come fisica dell'essere, contrapposta ad una fisica termodinamica come fisica del mutamento, del tempo e del divenire. Più recentemente, Prigogine ha riottenuto i risultati stabiliti attraverso una termodinamicizzazione della meccanica, a partire da una dinamica espressione della nuova fisica del caos. Anche se, come ho cercato di mostrare, nella meccanica ereditaria prima e nella relatività poi nonostante le interpretazioni riduttive, queste basi criticate da Prigogine siano state superate, la sua critica dell'atteggiamento meccanicista è del tutto corretta, e la sua critica concide con quella filosofica di Heidegger dei presupposti newtoniani dell'essere come presenza e

del tempo 'volgare'; come pure la sua proposizione di una fisica del divenire coincide con l'idea heideggeriana dell'essere come evento-processo e del tempo 'autentico'.

Nelle formazioni morfologiche di strutture organizzate c'è una crescita entropica dell'indeterminazione delle parti di un sistema di processi, in quanto non individuabili come tali e quindi irriducibili ad energia-presenza, che permette l'emergere termodinamico del 'nuovo' e del più complesso. L'irreversibilità effettiva non è quindi quella della morte termica, ma, per Prigogine come per Bergson, è 'entropia creatrice' ovvero 'evoluzione creatrice': la funzione morfogenetica del tempo evidenziata da Petitot in tali processi è legata alla concezione del tempo come futuro di Heidegger. La degradazione della presenza è reale, ma non è degradazione dell'essere e del tempo, ma degrado del fondo di risorse per la volontà di potenza umana, 'morte termica' delle possibilità di dominio tecnico della natura.

Anche in questo confronto fra Heidegger e la termodinamica dei processi irreversibili è un ricostituirsi di una connessione profonda fra l'esperienza escatologica del tempo cristiano e gli esiti della fisica contemporanea, che si evidenzia al di là delle maschere di superficie e che dà un significato effettivo e non meramente arbitrario alla metafora di Prigogine della 'nuova alleanza'.

7.5 La 'meccanica quantistica di Heisenberg, Born e Jordan

Vorrei qui brevemente risalire, solo sotto alcuni aspetti concettuali, agli articoli di Heisenberg, Born e Jordan in cui si è presentata la prima forma di "meccanica quantistica" che sola ci può dare una comprensione autentica della rivoluzione in essa implicita: *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen* di Heisenberg, *Zur Quantenmechanik I* di Born e Jordan, e *Zur Quantenmechanik II*, scritto da Heisenberg con Born e Jordan.

In questi tre lavori apparsi tra il 1925 e il 1926 è formulata una nuova dinamica, appunto "rivoluzionaria" rispetto alla meccanica classica e alla stessa dinamica relativistica elaborata solo una ventina d'anni prima (Si deve ricordare che una nuova dinamica dei quanti era stata proposta da Henri Poincaré già negli anni 1911-1912). Dal punto di vista storico, necessario per una effettiva comprensione dei problemi coinvolti, bisogna fare attenzione al fenomeno di *meaning variance* sottolineato dall'epistemologia contemporanea: vi è un reale cambiamento di significato dei termini del linguaggio scientifico nel passaggio da una teoria fisica ad un'altra. Ma non è tutto: in questo caso, storicamente vi è stato un cambiamento di significato anche nella stessa locuzione che dà nome alla stessa teoria indicata. E non solo perché da un punto di vista storico ed epistemologico profondo la "meccanica quantistica", comunque la si consideri, è un nome inadeguato per la teoria fisica che indica: la dinamica quantistica non può essere sussunta, non è inquadrabile all'interno di una

"meccanica" nel senso che questa parola storicamente ha e ha avuto in stretta connessione con la cosiddetta concezione meccanicistica della natura. Che l'atomismo meccanicistico, dopo secoli di paradigmatico dominio all'interno della scienza moderna, sia morto definitivamente con la "meccanica quantistica" risulta evidente da molti punti di vista: basti fare riferimento al fatto che in essa è impossibile definire quello che classicamente è lo "stato meccanico di moto", per cui è necessaria la definizione simultanea della posizione e della quantità di moto di un sistema fisico (impossibile per le relazioni di indeterminazione di Heisenberg del 1927).

Si tratta invece di un problema apparentemente più banale, ma ancora più di fondo. La *Quantenmechanik* formulata in questi articoli non è la stessa teoria che oggi tutti i manuali chiamano meccanica quantistica, e questo non per i "naturalisti" sviluppi-arricchimenti storici che una teoria può avere nel tempo (la meccanica delle matrici è considerata come un caso particolare, corrispondente alla cosiddetta "rappresentazione di Heisenberg", di una teoria più generale). La meccanica quantistica, come disciplina con una sua caratterizzazione istituzionale all'interno delle università, come oggi viene insegnata e presentata nei testi di riferimento, è il frutto di complessi processi storici, conosciuti nella "lettera" ma ancora non del tutto chiariti nello "spirito", e dei quali qui potremo dare solo un cenno. E' questo il motivo per cui qualunque riflessione filosofica sulla meccanica quantistica non può prescindere dal chiarimento dei complessi processi storici in questione.

E' noto che la *Quantenmechanik* di Heisenberg, Born e Jordan è la cosiddetta *meccanica delle matrici*. Negli stessi anni un'altra nuova meccanica fu formulata da Schrödinger: la *meccanica ondulatoria*. Un'altra meccanica elaborata negli stessi anni, quella di Dirac, è molto più "simile" a quella di Heisenberg, Born e Jordan, ma non "identica". Schrödinger nel 1926 diede una "dimostrazione" dell'equivalenza tra la meccanica delle matrici e la meccanica ondulatoria. I fisici, da allora in poi, hanno fatto riferimento a tale presunta dimostrazione e pragmaticamente hanno usato come strumento di calcolo uno "sviluppo" della "più comoda" meccanica ondulatoria di Schrödinger. Gli storici hanno evidenziato come la dimostrazione tentata da Schrödinger fosse quanto meno incompleta. Si è anche creduto che tale dimostrazione fosse stata completata da Pauli, in una lettera a Jordan scoperta da Van der Waerden nel 1972, e indipendentemente da Eckart. Il dibattito sull'equivalenza della meccanica delle matrici e della meccanica ondulatoria ha prodotto interessanti analisi epistemologiche sul problema dell'equivalenza fra teorie fisiche, sugli eventuali criteri di scelta fra esse o sul generale problema della cosiddetta "sotto-determinazione" o "indeterminazione" delle teorie, ovvero sulla molteplicità di teorie compatibili con gli esperimenti.

Recentemente, seguendo un punto di vista comunque già espresso varie volte nella storia di questo problema, F. A. Muller ha messo in luce come quello

dell'equivalenza tra meccanica delle matrici e meccanica ondulatoria non sia nulla di più che un mito, almeno da una prospettiva storica: secondo Muller, oggi si ha invece l'equivalenza delle due teorie nella loro *riformulazione* nel linguaggio contemporaneo della meccanica quantistica (Hanson rileva come la meccanica ondulatoria fosse una teoria fisica che comportava, nell'interpretazione di Schrödinger, conseguenze sperimentali differenti dalla meccanica delle matrici, "verificabili-falsificabili" a livello sperimentale: secondo Hanson, l'interpretazione di Schrödinger è stata giudicata quale "meta-fisica" (non in senso popperiano) solo dopo la sua "falsificazione" sperimentale; la meccanica ondulatoria nell'interpretazione statistica poi fornita da Born va considerata come una teoria fisica differente da quella di Schrödinger, e, al contrario, "verificata" sperimentalmente.).

Muller, riprendendo temi in parte già discussi da altri autori, fa notare che: i) mentre la meccanica delle matrici poteva descrivere l'evoluzione temporale dei sistemi fisici per mezzo dell'equazione di Born-Jordan, la meccanica ondulatoria non poteva, al tempo della dimostrazione dell'equivalenza, in quanto l'equazione di Schrödinger dipendente dal tempo fu formulata dallo stesso tre mesi dopo la sua dimostrazione (l'esistenza di stati stazionari, al contrario, non era contemplata nella meccanica delle matrici); ii) non ci poteva essere equivalenza senza l'interpretazione probabilistica di Born per la funzione d'onda di Schrödinger; iii) la meccanica delle matrici si limitava, in maniera non necessaria, altresì ai fenomeni periodici; iv) nella meccanica delle matrici non vi è uno spazio degli stati definito come quello delle funzioni d'onda: le matrici (infinite) avevano un'esistenza autonoma (un significato fisico indipendente da uno spazio degli stati) e non quali specificazioni parziali di operatori lineari agenti sullo spazio di Hilbert di funzioni complesse, come nell'odierna caratterizzazione d'osservabili di stato della meccanica quantistica; v) nella meccanica delle matrici non vi è uno spazio euclideo né vi è densità di materia carica "diffusa", né vi sono auto-oscillazioni, come invece in quella ondulatoria: misure di densità di carica per gli elettroni, distribuità con continuità secondo l'interpretazione del quadrato della funzione d'onda da parte di Schrödinger, avrebbero potuto costituire un *experimentum crucis* (contrario alla meccanica ondulatoria); vi) nella meccanica delle matrici vi è la prima teoria di "campo elettromagnetico quantizzato" per mezzo di campi a valori matriciali, mentre nella meccanica ondulatoria si assumevano valide le equazioni di Maxwell classiche.

E' chiaro allora che fornire almeno un abbozzo di risposta alla questione dell'equivalenza fra meccanica delle matrici e meccanica ondulatoria comporta un'analisi approfondita di che cosa è una teoria fisica e di quando questa si possa dire identica, equivalente o non equivalente ad un'altra teoria. E da quest'analisi dipenderà anche la comprensione di che cosa è la meccanica quantistica e di quali conseguenze filosofiche comporti.

