

2005 Istituto di Filosofia Arturo Massolo

Università di Urbino

Isonomia



Dalla metafisica alla fisica: la relatività di Whitehead

Ph.D. Mario Valentino Bramè
Università degli Studi di Genova
bramario@libero.it

Abstract

The Relativity Theory by Alfred North Whitehead has been formulated in 1922. It is an alternative to the Theory of General Relativity by A. Einstein, for it accepts the results of Special Theory of Relativity but denies the possibility to deal with a variable curvature of the space-time. The great appeal of that theory is due to its metaphysical origin, for it directly comes out from Whitehead's *process metaphysics*. From an experimental point of view, it is worth saying that the Relativity Theory by A. Whitehead hasn't been definitely disconfirmed yet. In this paper we analyse the conceptual aspects of that theory and how the metaphysical thought of A.N. Whitehead comes to produce it.

1. Introduzione

La Relatività di Whitehead, formulata nel 1922, offre una teoria gravitazionale alternativa alla Relatività Generale di Einstein. Accetta i risultati e gli scenari della Relatività Ristretta ma rifiuta l'idea di una curvatura variabile dello spaziotempo, introdotta successivamente con la Relatività Generale. Nella teoria di Whitehead viene riformulata l'idea della gravità come forza basata sull'azione a distanza e non come effetto della curvatura dello spaziotempo dovuta alla presenza di una massa.

Nonostante costituisca, da questo punto di vista, un passo indietro rispetto alla rivoluzione concettuale einsteiniana, la teoria di Whitehead possiede uno straordinario fascino intellettuale, dal momento che essa è *diretta* emanazione di considerazioni puramente metafisiche. Essa, infatti, è costruita su quel concetto di *preensione* che costituisce il fulcro della metafisica whiteheadiana. Osservando la teoria di Whitehead ci si rende conto di quanta coerenza ed eleganza il pensiero metafisico (inteso come filosofia della natura) possa disporre nell'intervenire sulla fisica non solo per commentarla – come spesso è avvenuto – ma, addirittura, per modificarla.

In questo lavoro si vuole fornire una breve illustrazione di tale teoria, ponendo l'accento sul concetto di causalità meccanica e sulla natura stessa dell'attrazione gravitazionale derivanti dalla formulazione di Whitehead, integrando, chiarendo e talvolta tentando di correggere alcune interpretazioni pregresse. Si vuole, in questo modo, mostrare come la Teoria della Relatività di Whitehead venga letteralmente generata dalla metafisica e a essa faccia ritorno, poiché se è vero che nella *preensione* è

scritta la visione del mondo dalla quale derivano le formule, è altrettanto vero che nelle formule ritroviamo, alla fine, quegli stessi concetti metafisici dai quali si era partiti.

Vale la pena sottolineare preliminarmente che la Teoria della Relatività di Whitehead, nel corso degli anni, superò con ottimi risultati tutti quegli stessi controlli sperimentali cui venne sottoposta la Relatività Generale di Einstein (curvatura dei raggi luminosi in prossimità di un campo gravitazionale, perielio anomalo di Mercurio, *red shift*). Nel 1971 venne confutata quando si giunse alla conclusione che essa genererebbe un'anisotropia nella costante gravitazionale G in disaccordo con alcune osservazioni sperimentali¹. Tuttavia, nel 1974, fu formulata una vera e propria "confutazione della confutazione"².

A tutt'oggi, dunque, la Teoria della Relatività di Whitehead rimane, per lo meno da un punto di vista concettuale, ciò che il Premio Nobel C.M. Will volle identificare come una «autentica spina nel fianco di Einstein».

2. Un'esigenza di uniformità spaziotemporale

Pur tralasciando un'introduzione dello scenario metafisico whiteheadiano³, che trova la sua completa formulazione ne *Il processo e la realtà*, vale la pena concentrarci preliminarmente sul tentativo di Whitehead di ridurre la fisica a rigorosa astrazione operata sui fenomeni. Già in *On Mathematical Concepts of the Material World* Whitehead avvia un'indagine sui modi in cui l'uomo descrive "matematicamente" il mondo materiale; nel 1919 (*I principi della conoscenza naturale*) egli cerca di costruire una completa e complessa formalizzazione di come l'uomo astrae i concetti scientifici dai fenomeni. Tuttavia la sua proposta non è riducibile alla semplice descrizione di una procedura adottata nell'ambito scientifico: è molto di più. È il tentativo di ridurre completamente la scienza a una sfera fenomenologica, di colmare il divario tra il soggetto conoscente e l'oggetto scientifico conosciuto, portando tale oggetto nella pura sfera fenomenica. Spingendoci più in là, con una buona dose di spregiudicatezza, potremmo dire che Whitehead cerca di elaborare una sorta di schematismo trascendentale kantiano – ovvero l'applicazione della forma al dato d'esperienza, dove al posto delle categorie troviamo un metodo: *il metodo dell'astrazione estensiva*. Il tutto, com'è ovvio, senza dimenticare le grandi differenze gnoseologiche tra i due sistemi filosofici.

Con questo metodo Whitehead si propone di partire dall'analisi fenomenica pre-categoriale e indagare in che modo l'uomo riesce a operare la prima quantificazione, a isolare dal flusso fenomenico l'unità minima dalla quale poi iniziare a costruire tutta l'impalcatura teorica delle scienze, dalla geometria, alla matematica, alla fisica. Il tutto deve essere codificato in maniera rigorosa e oggettiva⁴, per poter fornire alla scienza delle basi solide e per poterla ricondurre completamente alla sfera fenomenica – la quale è certa, immediata – e, in questo modo, evitare il profondo divario (ontologico ed epistemico) che esiste tra il concetto scientifico e il suo corrispettivo empirico⁵.

Whitehead prende le mosse dall'assunto secondo il quale l'esperienza dell'essere umano è, innanzitutto, riconducibile a *durate*. Indubbiamente si tratta di un termine fuorviante, dal momento che solitamente lo si associa quasi esclusivamente alla sfera temporale. Nell'analisi whiteheadiana, invece, la durata ha una valenza ambigua, prevalentemente temporale – certamente – ma non solo. Le durate sono fette (*slab*) di esperienza, che si distinguono dalle altre per la lunghezza. Il loro *criterium*

individuationis è sicuramente il tempo, ma non si deve pensare a esse come a delle semplici durate temporali, astratte da tutto il resto dell'esperienza. Essendo fette di esperienza, esse contengono, per usare la terminologia di Whitehead, tutta la natura per tutta quella durata.

L'obiettivo di Whitehead è cercare di giustificare, alla luce della realtà dell'esperienza e dei fenomeni, quell'astrazione estrema e iniziale che la fisica classica ha sempre dato per scontata, ovvero la riduzione della natura a un insieme di punti a-dimensionali posizionati in istanti temporali privi di durata. Ma questi punti a-dimensionali non esistono nell'esperienza, e anche le durate, del resto, sono sempre durate diverse da zero. Così, se io analizzo il mio flusso esperienziale, posso trovare in esso la mia stanza, per un certo periodo temporale. Ma all'interno dell'evento-stanza per un dato periodo ho l'evento-stanza per un periodo inferiore, ho anche l'evento-tavolo per lo stesso periodo, che è, quindi, contenuto dal punto di vista spaziale nell'evento-stanza. E la possibilità di individuare criteri di individuazione degli eventi è pressoché illimitata.

Tra i criteri di individuazione ci sono certamente il tempo e lo spazio. È da qui che Whitehead vuole partire per arrivare a definire in che cosa consistono, sotto questo punto di vista, i punti a-dimensionali dello spazio e gli istanti senza durata del tempo. Se prendiamo, per esempio, il tempo, ci rendiamo conto di come il concetto di *istante* sia un concetto-limite generato dalla capacità umana di astrarre dall'esperienza. Questa capacità umana, questo procedimento, viene formalizzato da Whitehead e nominato *astrazione estensiva*.

Grazie al metodo dell'astrazione estensiva, Whitehead riesce a derivare dall'esperienza innanzitutto il concetto di evento istantaneo e di *momento* ovvero «un estratto [*abstract*] di tutta la natura a un istante»⁶. È qui che nasce l'unità metafisica fondamentale della “cosmologia” whiteheadiana; l'evento, infatti, inizia a caratterizzarsi come una *monade leibniziana*, come un'unità metafisica in cui tutto l'essere si manifesta attraverso un singolo evento che contiene, ed è frutto, di tutte le relazioni che lo hanno preceduto. Ma nell'evento noi possiamo individuare differenti componenti, a seconda della condizione formativa che utilizziamo per comporre le nuove classi di astrazione. Se utilizziamo, per esempio, come condizione, l'individuazione di una figura geometrica come un quadrato, e degli infinitesimi quadrati in esso contenuti e “concentrici”, possiamo vedere come la classe astrattiva composta da questi quadrati degeneri in un punto, così come quella composta da rettangoli di base uguale ma di altezza decrescente degenera in una linea. In questo senso (ovviamente l'analisi di Whitehead impiega un formalismo completo ed esauriente) possiamo vedere come sia possibile derivare dall'esperienza i concetti primi della geometria. Il punto, per esempio, in quanto classe astrattiva, è “contenuto” nella classe astrattiva della retta⁷. In seguito, in base al concetto di *sistema temporale*⁸, viene definito il criterio di parallelismo e, ancora oltre, quello di normalità. Insomma, si tratta di identificare tramite il metodo dell'astrazione estensiva gli elementi base della geometria e, in un certo senso, ridurre alcune componenti qualitative della percezione a elementi quantitativi misurabili.

Whitehead introduce da subito l'idea di sistema temporale, che ricorda da vicino il concetto di sistema di riferimento della fisica relativistica (ovvero il cui tempo è diverso rispetto a quello degli altri sistemi di riferimento in moto relativamente a esso). Da questi punti di partenza, Whitehead procede a una specie di “riallineamento” della sua geometria alle leggi fisiche e matematiche. Ciò che sembra voler dimostrare è che anche definendo gli elementi ultimi della geometria come risultato del convergere di una serie

impostata esclusivamente sul concetto di evento percettivo, si possono raggiungere tutti quei risultati che costituiscono la scienza moderna. Che cosa si guadagnerebbe in questo modo? Che la scienza è astrazione dai fenomeni, che, per esempio, non c'è soluzione di continuità tra la *percezione* dello spazio e il *concetto* di spazio così com'è formalizzato nella relatività di Einstein. In breve, Whitehead vuole in questo modo eliminare la dicotomia *mondo dell'esperienza/mondo della scienza* e, pertanto, porre fine alla cosiddetta "biforcazione della natura" e, di conseguenza, anche alla cosiddetta "concretezza mal posta", dal momento che, per esempio, il punto adimensionale che è oggetto dell'indagine scientifica è anche, in un certo senso, un dato dell'esperienza in quanto limite verso cui tende il processo di astrazione estensiva secondo uno dei criteri di astrazione (o *condizione formativa*). Come logica conseguenza del metodo dell'astrazione estensiva (ma anche di tutta la metafisica whiteheadiana che nei testi successivi a *I principi della conoscenza naturale* troverà una sistematizzazione complessa e ampia), i punti delle rappresentazioni fisico-matematiche saranno così punti-evento, e le particelle saranno particelle-evento. Per questo motivo, i corpi presenti nelle abituali rappresentazioni dello spaziotempo minkowskiano, per esempio, non devono essere visti, a detta di Whitehead, come particelle, masse inserite in una rete spaziotemporale; bensì devono essere intesi come *eventi*, la cui componente materiale, la massa, l'essere "particella", è solo una delle caratteristiche possibili.

Infatti, una delle critiche più decise che Whitehead rivolse a Einstein fu l'osservazione secondo la quale, nella sua teoria, la massa gode ancora di un privilegio ingiustificato. Whitehead, cioè, sostiene che l'opera di Einstein fu geniale nel riuscire a formalizzare la relatività dello spazio e del tempo in funzione della velocità con la quale si muove il sistema di riferimento dal quale vengono effettuate le osservazioni; in questo modo si poteva notare come un'assurdità come lo spazio e il tempo assoluti venissero cacciati dal mondo della fisica e come, in realtà, fossero da intendere come qualità, aspetti, aggettivi di un evento, *non* come strutture precostituite all'interno delle quali *posizionare* l'evento in esame. Tuttavia, secondo Whitehead, l'opera non è completa: la massa continua a godere, nella teoria di Einstein, di un privilegio ingiustificato, mentre anch'essa dovrebbe essere intesa come un aggettivo della vera unità reale e propriamente esistente: l'evento.

Le relazioni nella fisica whiteheadiana, invece, saranno relazioni tra eventi e non tra oggetti, il che significa, tra le altre cose, che l'oggetto dell'osservazione, per essere evento, dovrà contenere in sé il suo essere parte di un processo, il suo divenire soggetto e, in seguito, oggetto secondo la struttura della prensione. Come vedremo, ciò si ottiene rendendo esplicita l'implicazione del passato nel futuro, anche all'interno dello stesso formalismo matematico della teoria fisica di Whitehead.