Una tale analisi approfondita non è proponibile nei limiti di questa introduzione; tuttavia si possono dare alcune indicazioni. Tali teorie fisiche sono formulate in un particolare linguaggio matematico e hanno poi una loro dimensione semantico-pragmatica legata alla loro interpretazione e alla pratica sperimentale. Seppure con la meccanica delle matrici e con la meccanica ondulatoria si poteva descrivere un certo numero comune di esperimenti, non tutti, resta il problema dei loro differenti linguaggi matematici: quello algebrico delle matrici e quello analitico delle equazioni differenziali di Schrödinger. In particolare, il linguaggio algebrico della teoria di Heisenberg, Born e Jordan si limita a grandezze fisiche discrete in relazione ad un criterio di osservabilità e di misura effettiva che permette di individuare solo un numero finito di cifre. L'estensione al caso continuo di tale linguaggio algebrico della meccanica delle matrici è stato fatto dagli stessi Heisenberg, Born e Jordan, solo dopo ed in relazione all'equivalenza da raggiungere con la meccanica ondulatoria. Si può quindi notare che non si tratta semplicemente di una "banale" differenza di linguaggi matematici, in quanto tale differenza implica una differente considerazione della pratica sperimentale che stabilisce ciò che è teoreticamente osservabile, quali sono le grandezze fisiche, e che cosa ha "significato" e "realtà" fisica. Basta questo solo esempio per evidenziare che: a) le due meccaniche sono differenti per i differenti linguaggi matematici, e che tali linguaggi effettivamente usati non sono matematicamente equivalenti; b) le due meccaniche sono differenti dal punto di vista sperimentale (la meccanica delle matrici, per esempio, non era in grado di descrivere ipotetiche grandezze fisiche continue); c) conseguentemente le due meccaniche sono differenti dal punto di vista fisico, implicando differenti grandezze fisiche; d) le due meccaniche sono differenti dal punto di vista epistemologico: vi è un differente rapporto tra teoria ed esperimenti, vi sono una differente concezione della conoscenza fisica, di teoria fisica e una differente concezione della "realtà" fisica e della natura (la meccanica ondulatoria si basa ancora sul presupposto meta-fisico che *natura non facit saltus*).

La meccanica ondulatoria nell'interpretazione di Schrödinger era sorta per ripristinare l'intuibilità o la "visualizzabilità" teorica di una realtà fisica continua, descrivibile in termini spazio-temporali, secondo il principio di causalità, di reversibilità temporale, e del determinismo meccanicistico classico seppure in termini di particelle-"atomi" da considerare quali onde materiali (solo dopo Born mostrerà l'impossibilità di dare un'interpretazione "materialistica" delle onde e introducendo l'interpretazione probabilistica, mai accettata fino in fondo da Schrödinger). Scrive infatti Schrödinger:

“...l'allontanamento dalla meccanica classica nelle due teorie appare svilupparsi proprio in direzioni diametralmente opposte. Da Heisenberg, le variabili continue classiche sono sostituite con

sistemi di grandezze numeriche discrete (matrici), che, dipendendo da una coppia di indici interi, vengono determinate con equazioni *algebriche*. Gli autori stessi qualificano la teoria come ‘vera teoria del discontinuo’. La meccanica ondulatoria invece segna, giusto all’opposto, uno scostamento dalla meccanica classica *nel senso della teoria del continuo*. Invero, al posto del fenomeno descrivibile con un numero finito di variabili dipendenti, per mezzo di un numero finito di equazioni differenziali alle derivate totali, compare un fenomeno continuo di *campo* nello spazio delle configurazioni, che è governato da una singola equazione differenziale *alle derivate parziali*, deducibile da un principio d’azione. Questo principio d’azione, oppure questa equazione differenziale, rimpiazza le equazioni del moto e le condizioni quantistiche della ‘teoria dei quanti classica’.”.

(La Donini evidenzia la posizione di Hilbert - che aveva indicato di ricercare l'equazione differenziale che presentava le matrici come "sottoprodotto" degli autovalori del problema di condizioni al contorno - che non fu ascoltata da Heisenberg, Born e Jordan. Tagliaferri sottolinea l’atteggiamento contrario nei confronti della meccanica ondulatoria, oltre che di Heisenberg, dello stesso Born e di Jordan). In effetti, al di là delle varie valutazioni che ne sono state date, Born ha operato una reinterpretazione del formalismo di Schrödinger che ne decostruiva, alla maniera di Wittgenstein per il linguaggio naturale, le ipostatizzazioni ontologiche e meta-fisiche implicite al livello semantico “usuale” (della interpretazione di Schrödinger), dando alla meccanica ondulatoria, compatibilmente con la sua struttura, quasi lo stesso “contenuto” fisico, lo stesso significato fisico della meccanica delle matrici). Per quanto riguarda la problematica contemporanea è sufficiente porsi il seguente quesito: una volta effettuata l'estensione del linguaggio delle matrici al caso del continuo, è effettivamente possibile "tradurre senza residui" un linguaggio matematico in un altro? L'equivalenza "contemporanea" tra le due meccaniche considerata da Muller si basa su questo presupposto. Ogni linguaggio matematico, al di là delle relazioni non-univoche sintatticamente istituibili con un altro linguaggio, sottintende una differente concezione del mondo che si riflette e si articola anche al livello sintattico oltre che semantico-pragmatico: è questa anche la controparte di un noto teorema di logica matematica che mostra la "non-caratterizzabilità" di una teoria formale attraverso un numero finito di assiomi; ovvero l'analisi puramente sintattico-formale di una teoria "censura", nasconde e mette da parte qualsiasi concezione del mondo correlata a tale livello sintattico.

Il linguaggio delle equazioni differenziali della meccanica ondulatoria è non solo storicamente, ma anche strutturalmente (sintatticamente) connesso al determinismo meccanicistico, causale e continuista, spazio-temporale e reversibilista, dell'ontologia della fisica classica.

Al contrario, il linguaggio algebrico-matriciale, essendo caratterizzato dalle relazioni di generale non-commutatività delle matrici, è strutturalmente

(sintatticamente) indeterministico e quindi non-meccanicistico, acausale, irreversibilista e discreto, de-costruttivo dell'ontologia della fisica classica; anche lo spazio-tempo classico quale "contenitore", forma di determinazione del moto, dei processi fisici, non è più definibile ed è del tutto eliminato.

Non crolla solo il concetto di posizione di una particella in moto ad un certo istante, per cui il moto non è riducibile ad una serie di stati istantanei e ha una sua realtà processuale irriducibile di transizione, ma crollano anche il concetto di spazio-tempo come geometria globale, il concetto di punto spaziale e il concetto di evento istantaneo, in quanto non hanno una loro universale caratterizzabilità sperimentale, una loro misurabilità effettiva indipendente dai processi fisici e che abbia senso al di là del caso non-realistico di imprecisione infinita della quantità di moto e dell'energia. Lo spazio-tempo quantistico nella meccanica delle matrici può assumere solo un significato del tutto opposto a quello che aveva nelle altre teorie precedenti: non è altro che la stessa indeterminazione del moto (quantità di moto, energia) come processo irreversibile, non è che una forma di ciò che solo ha significato fisico "invariante" rispetto alle differenti condizioni sperimentali, ovvero dei quanti d'azione (processi energetico-temporali finiti e irreversibili). Né esistono nella meccanica delle matrici (come nelle formulazioni contemporanee della meccanica quantistica) stati fisici indipendenti (su cui poi agiscono degli operatori), astratti dalle grandezze fisiche rappresentate dalle matrici, che possano costituire ancora un supporto linguistico per ipostatizzazioni ontologiche di una "realtà" fisica classica: la "realtà" fisica, ovviamente, non è negata, ma la sua radicale indeterminazione ontologica non è descrivibile in un qualsiasi spazio di rappresentazione. Alla meccanica delle matrici è ovviamente correlato il più generale formalismo della meccanica quantistica, quello delle *matrici densità*, soddisfacenti un'equazione di Liouville quantistica, per il caso di sistemi fisici che non ammettono una funzione d'onda (corrispondente al caso ideale di sistemi preparati in uno stato *puro*) e per i quali non esiste un sistema completo di misura che determini univocamente risultati prevedibili (corrispondenti a sistemi fisici in "stati *miscelati*"): è qui che appare evidente l'intrinseca *incompletezza* della meccanica delle matrici in contrasto con la mitica completezza della meccanica quantistica: incompletezza non da superare, ma che riflette l'impossibilità sperimentale, di principio, di una descrizione completa della realtà fisica. Dalla meccanica delle matrici non sarebbe mai potuta sorgere una teoria quanto-relativistica di campo come quella attuale, basata sull'assunzione di uno spazio-tempo parametrico non quantizzato nel quale sono definiti i campi: si sarebbe potuta altresì costruire direttamente una teoria della matrice di scattering S per il calcolo della probabilità di ogni processo tra stati fisici definiti solo attraverso le grandezze fisiche misurabili, come anche si sarebbe potuto esplorare direttamente un approccio algebrico ad una teoria quanto-relativistica, in tutti e due casi però senza alcuna assunzione di uno

spazio-tempo sia pure relativistico ma esistente indipendentemente dai processi fisici e senza alcuna "sostanzializzazione" meta-fisica delle particelle nel linguaggio dei campi.

Molti problemi che ancora oggi assillano i dibattiti sulla meccanica quantistica derivano certamente dal fatto che la meccanica quantistica si è affermata ed è divenuta paradigma dominante in una forma che è sostanzialmente quella di Schrödinger con l'interpretazione modificata datane da Born e con il formalismo degli operatori (che hanno sostituito le matrici come loro versione astratta e anche continua) che è solo "giustapposto" alla meccanica ondulatoria. Vi è stato così un mescolamento dei linguaggi e delle loro implicazioni epistemologiche che ha creato grande confusione (Paradossalmente, riferendosi all'interpretazione statistica della meccanica ondulatoria, da parte di vari autori, si è cercato di "determinare storicamente", in senso economico e socio-politico, il prevalere di tale interpretazione da un lato come il frutto di un globale processo di "razionalizzazione" produttiva e sociale in quanto si è identificato l'abbandono delle precedenti categorie teoretiche ed epistemologiche con una svolta strumentale-pragmatica della fisica, e dall'altro come la conseguenza di un processo di adattamento ideologico agli orientamenti vitalistici e irrazionalistici dell'ambiente tedesco di quegli anni. Dalla prospettiva fin qui seguita il quadro risulta completamente diverso: attraverso la mera ed estrinseca adozione dell'interpretazione statistica, a livello linguistico-strutturale profondo è prevalsa la meccanica ondulatoria con tutti i suoi vecchi schemi teoretici classici, assorbendo e neutralizzando l'effettiva "rivoluzione" concettuale della meccanica delle matrici nelle maglie della sua strumentale pragmatica di calcolo differenziale classico; è stata questa la reale restaurazione all'interno di un processo di "razionalizzazione" globale, di reificazione e di dominio della natura, che ha proprio nelle categorie e negli schemi strutturali della fisica classica i suoi presupposti ideologici, quelli propri della "forma di vita occidentale moderna").

La "meccanica" delle matrici di Heisenberg, Born e Jordan aveva un carattere ancora più estremo di "frattura epistemologica" nei confronti delle precedenti teorie fisiche, per il suo linguaggio matematico discreto, per la sua radicale concezione di teoria fisica in relazione alle pratiche sperimentali, per quella che già nel 1927 apparirà come la sua intrinseca portata indeterministica, che la "rivoluzione quantistica" ha in parte perso nel suo cammino storico.

La meccanica delle matrici implicava un cambiamento dei rapporti fra matematica e fisica: come nel caso della relatività che comportava il cambiamento della geometria e l'assunzione di una "geometria fisica" scelta in base alla sua sperimentabilità, così l'aritmetica e l'algebra nel caso della meccanica delle matrici non potevano essere più date a priori, dovevano essere scelte in relazione agli esperimenti, e ciò portava ad un'aritmetica e ad un'algebra "quantistiche" o dei

"numeri quantistici" (matrici o "q-numbers"). La rivoluzionaria conseguenza di ciò è il ribaltamento dei rapporti tra "logos mathematikòs" e "physis", che poi sarà effettuato dagli approcci radicali di "logica quantistica".

Analizzare ancora oggi i lavori costitutivi della meccanica delle matrici non ha allora solo il sapore di una nostalgia o di un'erudizione storica; si tratta invece di restituire alla "rivoluzione quantistica" la sua estrema radicalità originaria, non solo per il suo valore storico, ma per le sue conseguenze fisiche e filosofiche che ci impegnano a riconsiderare completamente lo stesso nostro modo di rapportarci alla natura e da un punto di vista epistemologico e da un punto di vista che non potrà non essere anche etico: il cambiamento nell'idea della natura, implicato dalla meccanica delle matrici, comporta l'abbandono dell'illusoria moderna "epoca delle immagini del mondo", in cui la natura era ridotta ad immagine dell'uomo; comporta quindi una diversa relazione dell'uomo con la natura e di questi con Dio. La natura, come "mutamento" irriducibile, nella sua indeterminazione fondamentale non potrà più essere oggetto inerte e passivo delle nostre rappresentazioni meccaniciste come delle nostre correlate manipolazioni tecnologiche: e con il meccanicismo crollano anche la teologia e l'etica che lo informavano e che ci allontanavano dalla percezione della natura come "grande madre vivente" in cui soffia e dimora lo Spirito di Dio; contrariamente alle idee di Einstein, la meccanica delle matrici indica non solo un Dio che gioca a dadi con il mondo rispettandone la radicale libertà creaturale che si riflette nell'indeterminazione, ma anche, come scrive Heisenberg, una nuova "forma spirituale" di vita al di là del rapporto soggetto-oggetto. La fisica indeterministica, come quella del caos, riconduce e restituisce allora del tutto l'esperienza autentica del tempo cristiano proiettato verso l'impredicibilità della *Parousia* e del regno di Dio.

8. Verso una "Nuova Alleanza"

A mio avviso, i filosofi e i fisici, nonostante i fraintendimenti e le differenze comunque rilevanti, ci hanno dato, a partire dall'inizio di questo secolo, una nuova prospettiva convergente sul tempo: così, questa nuova visuale può essere accettata anche evitando il rischio di accettare 'in toto' le varie teorie fisiche implicate come teorie ultime e fondamentali.

Tuttavia, ancora una volta, nella comunità dei fisici, le prospettive di Poincaré e Whitehead o Eddington a questo riguardo sono state in gran parte rifiutate e nascoste come accaduto similmente in altre occasioni nella storia della fisica. Così, la concezione atemporale di Einstein è stata accettata e diffusa, la relatività del moto usata per la sua intrinseca negazione, e il tempo e la storicità sono state eliminate almeno apparentemente dalla fisica.

Allo stesso modo, l'irreversibilità introdotta dall'evoluzione dei processi quantistici indeterminati è stata nascosta nella formulazione della meccanica quantistica basata sull'equazione indipendente dal tempo di Schrödinger. Anche gli aspetti temporali, correlati al trattamento all'interno della teoria del problema dell'irreversibilità degli stessi processi di misura (le definizioni operative delle grandezze fisiche comportano irreversibilità), ovvero del problema della 'non-separabilità' del 'soggetto fisico' con le sue connotazioni relativistiche e quantistiche, sono stati trascurati e nascosti. Così, non considerati solitamente gli aspetti temporali della non-separabilità degli eventi, implicati dall'analisi di esperimenti tipo quello di Einstein-Podolski-Rosen (EPR), con una evidente interconnessione di passato, presente e futuro. Ancora trascurata la temporalità fondamentale della logica quantistica, con il carattere non-denotativo dei suoi termini, associabili soltanto a processi indeterminati di mutamento. E così pure celato il tempo come indeterminazione di bergsoniana memoria, inerente alle relazioni d'indeterminazione di Heisenberg (il tempo come indeterminazione, irriducibile ad estensione, delle variabili fisiche come l'energia), alla considerazione dei mutamenti propri dei cosiddetti interferenomeni. L'indeterminazione della struttura metrica implicita in ogni possibile 'quantizzazione' dello spazio-tempo a livello cosmologico, implicante una 'somma' storico-ereditaria su tutti i possibili tempi propri dell'evoluzione dell'universo come un tutto è ancora effettivamente non analizzata in tutte le sue conseguenze: anche qui l'*aiòn* universale non è più riducibile a estensione-durata o successione-ordine globale (causale), ma è un flusso-molteplicità eterogenea non-separabile di *chronoi* e di *kairoi* di eventi. *Ápeiron aiònios*.

Max Born negli anni cinquanta e la dinamica caotica di Prigogine in tempi più recenti hanno mostrato che la stessa meccanica classica è effettivamente ed intrinsecamente statistica, indeterministica e irreversibile, ovvero il mutamento e il tempo, e così la natura stessa, non possono essere ridotti ad immagine-rappresentazione di matematiche grandezze estensive, quantitative omogenee neanche al livello della meccanica classica. Se vi è una cifra della natura come mutamento, tempo e caos, tale numero simbolico è del tutto indeterminato e indeterminabile.

Analizzando recentemente la meccanica relativistica, ho dimostrato altrove che anch'essa deve essere caotica e con gli stessi aspetti caotici considerati per la meccanica classica e quantistica: tali aspetti dinamici devono essere inglobati all'interno della stessa struttura dello spazio e del tempo come correlati agli eventi: così, si ha di fronte una dinamica, uno spazio e un tempo caotici, irreversibili, e storici. Un tempo non più come ordine seppure locale, ma come irreversibile *chaos* di eventi. *Ápeiron aiònios* come *chaos* di *chronoi* e *kairoi*. Da ciò segue anche una temporalità, relatività e storicità delle leggi fisiche, già considerata da Poincaré, Pierce, Finkelstein e Wheeler sotto altre forme.

Non si tratta quindi di un semplice inglobamento della fisica all'interno di filosofie del tempo precostituite o delle 'scienze storiche', come 'storia della natura', senza primo di tutto superare le presupposizioni presenti nelle filosofie e nelle scienze storiche, come indicato da Ernst Bloch: anche nelle analisi storiche si deve 'integrare' come in teoria quantistica su molte storie e molti tempi, che a loro volta sono relativi a eventi, locali, 'storico-ereditari' e caotici.

D'altra parte, la relatività, l'irreversibilità termodinamica e l'indeterminazione quantistica implicano l'impossibilità di una riduzione della natura a '*Bestand*', ovvero a riserva di energia per gli scopi tecnici umani e ad oggetto che può essere dominato in una maniera predicibile. Vi è il crollo dei presupposti tecnici della scienza moderna, della fisica, senza il quale non è concepibile un superamento della separazione tra umanità e natura alla base della concezione 'volgare' del tempo e dell'essere.

Solo tenendo conto di ciò, a mio avviso, si possono superare le presupposizioni spaziali, di geometria dei solidi, che sono inglobate nella struttura dei nostri linguaggi scritti e alle radici della meta-fisica occidentale come del dominio tecnico della natura. E solo allora, come dice Michel Serres, si potrà passare dalle 'epoche dei solidi' ad un' 'età dei liquidi, dei fluidi o del tempo', correlata ad una 'nuova alleanza', ad un nuovo dialogo tra l'umanità, gli altri esseri viventi e l'intera natura.

Ed è il tempo quale dimensione costitutiva della natura, dei processi fisici, che relativizza e indetermina l'esperienza della natura meccanicistico-tecnica aprendo ad una nuova percezione che corrisponde a quella del nuovo *Aiòn* come nuovo tempo cosmico e di ogni parte dell'universo come della luce, del *kairòs* degli eventi e della *Parousia* imprevedibile quale prospettiva insita di un finale "regno della luce", come annunciato nel vangelo di Gesù, nella natura stessa.