Certamente il metodo dell'astrazione estensiva non è scevro da obiezioni (da dove "saltano fuori" le condizioni formative? Quale la loro genesi?), tuttavia si tratta indubbiamente di un tentativo sistematico completo e ambizioso. Tramite l'astrazione estensiva Whitehead riesce a derivare i concetti e le formule della fisica moderna, secondo un lungo percorso che va dalla percezione pre-concettuale alle trasformazioni di Lorentz. Si tratta di un risultato notevole che, tuttavia, è basato su un postulato: l'uniformità dello spaziotempo.

Si tratta infatti di un vero postulato sul quale, a sua volta, si basa quel criterio di congruenza che, essendo la geometria prodotta dall'astrazione estensiva una geometria non metrica, risulta necessario all'applicazione delle teorie della fisica sui fenomeni. Tralasciando l'esposizione del criterio di congruenza, possiamo ora concentrarci sulle

caratteristiche dello spazio e del tempo nello scenario generato dalla teoria della astrazione estensiva.

Si è accennato brevemente ai criteri in base ai quali il soggetto opera sulla fetta di esperienza inizialmente individuata. Tali criteri (le condizioni formative), possono, per esempio, essere la spazialità e la temporalità. Nel caso del tempo, per esempio, ci si potrebbe trovare di fronte alla situazione in cui l'evento-stanza, in questo momento, venisse considerato come evento-contenitore di altri eventi dalla durata inferiore che vanno a comporlo. Operando questa individuazione di eventi (la gatta che mi passa di fronte per un tempo della durata T_1 è un evento contenuto nell'evento-stanza T_0 ; la gatta che starnutisce mentre cammina è un evento della durata T_2 inferiore per durata all'evento T_1 ed è in esso contenuto, e così via, fino all'evento limite della durata di un istante), si utilizza il tempo (o lo spazio, a seconda) come criterio di misurazione; ora, che senso avrebbe selezionare, ordinare, portare al loro limite gli eventi in base alla loro durata se il tempo fosse variabile?

La relatività ristretta, in questo caso, non crea problemi: la metafisica whiteheadiana, infatti, può benissimo accogliere l'idea di un tempo non assoluto e di uno spazio soggetto alle contrazioni lorentziane, poiché anche in questo caso rimarrebbe uno sfondo, un riferimento uniforme, sulla base del quale il soggetto può operare le proprie astrazioni sui fenomeni: *lo spaziotempo*. Il metodo dell'astrazione estensiva, cioè, rimane salvo solo se esiste una struttura che faccia da sfondo permanente alle astrazioni e ne permetta il confronto, dal momento che questa struttura dovrebbe fornire l'“unità di misura” stessa per il confronto.

Lo spazio e il tempo, dunque, nella loro unità nello spaziotempo, si danno come aggettivi degli eventi in una modalità relazionale reciproca che rimane, in ogni caso, uniforme. Essi sono certamente “solo” aggettivi degli eventi, così come lo è la materia. Tuttavia questi “aggettivi”, data la loro uniformità nel loro insieme (lo spaziotempo), costituiscono un'importantissima struttura – verrebbe da dire *a priori* – dell'esperienza.

Le cose cambiano radicalmente con l'avvento della teoria della relatività generale. Com'è ben noto, questa teoria prevede la curvatura *variabile* dello spaziotempo il che sta a significare, per la visione filosofica di Whitehead, il venir meno della rispondenza della fisica con quell'*uniformità di struttura dell'esperienza*⁹ che è verità fenomenica e insieme fondamento del metodo dell'astrazione estensiva.

Quello appena esposto non è l'unico motivo “filosofico” che spinge Whitehead a rifiutare la teoria einsteiniana del 1916; esiste anche una motivazione che chiama in causa più da vicino il concetto stesso di evento che, se nell'esposizione del metodo dell'astrazione estensiva ha solo un ruolo, per così dire, strumentale, in seguito diverrà, attraverso l'elaborazione del concetto di *prensione*, l'oggetto metafisico centrale della riflessione whiteheadiana.

Come si è visto poco sopra, infatti, uno degli obbiettivi di Whitehead è quello di evitare l'idea, così diffusa nella fisica classica, di *simple location*, ovvero l'idea secondo la quale la natura è costituita, in ultima analisi, da sostanze posizionate in un punto preciso dello spazio e in un istante di tempo. Il concetto di evento nasce proprio dall'opposizione a questa idea, e coincide col tentativo di proporre un'unità fenomenica (e, in seguito, metafisica) che risponda in maniera più appropriata alle reali caratteristiche dell'esperienza. Infatti, così come non esiste, nella sfera fenomenica, alcun istante privo di durata, né alcun punto adimensionale, allo stesso modo non esiste la possibilità di isolare un evento istantaneo (come l'esistenza statica di un “oggetto” in un punto adimensionale dello spazio e del tempo). Anche l'esistenza di un masso

immobile è un evento, dotato di una sua dinamicità in quanto concrecenza o prensione che sorge dal processo sottostante; questo se vogliamo usare i termini del Whitehead più maturo. La fisica classica (e il senso comune) invece, vede la natura come popolata da “oggetti” il cui *status* ontologico è profondamente incerto. Questa impronta fortemente aristotelica, basata sul concetto di sostanza, ha per millenni guidato le indagini sulla natura da parte dell'uomo e ha finito, certamente per comodità di indagine e di esposizione, per generare un'immagine razionalmente carente della natura con la quale abbiamo a che fare.

Il “risveglio dal sonno dogmatico” di Whitehead è certamente dovuto a Minkowski, nella cui sistemazione teorica della relatività ristretta, per la prima volta, appare il concetto di “evento” come oggetto centrale dell'indagine scientifica. Ciononostante, l'opera di Minkowski sembra, agli occhi di Whitehead, fermarsi a un passo dal traguardo. In essa l'evento non è ancora quell'oggetto estremamente duttile che rimane, per quanto possibile, estraneo all'idea di sostanza; ancora permane l'idea, per quanto lo spazio e il tempo appaiano come caratteristiche dell'evento e non strutture assolute “esterne”, di un oggetto, di una sostanza materiale posizionata in una struttura preesistente: lo spaziotempo. Identificando il punto-evento come risultato-limite di un procedimento dinamico di astrazione, Whitehead compie il passo decisivo, trasformando definitivamente l'evento in una semplice unità identificabile tramite le sue qualità: spazio, tempo, massa ecc. La materia, l'essere “particella” dell'evento, perde così ogni primato rispetto alle altre caratteristiche.

Con l'avvento della relatività generale, invece, la supremazia della materia rispetto a spazio e tempo sembra riproporsi in maniera prepotente. È la materia che “curva” lo spaziotempo, che caratterizza la metrica, la geometria, il comportamento dei corpi nelle vicinanze. È pur vero che lo spaziotempo dice alla materia “come muoversi”, ma, agli occhi di Whitehead, il rapporto non sembra perfettamente simmetrico. La massa-energia è protagonista nella relatività generale, sebbene non si possa parlare di *simple location*, dal momento che lo spazio nella quale viene “immersa” è ben lungi dall'essere una struttura predefinita e omogenea.

Questa osservazione, oltre a fornire un'altra motivazione filosofica del rifiuto di Whitehead della relatività generale introduce il problema della misurazione, che costituisce, se non altro da un punto di vista metodologico, il motivo principale di tale rifiuto.

Basta leggere i passi di *Il concetto della natura* in cui Whitehead prende posizione nell'ambito della diatriba tra le posizioni di Poincaré e quelle di Russell a proposito della convenzionalità o meno del criterio di congruenza, e ci si rende subito conto dei motivi per i quali la teoria della relatività generale costituisca un problema per la filosofia della scienza whiteheadiana:

la congruenza dipende dal moto, e da ciò si origina la connessione fra la congruenza spaziale e quella temporale. Il moto lungo una retta produce una simmetria attorno a quella retta; e questa simmetria è espressa dalle relazioni geometriche simmetriche della linea rispetto alla famiglia di piani normali a essa.¹⁰

Cosa succederebbe, viene da chiedersi, se la retta in questione fosse “curvata” dalla presenza di una massa? Come conservare quella simmetria che sta alla base della congruenza?

Il problema ha grande importanza. Proprio in *The Principle of Relativity*, Whitehead dedica al concetto di uguaglianza un'intera sezione. Dopo aver ribadito che i criteri di parallelismo e di normalità derivano dal moto reciproco dei diversi sistemi inerziali (o

sistemi temporali)¹¹ e dalle conseguenti intersezioni tra le linee di universo degli eventi-particella immobili nei relativi sistemi e le rette lungo le quali si spostano gli stessi sistemi, Whitehead lega a questi criteri anche il concetto di congruenza, utilizzando semplicemente le proprietà dei parallelogrammi. Anche la congruenza temporale viene esposta rifacendosi ai rapporti tra i differenti *sistemi temporali*. Ma ciò che è più importante è notare come il tutto si regga sul fatto che nulla possa influire sulla definizione dei criteri di parallelismo, tanto meno la presenza di una massa. Se infatti tali criteri sono definiti in relazione al moto reciproco dei differenti sistemi di riferimento e, soprattutto, in relazione alla costanza, per così dire, delle assi cartesiane in base alle quali viene definita la linea di universo (retta) degli eventi-particelle immobili in un dato sistema di riferimento, allora non c'è davvero spazio per la curvatura variabile dello spazio, dal momento che, in questo caso, verrebbe a cadere il meccanismo del criterio di parallelismo sul quale è basato quello di congruenza.

Come illustra felicemente Whitehead, qui si vengono a scontrare due modi differenti di intendere la natura, due scenari *metafisici* diversi. Se intendiamo la natura come insieme di oggetti materiali e, quindi, lo spazio e il tempo come tipi di relazioni tra questi "oggetti", allora vuol dire che la materia e la corpuscolarità dell'oggetto sono in una posizione privilegiata, vuol dire che l'indagine sulla natura prende le mosse dalla materia, la quale, essendo punto di partenza a-critico, assume la vera e propria caratteristica di *assioma*. Se lo spaziotempo deve essere una caratteristica degli oggetti, cioè, esso condividerà con gli oggetti la loro stessa contingenza e, di conseguenza, risulterà impossibile definire un criterio di congruenza, una teoria della misurazione, una razionalità fondante dell'esperimento. Ciò è sintetizzato dallo stesso Whitehead (in uno dei rarissimi esempi concreti di tutta la sua opera):

Io non riesco a capire che significato può essere attribuito alla distanza tra il sole e Sirio se la natura intima dello spazio dipende dall'intervento casuale di oggetti dei quali non sappiamo nulla.¹²

Non si tratta solamente del timore che eventuali oggetti non considerati entrino a perturbare l'osservazione e a cambiare la distanza tra il sole e Sirio (cioè cambiarne una delle modalità di relazione). Il problema è ancora più radicale: se si intendono lo spazio e il tempo come connessioni tra oggetti, risulta inconcepibile il concetto stesso di misurazione; scrive Bonfantini riportando l'analisi di Lewis: «in sostanza la concezione e definizione delle misure che Einstein assume poggerebbe su una insostenibile circolarità – in quanto le misure sono intese dipendere da quegli stessi oggetti fisici 'contingenti' le cui qualità (per esempio la lunghezza, ndr) esse dovrebbero determinare, e che prima dell'operazione di misura sono ovviamente inconoscibili»¹³.

Ulteriormente illuminante, a tal proposito, è l'esemplificazione portata da Tanaka:

Se abbiamo intenzione di posizionare un corpo materiale e la sua immagine nello stesso spazio è necessario che lo spazio abbia una struttura uniforme indipendente dalla materia. Per esempio, possiamo interpretare il risultato dell'esperimento di Eddington in un modo che non ci costringa a dire "lo spazio è curvato". L'evidenza sperimentale per l'idea che i raggi di luce vengano curvati nelle vicinanze del sole è che l'immagine visiva di una stella distante è spostata a causa dell'intervento del sole. Ma come possiamo parlare di spostamento se non poniamo due immagini visive nello stesso spazio? Dal momento che una viene osservata in presenza dell'intervento del sole e l'altra durante la sua assenza, si richiede che lo stesso spazio abbia un carattere uniforme indipendente dalla materia.¹⁴

Se, invece, intendiamo la natura come costituita da eventi (in un senso più radicale degli “eventi” dello spaziotempo minkowskiano), allora dobbiamo ripudiare Einstein e la sua teoria, poiché lo spaziotempo sarà quella struttura uniforme (poiché a *curvatura* costante) che fa da sfondo all’esperienza e ai criteri di parallelismo e congruenza, e che non partecipa della contingenza degli eventi. Lo spazio e il tempo, separatamente, rimarranno certamente degli “aggettivi” dell’evento (insieme alla materia), in quanto saranno comunque lungi dall’essere delle strutture assolute, dal momento che continueranno a sussistere, per esempio, le contrazioni e le dilatazioni lorentziane che sono proprie della relatività ristretta¹⁵.

Sono queste, dunque, le motivazioni che spingono Whitehead a cercare di elaborare una teoria gravitazionale che non preveda uno spaziotempo a curvatura variabile, ma, allo stesso tempo, che si integri perfettamente con la teoria della relatività ristretta. Certamente si tratta di motivazioni filosofiche, quasi completamente metafisiche (sebbene Whitehead stesso rifiutasse, almeno a livello di proposito, il ricorso alla metafisica) e metodologiche.