Parafrasando Borges: il tempo è ciò di cui siamo fatti e di cui sono fatte le stelle. Il tempo è un fiume che ci trascina, ma noi siamo il fiume: un fiume tra altri fiumi, nel fiume del mondo. Il tempo è un fuoco che ci divora, ma noi siamo il fuoco: fiamme tra altre fiamme, nel fuoco del mondo. Il tempo è un amore che ci consuma e che ci distrugge, ma noi siamo l'amore: un amore tra altri amori, nell'amore del mondo. Il mondo, fortunatamente, è reale; solo l'amore esiste.

Weltzeit: Das Miteinandersein in der Weltliebe.

9. Bibliografia

A. Agostino, *Opera omnia*, Città Nuova, Roma 1978-1999.

A. Agostino, *De musica*, intr., tr. it. e note di M. Bettetini, *Musica*, Rusconi, Milano 1997.

- A. Agostino, *Ordine, Musica, Bellezza*, a cura di M. Bettetini, Rusconi, Milano 1992.
- A. Agostino, *Confessiones*, intr. di C. Mohrmann, tr. it. di C. Vitali, *Le confessioni*, Rizzoli, Milano 1997.
- A. Agostino, *De mendacio*, intr., tr. it. e note di M. Bettetini, *Sulla bugia*, Rusconi, Milano 1994.
- A. Agostino, *Il maestro e la parola*, a cura di M. Bettetini, Rusconi, Milano 1993.
- A. Agostino, *De civitate Dei*, tr. it di D. Gentili, *La città di Dio*, Città Nuova, Roma 1997.
- P. Alferj & A. Pilati (a cura di), *Conoscenza e complessità*, Theoria, Roma 1990.
- Aristotele, *Physica; De caelo*, ed. by W. D. Ross, Clarendon Press, Oxford 1930, tr. it. A. Russo & O. Longo, *Fisica, Del Cielo*, Laterza, Roma-Bari 1973.
- A. Aveny, *Empire of Time. Calendars, Cloks, and Cultures*, HarperCollins, London 1989, tr. it. di A. R. Vignati, *Gli imperi del tempo*, Dedalo, Bari 1993.
- G. Bachelard, *L'intuition de l'istant*, Gonthier, Paris 1966, tr. it. di A. Pellegrino, *L'intuizione dell'istante. Psicanalisi del fuoco*, Dedalo, Bari 1973, pp. 37-122.
- G. Bachelard, *La dialectique de la durée*, P.U.F., Paris 1950.
- J. Bailey (1996), *After Thought*, Harper Collins, New York.
- G. Barletta, *Chronos. Figure filosofiche del tempo*, Dedalo, Bari 1992.
- M. Beller, *Matrix Theory before Schrödinger - Philosophy, Problems, Consequences*, in *Isis* 74 (1983), pp. 469-491.
- H. Bergson, *Oeuvres*, P.U.F., Paris 1959, 1991.
- H. Bergson, *Durée et simultanéité*, P.U.F., Paris 1922, 1968.
- H. Bergson, *Mélanges*, P.U.F., Paris 1972.
- C. Bernardini, *Functional Equations, Iterated Mappings and Clock Problems*, in *Il Nuovo Cimento*, v. 106 B (1991), pp. 1099-1109.
- M. Bettetini (1994), *La misura delle cose*, Rusconi, Milano.
- E. Bloch, *Erbschaft dieser Zeit*, Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1962, tr. it. a cura di L. Boella, *Eredità del nostro tempo*, il Saggiatore, Milano 1992.
- R. Bodei, *Multiversum. Tempo e storia in Ernst Bloch*, Bibliopolis, Napoli 1979.
- R. Bodei (1991), *Ordo amoris. Conflitti terreni e felicità celeste*, il Mulino, Bologna.
- S. Boffi, *Il postulato dei quanti e il significato della funzione d'onda*, Bibliopolis, Napoli 1996.
- L. Boltzmann, *Theoretical Physics and Philosophical Problems*, ed. by B. McGuinness, Reidel, Dordrecht 1974.
- J. Luis Borges, *Otras Inquisiciones*, Emecé, Buenos Aires 1960, tr. it. di F. Tentori Montalto, *Altre Inquisizioni*, Feltrinelli, Milano 1963.
- M. Born, *Physics and Metaphysics*, in *Mem. Manchester Lit. and Philosophical Society*, v. 91 (1950), pp. 33-53.
- M. Born & D. J. Hooton, *Statistical Dynamics of Multiply-Periodic Systems*, in *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, v. 52 (1956), pp. 287-300.

- M. Born, *Über Quantenmechanik*, in *Z. Phys.* **26** (1924), pp. 379-396.
- M. Born, *Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge*, in *Z. Phys.* **38** (1926), pp. 803-827; M. Born, *Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge*, in *Z. Phys.* **37** (1926), pp. 863-867.
- A. Borst (1990), *Computus. Zeit und Zahl in der Geschichte Europas*, Wagenbach, Berlin, tr. it. di E. Ganni e M. Loewy, *Computus*, il melangolo, Genova 1997.
- A. Brissoni, *L'epistemologia di Albert Einstein*, Gangemi, Roma 1991, (soprattutto pp. 12-16).
- M. Cacciari, *Krisis*, Feltrinelli, Milano 1976.
- M. Cacciari, *Icone della legge*, Adelphi, Milano 1985.
- M. Cacciari, *Dell'inizio*, Adelphi, Milano 1990, pp. 235-303.
- G. Calogero, *Parmenide e la genesi della logica classica*, in *Annali della Regia Scuola Normale Superiore di Pisa*, serie II, v. 5 (1936), pp. 143-185.
- G. Calogero, *Storia della logica antica*, Laterza, Roma-Bari 1967.
- G. Calogero, *Studi sull'eleatismo*, La Nuova Italia, Firenze 1977.
- M. Capek (a cura di), *The Concepts of Space and Time. Their Structure and Their Development*, Boston Studies in the Philosophy of Science vol. XXII, Reidel, Dordrecht 1976.
- E. Cassirer, *Die Philosophie der Griechen von den Anfängen bis Platon*, in *Die Geschichte der Philosophie*, a cura di M. Dessoir, vol. I., *Die Geschichte der Antiken Philosophie*, Verlag Ullstein GmbH, Berlin 1925 & *Logos, Dike, Kosmos in der Entwicklung der Griechischen Philosophie*, in Göteborgs Högskolas Arsskrift, 6, 1941, tr. it. di G. A. De Toni, *Da Talete a Platone*, Laterza, Roma-Bari 1984.
- E. Cassirer, *Leibniz' System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen*, Elwert, Marburg 1902 & Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1962, tr. it. di G. A. De Toni, *Cartesio e Leibniz*, Laterza, Roma-Bari 1966.
- E. Cassirer, *Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neuen Zeit*, Berlin 1911-1920, tr. it. di L. Tosti, *Storia della filosofia moderna*, Newton Compton, Roma 1977.
- A. Cazzullo, *Heidegger e il problema dell'immagine*, in *l'uomo, un segno*, n.3 (1982), pp. 59-118.
- C. Chevalley, *Le conflit de 1926 entre Bohr et Schrödinger: un exemple de sous-détermination des théories*, in *Erwin Schrödinger - Philosophie et naissance de la mécanique quantique*, ed. M. Bitbol & O. Darrigol, Frontières, Gif-sur-Yvette Cedex 1992, pp. 81-94.
- C. Chevalley, *Complémentarité et langage dans l'interprétation de Copenhague*, in *Revue d'histoire des sciences* **38**, 3/4 (1985), pp. 251-292.
- G. Colli, *La natura ama nascondersi*, Adelphi, Milano 1988.
- G. Colli, *La sapienza greca*, voll. I, II, III, Adelphi, Milano 1978.
- U. Curi (a cura di), *Dimensioni del tempo*, F. Angeli, Milano 1987.

- S. D'Agostino, *Il principio d'indeterminazione e la transizione dall'ontologia della fisica classica a quella della meccanica quantistica*, in *Rappresentazione e Oggetto - dalla fisica alle altre scienze*, a cura di M. La Forgia e S. Petruccioli, Theoria, Roma 1987, pp. 23-34.
- L. De Broglie, E. Schrödinger, W. Heisenberg, *Onde e particelle in armonia*, intr. e cura di S. Boffi, Jaca Book, Milano 1991.
- G. Deleuze, *Nietzsche et la philosophie*, P.U.F., Paris 1962, tr. it., *Nietzsche e la filosofia*, Colportage, Firenze 1978.
- J. Derrida, *De la grammatologie*, Minuit, Paris 1967, tr. it. di R. Balzarotti et al., *Della grammatologia*, Jaca Book 1969.
- G. de Santillana & H. von Dechend, *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, (pp. 185-199 sul 'determinismo ciclico', pp. 219-245 del tempo e dei fiumi).
- H. Diels & W. Kranz, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Berlin 1903, 1966¹², tr. it. a cura di G. Giannantoni, *I Presocratici*, voll. I, II, Laterza, Roma-Bari 1979.
- H. Dingle, *Philosophy of Physics 1850-1950*, in *Nature*, v. 168 (1951), pp. 630-636.
- H. Dingle, *A Relativistic Theory of Temperature Radiation*, in *Philosophical Magazine*, s. 7, v. 35 (1944), pp. 499-518.
- P. A. M. Dirac, *The Fundamental Equations of Quantum Mechanics*, in *Proc. Roy. Soc. A* **109** (1926), pp. 642-653.
- P. A. M. Dirac, *Quantum Mechanics and a Preliminary Investigation of the Hydrogen Atom*, in *Proc. Roy. Soc. A* **110** (1926), pp. 561-569.
- P. A. M. Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics*, Clarendon Press, Oxford 1930, 1958, tr. it. di P. L. Casalini & V. Silvestrini, *I principi della meccanica quantistica*, Boringhieri, Torino 1976.
- E. Donini, *Il caso dei quanti*, clup, Milano 1982, pp. 282-283.
- E. Drewermann (1990), *Tiefenpsychologie und Exegese I-II*, Walter, Olten.
- R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Griffon, Neuchatel 1955.
- P. Duhem, *L'évolution de la mécanique*, Joanin 1903, Vrin, Paris 1992.
- C. Eckart, *Operator Calculus and the Solution of the Equation of Motion of Quantum Dynamics*, in *Physical Review* **28** (1926), pp. 711-726 (una prima nota preliminare era stata pubblicata in *Proc. Nat. Acad. Sci.* **12** (1926), p. 473).
- A. S. Eddington, *The Nature of the Physical World*, Cambridge University Press, Cambridge 1928, tr. it. di C. Cortese De Bosis, L. Gialanella & M. Mamiani, *La natura del mondo fisico*, Laterza, Roma-Bari 1935, 1987.
- N. Elias, *Über die Zeit. Arbeiten zur Wissenssoziologie II*, hrg. von M. Schröter, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1984, tr. it. di A. Roversi, *Saggio sul tempo, il Mulino*, Bologna 1986.
- F. Enriques, *Problemi della Scienza*, Zanichelli, Bologna 1906, 1909, (soprattutto pp. 202-318).