Di certo c’è che Whitehead “prepara la propria critica alla relatività generale di Einstein nel corso degli anni attraverso alcune pubblicazioni che fungono, in un certo senso, da ricerca preliminare ai *1920 books* (*I principi della conoscenza naturale*, *Il concetto della natura* e *The Principle of Relativity*): dalla rivisitazione del concetto di spazio e di tempo, allo *choc* derivato dalla pubblicazione e divulgazione della teoria della relatività ristretta, alla ricerca degli elementi ultimi della realtà, alla vera e propria rielaborazione critica della teoria di Einstein¹⁶.

È, quindi, indubbio che l’*input* decisivo alla filosofia della scienza whiteheadiana viene dato proprio dalla rivoluzionaria teoria di Einstein. Lo stesso concetto di evento, che nei testi successivi ricoprirà un ruolo fondamentale, prende certamente ispirazione dalla terminologia minkowskiana, per la quale lo spaziotempo è popolato, appunto, da eventi. Come abbiamo potuto vedere, tuttavia, l’evento della metafisica di Whitehead è differente da quello della fisica relativistica. Quest’ultima, infatti, sembra ancora attribuire troppa importanza alla *componente materiale* dell’evento. Lo spazio e il tempo, certamente, non sono più strutture indipendenti le cui caratteristiche sono *a priori* rispetto all’accadere degli eventi; essi dipendono dal tipo di evento (dalla velocità del sistema di riferimento) al punto che possono essere considerati degli aggettivi dell’evento stesso – fin qui abbiamo una perfetta coincidenza con l’evento whiteheadiano. Tuttavia la materia, la particella oggetto dell’osservazione sembra mantenere uno *status* privilegiato dal momento che è essa, nella relatività generale, a “comandare” in un certo senso le caratteristiche dello spazio e del tempo. In questo modo spazio e tempo (o, meglio, lo spaziotempo) sembrano essere caratteristiche della materia, la quale assurge al ruolo di punto di partenza dell’indagine fisica. L’evento whiteheadiano, invece, anche per sopperire al decisivo problema della misurazione, non ha un punto di partenza assiomatico che implichi uno *status* privilegiato della materia. Certamente, anche in questo caso si ha bisogno di un punto di partenza sostanziale del quale le manifestazioni fisiche basilari (spazio, tempo e materia)¹⁷ siano gli aggettivi, caratteristiche di uguale dignità e importanza. Ebbene, il punto di partenza è l’*evento* in quanto entità metafisica.

L’evento di Whitehead deve contenere caratterizzazioni temporali, spaziali e materiali; ma deve anche possedere una caratteristica ulteriore: deve contenere il proprio passato. Ma in che senso? Ebbene, l’evento, che diventerà così importante per la

metafisica di Whitehead, deve evitare, innanzitutto, il ridursi a *sostanza*, mantenendo, invece, la caratteristica di punto di incontro di relazioni. Proprio perché Whitehead non accetta l'idea della *simple location*, ovvero il fatto che il mondo sia costituito da oggetti sostanziali posizionati in un dato punto dello spazio e del tempo, egli elabora l'idea di un evento che sia concrescenza, risultato (temporaneo) di una rete infinita di relazioni che lo hanno determinato. Questa rete infinita di relazioni è il *processo*, è la totalità degli accadimenti dell'universo dalla sua esistenza fino al momento della concrescenza stessa; e il singolo evento è il concretizzarsi di tale rete di relazioni, ovvero il suo divenire *soggetto*, punto di incontro delle relazioni. In questo modo qualsiasi evento (anche quelli statici, come il perdurare in una posizione da parte di una roccia) contiene anche il proprio passato in quanto rete di relazioni sottostanti che ne hanno determinato l'accadere. A sua volta, l'evento stesso diverrà *oggetto* di relazione per altre concrescenze – e questo in un processo infinito. Le concrescenze continue del processo verranno dette *prensioni* e la loro caratteristica sarà quella di costituire, per molti versi, un continuo passaggio dalle componenti oggettive a quelle soggettive. La teoria fisica che dovesse rispecchiare un tale scenario metafisico dovrebbe certamente tenere presente la struttura delle prensioni e questa loro caratteristica ontologica.

Ma, per iniziare, la sfida di Whitehead è la seguente: come rendere conto della gravitazione partendo dalla relatività ristretta ma senza ricorrere alla curvatura *variabile* dello spaziotempo? È da questo quesito che nasce, appunto, la Teoria della Relatività di Whitehead.

3. Esposizione concettuale

Il punto di partenza è costituito, dunque, dallo spaziotempo di Minkowski¹⁸. Si tratta, cioè, di operare all'interno di questa struttura a quattro dimensioni e costruire una teoria gravitazionale che non comporti una curvatura variabile dello stesso spaziotempo. Consideriamo, a tal proposito, due corpi che chiameremo M e m . M costituisce, nel nostro esempio, la sorgente del campo gravitazionale mentre m è il corpo che subisce l'effetto di tale campo. Immagineremo la descrizione di un urto dovuto alla precipitazione del corpo m sul corpo M a causa dell'attrazione gravitazionale da parte di quest'ultimo. Ebbene, ciò che dovremo fare sarà trovare una legge che illustri in che modo la "vita" spaziotemporale del corpo m , ossia la sua *linea di universo*, viene perturbata dalla presenza del corpo M , ossia dalla linea di universo di quest'ultimo fino a causarne la precipitazione. Si tratta, in breve, di riformulare la legge di gravitazione universale di Newton in modo che risulti coerentemente inserita nella teoria della relatività ristretta.

Come si è soliti fare in sede didattica, semplifichiamo lo spaziotempo con cui abbiamo a che fare e consideriamo il caso in cui esso sia costituito solamente da due dimensioni, una spaziale e l'altra temporale. Parallelamente all'ascissa del grafico, dunque, avremo i movimenti delle particelle lungo l'unica dimensione spaziale consentita; all'ordinata avremo i rispettivi movimenti nel tempo (come di consuetudine la dimensione ct viene assimilata, per comodità, alla dimensione temporale). Le linee con cui rappresentiamo questi movimenti sono dette *linee di universo*.

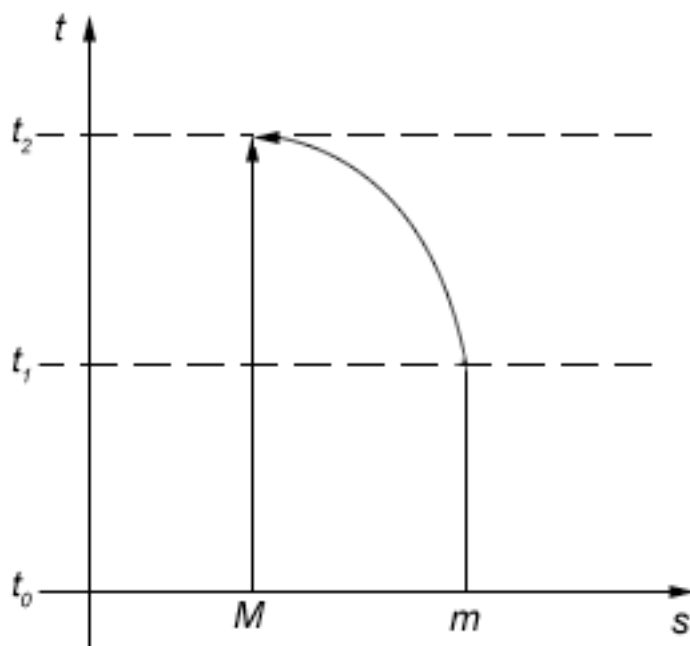


Figura 1

Nel caso rappresentato in Fig. 1 ci troviamo di fronte a questa situazione: il corpo M rimane fermo nello spazio mentre si muove nel tempo dall'istante t_0 all'istante t_2 . Anche il corpo m rimane fermo nello spazio per un certo intervallo di tempo (da t_0 a t_1) ma, all'istante t_1 , incomincia a muoversi anche nello spazio, si avvicina a M (lungo l'unica direzione consentita dal nostro grafico) e, infine, si scontra con esso. Siamo di fronte, cioè, a una possibile esemplificazione di un episodio di attrazione gravitazionale culminante con lo scontro tra i due corpi.

La prima domanda che dobbiamo affrontare è la seguente: perché il corpo m inizia a muoversi nello spazio solo dall'istante t_1 ? Anche negli istanti precedenti a t_1 M è presente, eppure m rimane in quiete. Perché? Il motivo dell'imbarazzo è dato dal fatto che la Fig. 1 è, per così dire, incompleta. Ciò che manca è la rappresentazione grafica del *cono di luce* che, di fatto, spiega molte cose. Poiché l'evento in considerazione (per esempio il corpo m all'istante t_1) sta esattamente al vertice del proprio cono di luce, e quindi tra ciò che viene chiamato "passato assoluto" e "futuro assoluto" dell'evento stesso, ci si trova di fronte a un'importantissima conseguenza concettuale introdotta dalla concettualizzazione di Minkowski: l'impossibilità dell'esistenza dell'universo in un istante. Dal "punto di vista" del sistema di riferimento dell'evento m , cioè, non è possibile mettere in relazione causale se stesso con un altro evento, diciamo M , che giace sulla stessa asse temporale (per esempio $y=t_1$) perché quell'evento, per m , non è correlabile fisicamente. Dobbiamo, per così dire, aspettare che la particella-evento M entri a far parte del cono di luce di m per poter parlare di una qualche interazione (se non altro "storica") tra le due particelle. Ecco perché m inizia a muoversi solo da un certo istante.

Si può scorgere in questa situazione la forte rivoluzione subita dal concetto di contemporaneità con l'avvento della relatività speciale. Infatti la stessa interazione causale subisce una radicale revisione dal punto di vista fisico. Nella fisica classica l'interazione causale meccanica deve presupporre che due eventi vengano a contatto a

un dato istante dell'asse del tempo (che ricordiamo essere assoluto). Per esempio, quando diciamo che la pallina A ha colpito la pallina B all'istante t_0 , intendiamo dire che all'istante t_0 dell'asse temporale dell'universo le palline A e B , necessariamente, si dovevano trovare nello stesso luogo. Altrimenti il contatto fisico, quindi l'urto, non avrebbe potuto accadere. Ora, nel contesto minkowskiano, non si tratta di negare che due palline, per urtarsi, debbano, in qualche modo, venire a contatto. Semplicemente dobbiamo ricordare che il concetto di simultaneità, per esempio, subisce, nello spaziotempo di Minkowski, una trasformazione radicale.

Ragioniamo, a tal proposito, immaginando una sorta di *moviola* dell'urto. Nell'istante dell'urto, m e M (immaginiamo che m “precipiti” su M) si trovano nello stesso punto dello spaziotempo. Ma se torniamo indietro di qualche fotogramma ci troviamo di fronte a due possibilità: fatto salvo che m deve far parte, come abbiamo visto, della parte superiore del cono di luce di M , vale a dire del suo futuro assoluto (infatti, “rimandando avanti il nastro”, ci accorgiamo del fatto che è nel futuro di M il fatto che verrà urtato da m), *esso farà parte del confine del cono di luce di M o dell'interno?* Questa è una domanda decisiva, dal momento che c'è una differenza capitale tra le due regioni del cono di luce. Il “confine” infatti è ciò che nello spaziotempo di Minkowski viene chiamato “intervallo di tipo luce”, il raggio di luce che collega due eventi. Si tratta di un intervallo spaziotemporale, si badi bene. Non di un intervallo spaziale o temporale. All'interno del cono avremo, invece, gli intervalli di tipo tempo ovvero segnali che connettono gli eventi tra loro, ma che viaggiano a velocità inferiori a quella della luce.

È proprio Whitehead, qui, a indicarci quale strada seguire. Egli, infatti, sostiene che *gli eventi m e M , per dirsi correlati causalmente, debbono essere sempre uniti da una retta inclinata di 45° rispetto all'asse delle ascisse* (tale retta, in Fig. 2, unisce i punti di tipo a ai punti di tipo b delle linee di universo dei due oggetti). Questa richiesta equivale a richiedere che la distanza spaziotemporale tra i due eventi sia sempre zero.

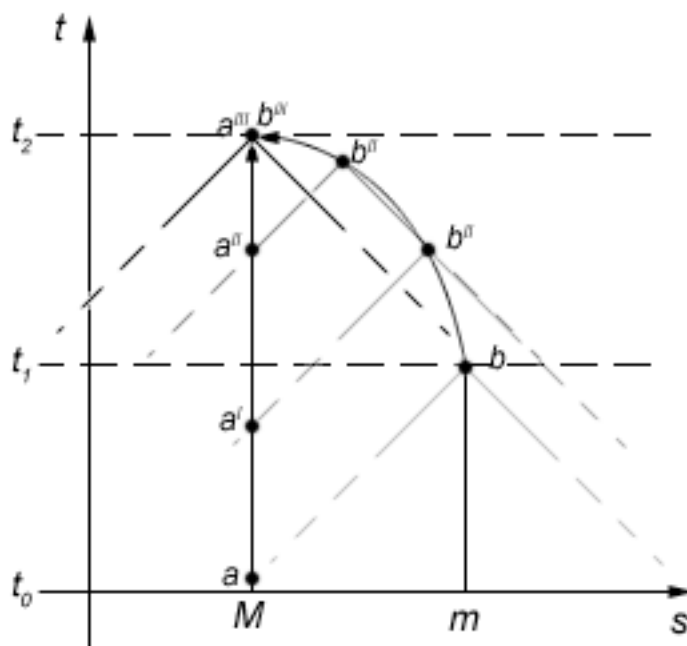


Figura 2

In Fig. 2, che completa Fig. 1 con la raffigurazione dei coni di luce dal vertice in giù (il *passato assoluto*), si ha l'illustrazione di ciò che stiamo dicendo.