- F. Enriques, *La relatività del movimento nell'antica Grecia*, in *Periodico di matematiche*, Marzo 1921, ristampato in A. Kopff (a cura di), *I fondamenti della relatività einsteiniana*, Hoepli, Milano 1923, pp. 385-400
- F. Enriques & G. De Santillana, *Compendio di storia del pensiero scientifico dall'antichità fino ai tempi moderni*, Zanichelli, Bologna 1936.
- D. Finkelstein, *Matter, Space and Logic*, in *Boston Studies in the Philosophy of Science* 5 (1969), p. 199.
- D. Finkelstein, *Beneath Time: Explorations in Quantum Topology*, in J. T. Fraser (a cura di), *The Study of Time. III*, Springer Verlag, New York 1977, pp. 94-114.
- D. Finkelstein & E. Rodriguez, *Relativity of Topology and Dynamics*, in *International Journal of Theoretical Physics*, v.23 (1984), pp. 1065-1098.
- P. Forman, *Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment*, in *Historical Studies in the Physical Sciences* 3 (1971), pp. 1-115.
- M. Foucault, *Les mots et les choses*, Gallimard, Paris 1966, tr. it. di E. Panaitescu, *Le parole e le cose*, Rizzoli, Milano 1967.
- J. T. Fraser, *Time. The Familiar Stranger*, The University of Massachusetts Press, Amherst 1987, tr. it. di L. Cornalba, *Il tempo: una presenza sconosciuta*, Feltrinelli, Milano 1991.
- E. Fromm (1930), *Die Entwicklung des Christusdogmas. Eine psychoanalytische Studie zur sozialpsychologischen Funktion der Religion*, in *Das Christusdogma und andere Essays*, in *Gesamtausgabe*, vol. VI, Stuttgart 1980, pp.11-68, tr. it. di V. Di Giuro, *Il dogma di Cristo, in Il bisogno di credere - Saggi sulla religione, la psicologia e la cultura*, Mondadori, Milano 1997, pp. 7-78, 189-194.
- G. Galilei (1632), *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*, a cura di L. Sosio, Einaudi, Torino 1970, pp. 227-229.
- J. Gelb, *A study of writing*, 1963, tr. it. di L. De Castro e R. Ronchi, *Teoria generale e storia della scrittura*, Egea, Milano 1993.
- G. Gembillo, *Werner Heisenberg - La filosofia di un fisico*, Giannini, Napoli 1987.
- E. Giannetto, *Il crollo del concetto di spazio-tempo negli sviluppi della fisica quantistica: l'impossibilità di una ricostruzione razionale nomologica del mondo*, in *Aspetti epistemologici dello spazio e del tempo*, a cura di G. Boniolo, Borla, Roma 1987, pp. 169-224.
- E. Giannetto, *La pratica ermeneutica del dialogos*, in *Ermeneutica e Filosofia Pratica*, a cura di N. De Domenico, A. Escher Di Stefano & G. Puglisi, Marsilio, Venezia 1990, pp. 99-112.
- E. Giannetto, *Physis, Bios, Psyché e Logos: note verso una fisica come dissoluzione delle pratiche simboliche*, in *Metaxù*, n. 8 (1989), pp. 43-60.
- E. Giannetto, *"L'esterno dell'interno": il "paradigma" fisico dell'energia*, in *Le comunità scientifiche tra storia e sociologia della scienza. Atti del Workshop (18-20 Aprile, 1991)*, a

- cura di G. Battimelli & E. Gagliasso, *Serie di Quaderni della Rivista di Storia della Scienza*, n. 2 (1992), pp. 335-344.
- E. Giannetto, *The Epistemological and Physical Importance of Gödel's Theorems*, in *First International Symposium on Gödel's Theorems*, a cura di Z. W. Wolkowski, World Scientific, Singapore 1993, pp. 136-147.
- E. Giannetto, *La logica quantistica tra fondamenti della matematica e della fisica*, in *Foundations of Mathematics & Physics*, a cura di U. Bartocci & J. P. Wesley, Wesley, Blumberg 1990, pp. 107-127.
- E. Giannetto, *Toward a Quantum Epistemology*, in *Atti del Convegno S.I.L.F.S. Temi e Prospettive della Logica e della Filosofia della Scienza*, a cura di M. L. Dalla Chiara & M. C. Galavotti, CLUEB, Bologna 1988, pp. 121-124.
- E. Giannetto, *L'epistemologia quantistica come metafora antifondazionistica*, in *Immagini Linguaggi Concetti*, a cura di S. Petruccioli, Theoria, Roma 1991, pp. 301-322.
- E. Giannetto, *On Truth: A Physical Inquiry*, in *Atti del Congresso 'Nuovi problemi della logica e della filosofia della scienza'*, I, a cura di C. Cellucci & M. Dalla Chiara, CLUEB, Bologna 1991, pp. 221-228.
- E. Giannetto, *On Relativity Theories and Leibniz*, conferenza tenuta all'International Conference 'Albert Einstein', Ulm, Marzo 1992 (in stampa).
- E. Giannetto, *Teoria quanto-relativistica delle fasi macroscopiche della materia condensata: la transizione fluido-solido*, tesi di dottorato, Università di Messina, Messina 1992.
- E. Giannetto et al., *Chaotic Space-Time*, 1994 (in stampa).
- E. Giannetto, *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.
- E. Giannetto, C. Tarsitani & M. Vicentini Missoni, *The Relations between Epistemology, History of Science and Science Teaching from the Point of View of the Research on Mental Representations*, in *Proceedings of the Second International History Philosophy and Science Teaching Conference*, ed. by S. Hills, Kingston 1992, pp. 359-374.
- E. Giannetto, *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.
- E. Giannetto, *Henri Poincaré and the rise of special relativity*, in *Hadronic Journal Supplement* **10** (1995), pp. 365-433.
- E. Giannetto, *Some Remarks on Non-Separability*, in *The Foundations of Quantum Mechanics*, C. Garola & A. Rossi, eds., Kluwer, Dordrecht 1995, 315-324.
- E. Giannetto, *Physical Theories and Theoretical Physics*, in *Atti del XIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica* (a cura di A. Rossi), Conte, Lecce 1995, 163-177.