Con l'avanzare della traslazione del cono di luce di m (e quindi con il precipitare di m su M), l'intervallo *temporale* tra i due eventi tende a diminuire, fino a raggiungere il valore zero all'evento della collisione. Lo stesso si può dire per l'intervallo *spaziale*. Questi costituiscono, ovviamente, due requisiti intuitivi affinché possa avvenire l'urto tra i due corpi dovuto all'attrazione gravitazionale. Inoltre, nel percorso di avvicinamento dell'evento m alla linea di universo dell'evento M , il requisito principale richiesto dalla formulazione di Whitehead, come abbiamo appena visto, è che la loro distanza spaziotemporale resti uguale a zero, per salvaguardare il fatto che i due eventi sono correlati casualmente, secondo la definizione di Whitehead. Ebbene, nel caso della gravitazione, tale correlazione causale è data ovviamente dalle onde gravitazionali che si propagano, appunto, a velocità c ¹⁹ e quindi lungo la retta inclinata di 45°. *Va da sé che la traiettoria che ne risulta è obbligata da questi tre requisiti*²⁰ ed è, inoltre, in funzione delle masse dei due corpi.

La meccanica gravitazionale appena descritta viene espressa da Whitehead nella formula fondamentale della sua teoria

$$dJ^2 = dG_m^2 - \frac{2}{c^2} \sum_M \Psi_M dG_M^2 \quad (2)$$

in cui il tensore dJ^2 (ciò che Whitehead chiama *potential mass impetus*) esprime la traiettoria spaziotemporale del corpo che subisce l'attrazione gravitazionale; dG_m^2 è l'incremento infinitesimo sulla sua linea di universo da parte del corpo di prova in assenza della sorgente del campo gravitazionale; il segno di sommatoria sta a indicare che la perturbazione del percorso spaziotemporale del corpo di prova m tiene conto di tutte le possibili sorgenti influenti. Ψ_M è, di fatto, la riduzione in forma invariante rispetto alle trasformazioni di Lorentz della legge di gravitazione universale di Newton; dG_M^2 è l'incremento infinitesimo sulla sua linea di universo da parte del corpo sorgente del campo gravitazionale.

Whitehead, dunque, considera causalmente correlati solo gli eventi uniti da un intervallo di tipo luce, mentre considera gli altri punti interni al cono di luce semplicemente come parte del percorso cinematico spaziotemporale dell'evento in questione²¹. Per quale motivo? Whitehead non è chiaro nell'esposizione, sembra assumere questo criterio a mo' di postulato. Certamente discutere di questo punto ha un'importanza fondamentale, dal momento che viene considerato il concetto stesso di causalità. Cerchiamo di ipotizzare ora il motivo per cui Whitehead decide di considerare correlati casualmente solo quegli eventi separati da un intervallo di tipo luce.

Nella fisica classica, come abbiamo visto, la causalità meccanica richiede una condizione ben precisa: che al momento dell'urto la distanza dei due corpi interessati (la palla A e la palla B che vengono a urtarsi) sia uguale a zero. Nello spaziotempo minkowskiano, l'equivalente dell'elemento di linea euclideo, che ci indica la "distanza"

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (3)$$

è dato da

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (4)$$

che viene chiamato *intervallo spaziotemporale*. L'intervallo spaziotemporale tra due eventi è invariante, così come invariante, nella fisica classica erano le lunghezze spaziali.

Ciò che, dunque, si dovrà richiedere, analogamente, secondo la concezione di Whitehead, affinché ci sia interazione causale tra due eventi è che essi siano separati da un intervallo spaziotemporale la cui lunghezza sia uguale a zero. Il che equivale a richiedere che i due eventi siano separati da un intervallo di tipo luce. Ciò vale certamente e banalmente per tutti i casi di causalità meccanica, in cui gli eventi che concorrono (dei quali uno è la causa) vengono uniti in un unico evento, l'urto, per cui la loro distanza spaziotemporale degenera a zero. Ma ciò vale anche per tutti quei casi eventuali in cui la causa e l'effetto (durante l'evento di causazione) sono separati spazialmente – ovvero l'azione a distanza. L'attrazione gravitazionale è un ottimo esempio: la causa e l'effetto sono collegate dalle onde gravitazionali le quali, secondo Whitehead, riprendendo la teoria dell'elettromagnetismo di Lorentz, si propagano alla velocità della costante c (la velocità della luce dello spaziotempo minkowskiano) e quindi dovranno anch'essi essere separati da un intervallo spaziotemporale pari a zero. L'interazione tra causa ed effetto, cioè, è *in atto* nonostante la distanza spaziale: ecco svelata l'essenza dell'azione a distanza all'interno della fisica relativistica!

Certamente il requisito generale per cui due eventi correlati causalmente devono essere collegati da un intervallo di tipo luce può sollevare dubbi e obiezioni. Tale concezione, infatti, non appare essere totalmente giustificata sia dal punto di vista fisico che da quello metafisico; tuttavia si tratta di un importante punto di partenza e di caratterizzazione per la fisica di Whitehead, del quale dobbiamo necessariamente tener conto. Tale requisito è, dunque, fondamentale, e comporta due conseguenze; innanzitutto, contribuisce a conferire alla teoria della relatività di Whitehead la sua formulazione matematica caratteristica e, inoltre, come conseguenza, per così dire, indiretta, introduce un "ritardo" nella propagazione delle onde gravitazionali, nel senso che la propagazione di queste ultime non è istantanea, come nella legge di gravitazione universale newtoniana, bensì impiega un tempo r/c – dove r rappresenta la distanza tra la sorgente del campo gravitazionale e il corpo che ne subisce l'attrazione.

Quest'ultimo aspetto viene spesso considerato come una conseguenza diretta della formulazione whiteheadiana. Tuttavia si tratta di un errore. Il ritardo con cui si ha a che fare quando si parla della teoria di Whitehead è un ritardo che deriva, essenzialmente, dalla struttura stessa dello spaziotempo di Minkowski. Infatti, abbiamo visto che nello spaziotempo non è possibile parlare di universo in un istante. Intuitivamente possiamo renderci conto sperimentalmente di questa osservazione grazie a un esempio piuttosto elementare. Quando osserviamo un'automobile che passa davanti a noi a circa cento metri di distanza, noi non abbiamo a che fare con l'immagine *attuale* dell'automobile, bensì con la sua immagine passata (un passato, in ogni caso, molto vicino), dal momento che la luce, per quanto viaggia a una velocità elevatissima, non percorre lo spazio istantaneamente. Pertanto, a cento metri di distanza dal mio sistema di riferimento, non esiste sullo stesso *iperpiano di simultaneità* nessuna auto che sfreccia, non esiste, in breve, nessun altro sistema di riferimento. Si badi bene, questo ragionamento non è da intendere in senso empirico. Non si tratta, infatti, di "lentezza" delle informazioni visive che partono dall'automobile e che arrivano alla mia retina dopo un periodo di tempo comunque finito. O, meglio, non si tratta solo di questo²².