- E. Giannetto, *Mach's Principle and Whitehead's Relational Formulation of Relativity*, in *Atti del XIII Congresso Nazionale di Storia della Fisica* (a cura di A. Rossi), Conte, Lecce 1995, 389-400.
- E. Giannetto, *Note storico-critiche sul mutamento e il 'realismo': Henri Poincaré, la Relatività Speciale e le Teorie Fisiche*, in *Ancora sul Realismo. Aspetti di una controversia della fisica contemporanea*, a cura di G. Giuliani, Goliardica Pavese, Pavia 1995, 241-249.
- E. Giannetto, *Note sul concetto di natura fra Oriente ed Occidente: il pensiero di Rabindranath Tagore*, in *La Natura tra Oriente e Occidente*, a cura di R. Troncon, Luni, Milano 1996, 249-256.
- E. Giannetto, *Henri Poincaré and the rise of special relativity*, in *Quanta Relativity Gravitation: Proceedings of the XVIII Workshop 'Problems on High Energy Physics and Field Theory*, Protvino (Mosca), 1996, pp. 3-31.
- E. Giannetto, *Henri Poincaré and the rise of special relativity*, in *Physical Interpretations of Relativity Theory V, London 1996, Supplementary Papers* (a cura di M. C. Duffy), British Society for the Philosophy of Science, London 1998, pp. 79-121.
- E. Giannetto, *La meccanica classica: da Galilei a Newton*, in *Verso il '99*, Comune di Pavia, Pavia 1998, pp. 29-35.
- E. Giannetto, *Henri Poincaré e la nascita della meccanica quantistica*, Congresso SIF, Verona 1996, in corso di stampa.
- E. Giannetto, *Max Born, il caos ed il mito del determinismo meccanicista*, in *Chaos Fractals Models*, a cura di F. M. Guindani & G. Salvadori, Pavia 1998, pp. 169-184.
- E. Giannetto & G. Bonera (1997), *Scienza, Cristianesimo e incanto del mondo. Per un'interpretazione del Tractatus de sex dierum operibus di Teodorico di Chartres*, in *Cultura e spiritualità*, a cura di L. Valle, Nardini, Firenze 1999, pp. 201-241.
- E. Giannetto, *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.
- E. Giannetto (1998), *Towards Virtual Physics*, in corso di stampa.
- G. Gregorio (1997), *Hans-Georg Gadamer e la declinazione ermeneutica della fenomenologia*, Alfieri & Ranieri, Palermo.
- N. Hanson, *The Concept of the positron. A philosophical analysis*, Cambridge University Press, Cambridge 1963, tr. it. a cura di I. Zucchetta, *Il concetto di positrone*, Piovan, Abano 1989, pp. 151-173.
- M. Heidegger, *Der Zeitbegriff in der Geschichtswissenschaft*, in *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, CLXI (1916), pp. 173-188 e ristampato in *Frühe Schriften*, Klostermann, Frankfurt am Main 1972, pp. 355-376, tr. it. di A. Babolin, *Scritti filosofici (1912-1917)*, La Garangola, Padova 1972.
- M. Heidegger, *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 1995.
- M. Heidegger (1924), *Der Begriff der Zeit*, Niemeyer, Tübingen 1989, tr. it. di F. Volpi, *Il concetto di tempo*, Gallio, Ferrara 1990.
- M. Heidegger (1927), *Sein und Zeit*, Niemeyer, Tübingen, tr. it. di P. Chiodi, *Essere e tempo*, Longanesi, Milano 1976, (in particolare § 70).
- M. Heidegger (1931), *Aristoteles, Metaphysik Q 1-3. Von Wesen und Wirklichkeit der Kraft*, Klostermann, Frankfurt am Main 1981, tr. it. di U. Ugazio, *Aristotele. Metafisica Q 1-3*, Mursia, Milano 1992.
- M. Heidegger (1935), *Die Frage nach dem Ding. Zu Kants Lehre von den transzendentalen Grundsätzen*, Niemeyer, Tübingen 1962, tr. it. a cura di V. Vitiello, *La questione della cosa*, Guida, Napoli 1989.
- M. Heidegger (1936-39), *Beiträge zur Philosophie (vom Ereignis)*, Klostermann, Frankfurt am Main 1989.
- M. Heidegger (1936-40), *Nietzsche*, Neske, Pfullingen 1961, tr. it. di F. Volpi, *Nietzsche*, Adelphi, Milano 1994.
- M. Heidegger, (1938) *Die Zeit des Weltbildes*, e (1946) *Der Spruch des Anaximanders*, in *Holzwege*, Klostermann, Frankfurt am Main 1950, tr. it. di P. Chiodi, *L'epoca delle immagini del mondo*, e *Il detto di Anassimandro*, in *Sentieri interrotti*, La nuova Italia, Firenze 1968.
- M. Heidegger (1939), *Von Wesen und Begriff der physis. Aristoteles, Physik B, 1*, in *Wegmarken*, Klostermann, Frankfurt am Main 1976, tr. it. di F. Volpi, in *Segnavia*, Adelphi, Milano 1987.
- M. Heidegger, *Die Frage nach der Technik, e Wissenschaft und Besinnung in Vorträge und Aufsätze*, Neske, Pfullingen 1954, tr. it. di G. Vattimo, *La questione della tecnica, e Scienza e meditazione*, in *Saggi e discorsi*, Mursia, Milano 1976.
- M. Heidegger (1962), *Zeit und Sein & Protokoll zu einem Seminar über den Vortrag "Zeit und Sein"*, in *Zur Sache des Denkens*, Niemeyer, Tübingen 1969, intr. e tr. it. di E. Mazzarella, *Tempo ed essere*, Guida, Napoli 1980.
- M. Heidegger, *Kant und das Problem der Metaphysik*, Klostermann, Frankfurt am Main 1973, tr. it. di M. E. Reina & V. Verra, *Kant e il problema della metafisica*, Laterza, Roma-Bari 1981.
- M. Heidegger, *Logik. Die Frage nach der Wahrheit*, Klostermann, Frankfurt am Main 1976, tr. it. di U. M. Ugazio, *Logica. Il problema della verità*, Mursia, Milano 1986, (soprattutto pp. 131-275, sulla simultaneità: pp. 176-178 § 21, e 231-232 § 30).
- M. Heidegger, *Die Grundprobleme der Phänomenologie*, Klostermann, Frankfurt am Main 1975, tr. it. di A. Fabris, *I problemi fondamentali della fenomenologia*, il melangolo, Genova 1988, pp. 218-327.

- M. Heidegger, *Prolegomena zur Geschichte des Zeitbegriffs*, Klostermann, Frankfurt am Main 1979, tr. it. R. Cristin & A. Marini, *Prolegomeni alla storia del concetto di tempo*, il melangolo, Genova 1991.
- W. Heisenberg, *Development of Concepts in the History of Quantum Theory*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. J. Mehra, Reidel, Dordrecht 1973, pp. 264-275.
- W. Heisenberg, *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, 1930, *I principi fisici della teoria dei quanti*, tr. it. di M. Ageno, Einaudi, Torino 1948.
- W. Heisenberg, *Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik*, in *Zeitschrift für Physik* **43** (1927), pp. 172-198, tr. it. di G. Gregorio, C. Staiti, e G. Gembillo (a cura di), in *Indeterminazione e realtà*, Guida, Napoli 1991, pp. 35-67.
- W. Heisenberg, *Naturwissenschaftliche und religiöse Wahrheit*, in W. Heisenberg, *Gesammelte Werke*, Herausgegeben von W. Blum, H.-P. Dürr und H. Rechenberg, Piper, München 1985, C bd. III, pp. 422-439, tr. it. di C. Staiti, *Verità scientifica e verità religiosa*, in W. Heisenberg, *Lo sfondo filosofico della fisica moderna*, a cura di G. Gembillo e E. Giannetto, Sellerio, Palermo 1999, pp. 56-68.
- W. Heisenberg, *Lo sfondo filosofico della fisica moderna*, a cura di G. Gembillo e E. Giannetto, Sellerio, Palermo 1999.
- M. B. Hesse, *Forces and Fields. The Concept of Action at a Distance in the History of Physics*, Nelson & Sons, Edinburgh 1961, tr. it. di L. Sosio, *Forze e campi*, Feltrinelli, Milano 1974.
- M. Horkheimer und Th. W. Adorno (1947), *Dialektik der Aufklärung. Philosophische Fragmente*, Fischer Verlag, Frankfurt am Main 1969, tr. it. di R. Solmi, *Dialettica dell'illuminismo*, Einaudi, Torino 1969.
- M. Horkheimer, *Eclipse of reason*, Oxford University Press, Oxford-New York, tr. it. di E. Vaccari Spagnol, *Eclisse della ragione. Critica della ragione strumentale*, Einaudi, Torino 1969.
- K. & R. Huang (a cura di), *I Ching*, Workman, New York 1985.
- E. Husserl, *Zur Phänomenologie des Inneren Zeitbewusstseins: 1893-1917* - hgg. v. R. Boehm, *Husserliana, Gesammelte Werke*, Bd. X, Nijhoff, Den Haag 1966, tr. it. di A. Marini, *Per la fenomenologia della coscienza interna del tempo*, F. Angeli, Milano 1992.
- E. Husserl, *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie*, in *Husserliana, Gesammelte Werke*, Bd. VI, Nijhoff, Den Haag 1954, 1959, tr. it. di E. Filippini, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, il Saggiatore, Milano 1961.
- K. Hutchison, *Is Classical Mechanics Really Time-reversible and Deterministic?*, in *British Journal for the Philosophy of Science*, v. 44 (1993), pp. 307-323.
- M. G. Ianniello, *Il concetto di Nachwirkung da Weber a Smoluchovski*, Dipartimento di Fisica, Università di Roma 'La Sapienza', nota interna 1009, Roma 1993.

- M. Jammer, *Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics*, Harvard University Press, Harvard, Massachusetts 1954, tr. it. di A. Pala, *Storia del concetto di spazio*, Feltrinelli, Milano 1963.
- M. Jammer, *Concepts of Force. A study in the foundations of dynamics*, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1957, tr. it. di E. Bellone, *Storia del concetto di forza*, Feltrinelli, Milano 1971.
- M. Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, New York 1966.
- M. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, Wiley, New York 1974, pp. 340-416.
- P. Jordan, *Das Bild der modernen Physik*, Stromverlag, Hamburg 1947, tr. it. di F. Dossi e G. M. Proserpi, *L'immagine della fisica moderna*, Feltrinelli, Milano 1964, pp. 42-53.
- C. G. Jung, *Aion. Beiträge zur Symbolik des Selbst*, Walter-Verlag, Olten 1976, tr. it. di L. Baruffi, *Aion, Opere*, vol. IX, tomo sec., Boringhieri, Torino 1982.
- C. G. Jung (1942), *Versuch einer psychologischen Deutung des Trinitätsdogmas*, in *Werke XI*, Walter-Verlag, Olten Freiburg 1971, pp. 119-218, tr. it. di E. Schanzer & L. Aurigemma, *Saggio d'interpretazione psicologica del dogma della Trinità*, in *Opere XI*, Bollati-Boringhieri, Torino 1992, pp. 115-194.
- C.G.Jung-W.Pauli (1952), *Naturerklärung und Psyche*, Rascher Verlag, Zürich.
- S. Kern, *The Culture of Time and Space 1880-1918*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1983, tr. it. di B. Maj, *Il tempo e lo spazio*, il Mulino, Bologna 1988.
- A. Koyré, *Les philosophes et la machine. Du monde de l'«à-peu-près» à l'univers de la précision*, in *Etudes d'histoire de la pensée philosophique*, A. Colin, Paris 1961, tr. it. di P. Zambelli, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Einaudi, Torino 1967.
- L. D. Landau & E. M. Lifshitz, *Kvantovaja mehanika*, Mir, Mosca, 1947, 1973, tr. it. di A. Machov, *Meccanica Quantistica*, Editori Riuniti, Roma 1976, pp. 50-63.
- J. Le Goff, *Tempo della Chiesa e tempo del mercante*, tr. it. di M. Romano, Einaudi, Torino 1977.
- G. W. Leibniz, *Leibnizens mathematische Schriften*, a cura di C. G. Gerhardt, Halle 1850-63.
- G. W. Leibniz, *La Monadologie*, a cura di E. Boutroux, Delagrave, Paris 1880.
- A. Leroi-Gourhan, *L'homme et la matière*, A. Michel, Paris 1943, tr. it. di R. E. Lenneberg Picotti, *L'uomo e la materia*, Jaca Book, Milano 1993.
- A. Leroi-Gourhan, *Milieu et techniques*, A. Michel, Paris 1945, tr. it. di L. Girola & M. Fiorini, *Ambiente e tecniche*, Jaca Book, Milano 1994.
- A. Leroi-Gourhan, *Le geste et la parole: I. Technique et langage; II. La mémoire et les rythmes*, A. Michel, Paris 1964-65, tr. it. di F. Zannino, *Il gesto e la parola*, voll. I & II, Einaudi, Torino 1977.
- D. C. Lindberg, *The Beginnings of Western Science*, The University of Chicago Press, Chicago 1992.

- D. C. Lindberg & R. L. Numbers (a cura di), *God and Nature. Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*, University of California Press, Berkeley 1986, tr. it. parziale a cura di P. Lombardi, *Dio e natura*, La Nuova Italia, Firenze 1994.
- L. Löwenheim, *Über Möglichkeiten im Relativkalkül*, in *Math. Ann.* **76** (1915), p. 447.
- G. Lucaks, *Geschichte und Klassenbewusstsein. Studien über marxistische Dialektik*, Berlin 1923, tr. it. di G. Piana, *Storia e coscienza di classe*, Sugarco, Milano 1971.
- A. Maier, *Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik*, Storia e Letteratura, Roma 1949-1958, tr. it. parziale a cura di M. Dal Pra, M. Parodi & A. Zoerle, *Scienza e filosofia nel Medioevo. Saggi sui secoli XIII e XIV*, Jaca Book 1984, (soprattutto pp. 155-267).
- H. Marcuse, *One-Dimensional Man. Studies in the Ideology of Advanced Industrial Society*, Beacon Press, Boston 1964, tr. it. di L. & T. Gallino, *L'uomo a una dimensione*, Einaudi, Torino 1967, e in particolare il cap. 6.
- H. Marcuse, *On Science and Phenomenology*, in *Boston Studies in the Philosophy of Science II*, a cura di R. Cohen & M. Wartofsky, Humanities Press, New York 1965, tr. it. di C. Camporesi, *Sulla scienza e la fenomenologia*, in *Critica della società repressiva*, Feltrinelli, Milano 1968.
- H. Marcuse, *Ecologia e critica della modernità*, in *Capitalismo Natura Socialismo*, n. 6 (1992), pp. 48-56 (la versione originale inglese è in *CNS-USA*, n. 11, 1992).
- R. A. Markus (1990), *The End of Ancient Christianity*, Cambridge University Press, Cambridge, tr. it. di C. Noce, pres. di A. Di Berardino, *La fine della cristianità antica*, Borla, Roma 1996, pp.6-8.
- G. Marramao, *Minima temporalia*, il Saggiatore, Milano 1990.
- G. Marramao, *Kairòs. Apologia del tempo debito*, Laterza, Roma-Bari 1992.
- O. Marzocca, *La stanchezza di Atlante*, Dedalo, Bari 1994.
- J. Mehra & H. Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory*, voll. I-V, Springer Verlag, New York 1982-1987, in particolare i volumi II. *The Discovery of Quantum Mechanics, 1925*, III. *The Formulation of Matrix Mechanics and Its Modifications, 1925-1926* e IV. *The Fundamental Equations of Quantum Mechanics 1925-1926 & The Reception of the New Quantum Mechanics 1925-1926*.
- F. A. Muller, *The Equivalence Myth of Quantum Mechanics, I & II*, in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, v. **28** (1997) pp. 35-61 e v. **28** (1997) pp. 219-247.
- J. Needham, *Science and Civilisation in China*, Cambridge University Press, Cambridge 1954, voll. I-VII, tr. it. a cura di A. Raffetto, *Scienza e civiltà in Cina*, Einaudi, Torino 1983.
- E. Neumann (1952), *Die Psyche und die Wandlung der Wirklichkeitsebenen*, Eranos Jarbuch, Band XXI, Rhein-Verlag, Zürich.
- E. Neumann (1956), *Die Grosse Mutter*, Rhein-Verlag, Zürich.
- I. Newton (1687), *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, terza edizione (1726) con le varianti, a cura di A. Koyré & I. B. Cohen, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1972, tr. it. di A. Pala, *Principi matematici della filosofia naturale*, Utet, Torino 1965.

- F. Nietzsche, *I filosofi preplatonici*, a cura di P. Di Giovanni, Laterza, Roma-Bari 1994.
- F. Nietzsche, *Sämtliche Werke*, a cura di G. Colli & M. Montinari, Deutscher Taschenbuch Verlag/de Gruyter, München/Berlin-New York 1988, *Opere*, Adelphi, Milano 1991.
- H. Nowotny, *Eigenzeit. Entstehung und Strukturierung eines Zeitgefühls*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main 1989, tr. it. di G. Panzieri, *Tempo privato*, il Mulino, Bologna 1993.
- Parmenide, *Poema sulla natura*, a cura di G. Reale, Rusconi, Milano 1991.
- G. Pasqui, *Per una genealogia della scrittura matematica. Osservazioni a partire da 'Zahlwort und Ziffer' di Karl Menninger*, in *Paradosso* 9 (1994), pp. 171-199.
- M. Pauri, *Principio quantistico, spazio e tempo*, in *Meccanica Quantistica*, a cura della SISSA, CUEN, Napoli 1995, pp. 66-87.
- J. Petitot, *Difficoltà logiche e filosofiche dell'idea di tempo*, in *Le frontiere del tempo*, a cura di R. Romano, il Saggiatore, Milano 1981, pp. 117-139.
- S. Petruccioli, *Atomi Metafore Paradossi - Niels Bohr e la costruzione di una nuova fisica*, Theoria, Roma 1988, pp. 181-245.
- S. Petruccioli, *Modi di dire, analogie imprecise e problemi di traduzione*, in *Immagini Linguaggi Concetti* (a cura di S. Petruccioli), Theoria, Roma 1991, pp. 245-258.
- C. S. Pierce, *Collected Papers*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1931-1958, tr. it. del tutto parziale a cura di M. A. Bonfantini et al., *Le leggi dell'ipotesi*, Bompiani, Milano 1984.
- Platone, *Timeo*, a cura di G. Reale, Rusconi, Milano 1994.
- Plotino, *L'eternità e il tempo, Enneade III 7*, a cura di F. Ferrari & M. Vegetti, Egea, Milano 1991.
- A. Plotnitsky, *Complementarity*, Duke University Press, Durham 1994.
- H. Poincaré, *Note sur le principes de la mécanique dans Descartes et dans Leibnitz*, in G. W. Leibnitz, *La Monadologie*, a cura di E. Boutroux, Delagrave, Paris 1880, pp. 225-231.
- H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris 1902, tr. it. a cura di G. Boniolo, in *Opere epistemologiche*, voll. I & II, Piovani, Abano (Pd) 1989.
- H. Poincaré, *La valeur de la science*, Flammarion, Paris 1905, tr. it. a cura di G. Boniolo, in *Opere epistemologiche*, voll. I & II, Piovani, Abano (Pd) 1989.
- H. Poincaré, *La mesure de temps*, in *Revue de Métaphysique et Morale*, v. 6 (1898), pp. 1-13.
- H. Poincaré, *La théorie de Lorentz et le principe de réaction*, in *Arch. Néerl.*, v. 5 (1900), pp. 252-278 e anche in *Recueil de travaux offerts par les auteurs à H. A. Lorentz*, Nijhoff, The Hague 1900.
- H. Poincaré, *L'état actuel et l'avenir de la Physique mathématique*, in *Bulletin des Sciences Mathématiques*, v. 28 (1904), pp. 302-324. H. Poincaré, *The Principles of Mathematical Physics*, in *The Monist*, v. 15 (1905), p. 1.
- H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'électron*, in *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, v. 140 (1905), pp. 1504-1508.

- H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'électron*, in *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, v. 21 (1906), pp. 129-175, tr. it. di U. Sanzo, in *Scritti di fisica matematica*, Utet, Torino 1994.
- H. Poincaré, *Sur la théorie des quanta*, in *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 153 (1911), pp. 1163-1168.
- H. Poincaré, *Sur la théorie des quanta*, in *Journal de Physique théorique et appliquée*, s. 5, t. 2 (1912), pp. 5-34.
- H. Poincaré, *L'hypothèse des quanta*, in *Revue scientifique*, s. 4, t. 17 (1912), pp. 225-232.
- K. Pomian, *L'ordre du temps*, Gallimard, Paris 1984, tr. it. di P. Arlorio, G. Bottiroli, C. De Marchi, C. Prandi, *L'ordine del tempo*, Einaudi, Torino 1992.
- H. Poser, *La teoria leibniziana della relatività di spazio e tempo*, aut-aut, v. 254-255 (1993), pp. 33-48.
- I. Prigogine & I. Stengers, *La Nouvelle Alliance. Métamorphose de la Science*, Gallimard, Paris 1979, *La nuova alleanza*, ed. it. a cura di R. Morchio, Longanesi, Milano 1979 & ed. it. a cura di P. D. Napolitani, Einaudi 1981.
- I. Prigogine, *From Being to Becoming*, Freeman, San Francisco 1980, tr. it., *Dall'essere al divenire*, Einaudi, Torino 1986.
- I. Prigogine & I. Stengers, *Entre le temps et l'éternité*, Fayard, Paris 1988.
- I. Prigogine, *La nascita del tempo*, Theoria, Roma 1988.
- I. Prigogine, *Le leggi del caos*, Laterza, Roma-Bari 1993.
- W. V. O. Quine, *Ontological Relativity and Other Essays*, Columbia University Press, New York 1969, tr. it. a cura di M. Leonelli, *La relatività ontologica e altri saggi*, Armando, Roma 1986, pp. 59-93.
- W. V. O. Quine, *World and Object*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1960, tr. it. e intr. a cura di F. Mondadori, *Parola e oggetto*, il Saggiatore, Milano 1970, pp. 38-102.
- S. Radhakrishnan, *Indian Philosophy*, Allen and Unwin Ltd, London 1923, tr. it. a cura del gruppo Kevala, *La filosofia indiana*, voll. I & II, Asram Vidya, Roma 1993.
- S. Radhakrishnan (a cura di), *History of philosophy eastern and western: vol. I*, Allen and Unwin Ltd, London 1952, tr. it. di Em. Agazzi, *Storia della filosofia orientale*, voll. I & II, Feltrinelli, Milano 1962, soprattutto vol. II, pp. 541-584.
- P. Ricoeur (1983), *Temps et récit. Tome I*, Seuil, Paris, tr. it. di G. Grampa, *Tempo e racconto. vol. I*, Jaca Book, Milano 1986.
- P. Ricoeur (1985), *Temps et récit. Tome III. Le temps raconté*, Seuil, Paris, tr. it. di G. Grampa, *Tempo e racconto. vol. III. Il tempo raccontato*, Jaca Book, Milano 1988.
- B. Russell, *The ABC of Relativity*, Harper & Bros., New York and London 1925, tr. it. di L. Pavolini, *L'ABC della relatività*, Longanesi, Milano 1974.
- B. Russell, *The Analysis of Matter*, Harcourt Brace & Co., New York 1927, tr. it., *L'analisi della materia*, Longanesi 1966.
- M. Russo, *Il significato realistico della relatività*, Sciascia, Caltanissetta-Roma 1983.

- S. Sambursky, *The Physical World of the Greeks*, Routledge & Kegan Paul, London 1956, tr. di M. Dagut, *Il mondo fisico dei greci*, Feltrinelli, Milano 1959.
- S. Sambursky, *The Physical World of Late Antiquity*, Routledge & Kegan Paul, London 1962.
- E. Schrödinger, *Quantisierung als Eigenwertproblem*, I, II, III, IV, in *Annalen der Physik* **79** (1926) pp. 361-376, **79** (1926) pp. 489-527, **80** (1926) pp. 437-490, **81** (1926) pp. 109-139.
- E. Schrödinger, *Der stetige Übergang von der Micro- zur Macromechanik*, in *Naturwissenschaften* **14** (1926) pp. 664-666.
- E. Schrödinger, *Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinen*, in *Annalen der Physik* **79** (1926), pp. 734-756.
- E. Schrödinger, *Collected Papers on Wave Mechanics*, Blackie & Sons, London 1927.
- A. Schweitzer (1901), *Das Abendmahlsproblem auf Grund der wissenschaftlichen Forschung des 19. Jahrhunderts und der historischen Berichte. Heft I: Das Abendmahl im Zusammenhang mit dem Leben Jesu und der Geschichte des Urchristentums ; Heft II: Das Messianitäts -und Leidengeheimnis: Eine Skizze des Lebens Jesu*, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen.
- A. Schweitzer (1906), *Von Reimarus zu Wrede: Eine Geschichte der Leben-Jesu-Forschung*, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 1913², 1950⁶, tr. it. a cura di F. Coppellotti, *Storia della ricerca sulla vita di Gesù*, Paideia, Brescia 1986.
- A. Schweitzer (1911), *Geschichte der paulinischen Forschung von der Reformation bis auf die Gegenwart*, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen.
- A. Schweitzer (1930), *Die Mystik des Apostels Paulus*, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen.
- A. Schweitzer (1931), *Aus meinem Leben und Denken*, F. Meiner, Leipzig, tr. it. di A. Guadagnin, *La mia vita e il mio pensiero*, Comunità, Milano 1965.
- A. Schweitzer (1967), *Reich Gottes und Christentum* (a cura di U. Neuenschwander), J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen.
- M. F. Sciacca (1949), *S. Agostino: la vita e l'opera. Itinerario della mente*, Marzorati, Brescia.
- M. Serres, *La naissance de la physique dans le texte de Lucrèce. Fleuves et turbulences*, Minuit, Paris 1977, tr. it. di P. Cruciani & A. Jeronimidis, *Lucrezio e l'origine della fisica*, Sellerio, Palermo 1980.
- M. Serres, *Hermes I-V*, Minuit, Paris 1969-1980, tr. it. del vol. V di E. Pasini & M. Porro, *Passaggio a Nord-Ovest*, Pratiche, Parma 1984.
- C. Sini, *I segni dell'anima*, Laterza, Roma-Bari 1989.
- Th. Stcherbatsky (1930), *Buddhist Logic*, voll. I & II, Dover, New York 1962, vol. I 79-118.
- A. Sohn-Rethel, *Das Geld, die bare Münze des Apriori*, Wagenbach, Berlin 1990, a cura di F. Coppellotti, *Il denaro. L'apriori in contanti*, Editori Riuniti, Roma 1991.

- L. Spitzer (1963), *Classical and Christian Idea of World Armony*, ed. by A. Granville Hatcher, Johns Hopkins Press, Baltimore, tr. it. di V. Poggi, *L'armonia del mondo. Storia semantica di un'idea*, il Mulino, Bologna 1967.
- G. Tagliaferri, *Storia della fisica quantistica - Dalle origini alla meccanica ondulatoria*, F. Angeli, Milano 1985, pp. 423-438.
- R. Thom, *Esquisse d'une sémiophysique*, InterEditions, Paris 1988.
- G. Toraldo di Francia, *Tempo, cambiamento, invarianza*, Einaudi, Torino 1994.
- G. Tucci, *Storia della filosofia indiana*, voll. I & II, Laterza, Roma-Bari 1957, (soprattutto vol. II pp. 471-488).
- B. L. van der Waerden (ed.), *Sources of Quantum Mechanics*, North-Holland, Amsterdam 1967, pp. 261-276, 277-306, 307-385.
- B. L. van der Waerden, *From Matrix Mechanics and Wave Mechanics to Unified Quantum Mechanics*, in *The Physicist's Conception of Nature*, op. cit., pp. 276-293.
- J.-P. Vernant, *Mythe et pensée chez le Grecs. Etudes de psychologie historique*, Maspero, Paris 1965, 1971, tr. it. di M. Romano e B. Bravo, *Mito e pensiero presso i Greci*, Einaudi, Torino 1978.
- V. Volterra (1912), *L'applicazione del calcolo ai fenomeni d'ereditarietà*, in *Saggi Scientifici*, Zanichelli, Bologna 1920, pp. 189-218.
- M. L. von Franz, *Psyche und Materie*, Daimon Verlag, Einsiedeln, Schwyz 1988, tr. it. di A. Vitolo, *Psiche e Materia*, Bollati Boringhieri, Torino 1992, (soprattutto pp. 51-112).
- K. von Fritz, *Der Ursprung der Wissenschaft bei den Griechen*, in *Grundprobleme der Geschichte der antiken Wissenschaft*, W. de Gruytmr, Berlin-New York 1971, pp. 1-326, tr. it. di M. Guani, *Le origini della scienza in Grecia*, il Mulino, Bologna 1988.
- C. F. von Weiszäcker, *Der Mensch in seiner Geschichte*, C. Hanser Verlag, München 1991, tr. it. di B. Gonella & G. Levorato, *L'uomo nella sua storia*, San Paolo, Cinisello Balsamo (Mi) 1994, pp. 78-100 & 161-179.
- C. F. von Weiszäcker, *Zeit und Wissen*, C. Hanser Verlag, München 1992.
- J. Weiss (1892), *Die Predigt Jesu vom Reiche Gottes*, Göttingen 1900², tr. it. di F. Coppellotti e P. Sabia, *La predicazione di Gesù sul Regno di Dio*, D'Auria, Napoli 1993.
- M. Werner (1941), *Die Entstehung des christlichen Dogmas - Problemgeschichtlich Dargestellt*, Paul Haupt, Bern 1954².
- M. L. West, *Early Greek Philosophy and the Orient*, Oxford University Press, Oxford 1971, tr. it. di G. Giorgini, *La filosofia greca arcaica e l'Oriente*, il Mulino, Bologna 1993, soprattutto pp. 29-156.
- J. A. Wheeler, *From relativity to mutability*, in *The Physicist's Conception of Nature*, ed. by J. Mehra, Reidel, Dordrecht 1973, pp. 202-247.
- J. A. Wheeler, *Frontiers of Time*, in G. Toraldo di Francia & B. van Fraassen (a cura di), *Problems in the Foundations of Physics*, North-Holland, Amsterdam 1979, pp. 395-497.

A. N. Whitehead, *An Enquiry on the Principles of Natural Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge 1919, 1925, tr. it. di G. Bignami, *Ricerca sui principi della conoscenza naturale*, Lampugnani Nigri, Milano 1972.

A. N. Whitehead, *The Concept of Nature*, Cambridge University Press, Cambridge 1920, tr. it. di M. Meyer, *Il concetto di natura*, Einaudi, Torino 1948.

A. N. Whitehead, *The Principle of Relativity with applications to Physical Science*, Cambridge University Press, Cambridge 1922.

G. J. Whitrow, *The Natural Philosophy of Time*, Oxford University Press, Oxford 1980.

R. Wilhelm (a cura di), *I Ging. Das Buch der Wandlungen*, 1924, con prefazione di C. G. Jung, tr. it. di B. Veneziani & A. G. Ferrara, *I Ching. Il libro dei mutamenti*, Adelphi, Milano 1991.