Piuttosto, il requisito della costanza della velocità della luce rispetto ai diversi sistemi di riferimento fa sì che il limite della velocità della luce sia anche il limite della velocità di connessione tra due eventi nello spazio.

Ma se a cento metri di distanza dal mio sistema di riferimento, in un dato istante (misurato dal mio sistema di riferimento) non esiste nessuna automobile sfrecciante, come faccio a interagire con il mondo? Come faccio a colpire una palla e sostenere che io sono stato la causa del suo mettersi in moto? Anche qui la risposta è relativamente semplice e richiama un concetto esposto poco sopra.

Se, come abbiamo visto, la connessione causale, nello spaziotempo, avviene lungo gli intervalli spaziotemporali di tipo luce (per i quali l'elemento di linea è uguale a zero), allora due eventi correlati causalmente devono giacere su una linea che forma un angolo di 45° con l'asse delle ascisse. Di conseguenza si hanno due casi:

- a) i due eventi stanno pressoché nello stesso punto dello spaziotempo; i vertici dei due coni di luce coincidono. È, per fare un esempio meccanico, il momento dell'urto, il momento in cui il corpo m , precipita sul corpo M per effetto dell'attrazione gravitazionale di quest'ultimo.
- b) M fa parte del passato di m . Non può far parte del futuro perché non può influenzare m dal futuro; questo è dovuto al fatto che abbiamo originariamente posto che M sia la causa del movimento di m . In breve: M è l'antecedente causale.

Quindi il corpo che funge da causa gravitazionale deve trovarsi sempre nel passato del corpo che subisce la stessa azione. Non può darsi l'evenienza di un'azione diretta e immediata. Questo è piuttosto intuitivo anche se restiamo nell'ambito della fisica newtoniana. Se l'attrazione gravitazionale avviene per propagazione di onde, va da sé che queste onde si propagheranno a velocità finita e, pertanto, sarà sempre presente un "ritardo" tra l'evento della causa e l'evento dell'effetto. Tuttavia questo lato intuitivo della legge di gravitazione non viene espresso nella famosa equazione di Newton, dove è presente una sorta di istantaneità dell'intervallo causa-effetto. Nella legge di Whitehead, invece, grazie alla struttura dello spaziotempo minkowskiano cui si rifà ampiamente, questo "ritardo" assolutamente reale, intuitivo e logicamente ineccepibile, è parte costituente della legge di gravitazione stessa.

Bibliografia

- AA.VV., 1984, *A.N. Whitehead's Relativity Theory*, Claremont, Centre for Process Studies.
- Ariel, R., 1974, «Recent Empirical Disconfirmation of Whitehead's Relativity Theory», in *Process Studies*, 4, 1974, pp. 285-287.
- Bain, J., 1998, «Whitehead's Theory of Gravity», in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 29, 4, pp. 547-574.
- Band, W., 1929, «Dr. Whitehead's Theory of Absolute Acceleration», in *Philosophical Magazine*, 7, pp. 434-440.
- Bonfantini, M.A., 1972, *Introduzione a Whitehead*, Bari, Laterza.

- Boniolo, G., (a cura di), 1997, *Filosofia della fisica*, Milano, B. Mondadori.
- Bridgman, P.W., 1927, *The Logic of Modern Physics*, New York, MacMillan (trad. it. di V. Somenzi, *La logica della fisica moderna*, Torino, Bollati Boringhieri 1997)
- Broad, C.D., 1923, «Review: Whitehead – The Principle of Relativity», in *Mind*, 32, pp. 211-219.
- Broad, C.D., 1948, «Alfred North Whitehead (1881-1947)», in *Mind*, 57, pp. 139-145.
- Clark, G.A., 1954, «The Problem of Two Bodies in Whitehead's Theory», in *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, Ser. A, 64, pp.49-56.
- Dyer, J.L., Schild, A., 1962, «The Centre of Mass Motion in a Conservative Gravitational Theory of Whitehead's Type», in *Journal of Mathematical Analysis and Application*, 4, pp. 328-340.
- Eddington, A.S., 1924, «A Comparison of Whitehead's and Einstein's Formulae», in *Nature*, 113, p. 192.
- Fowler, D., 1974, «Disconfirmation of Whitehead's Relativity Theory – A Critical Reply», in *Process Studies*, 4, 1974, pp. 288-290.
- Van Frassen, B.C., 1970, *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*, New York e Toronto, Random House.
- Grünbaum, A., 1962, «Whitehead's Philosophy of Science», in *Philosophical Review*, 71, pp. 218-229.
- Lowe, V., 1985, *Alfred North Whitehead: the Man and His Work*, Baltimora, John Hopkins University.
- Mac Kenzie, L., 1923, «What does Dr. Whitehead Mean by "Event"?», in *Proceeding of Aristotelian Society*, n. s., XXIII, pp. 229-244.
- Mentock, R.M., 1995, «The Geophysical Test of a Theory of Relativity», in *EOS*, 76(46), Washington, American Geophysical Union.
- Misner, C., Thorne, K., Wheeler, J., 1973, *Gravitation*, San Francisco, Freeman, (spec. pp. 430, 1048-1049, 1066-1069, 1122-1125)
- Moritz, H., 1990, «Geodesy and Geophysics in their interaction with mathematics and physics, and some open problems in geodesy», in AA.VV. *Quo Vadimus – Geophysics for the Next Generation*, (atti del convegno omonimo), Washington, AGU, pp. 1-4
- Northrop, F.S.C., 1941, «Whitehead's Philosophy of Science», in P.A.Schilpp (ed.), *The Philosophy of Alfred North Whitehead*, New York, Tudor, pp. 165-207.
- Price, L., 2001, *Dialogues of Alfred North Whitehead*, II ed., Jaffrey – NH, D.R. Godine.
- Rayner, C.B., 1954, «The Application of the Whitehead Theory of Relativity to Nonstatic Spherically Symmetrical Systems», in *Proceedings of the Royal Society of London*, Ser. A, 222, pp. 509-526.

- Rayner, C.B., 1955, «The Effects of Rotation in the Central Body on its Planetary Orbits after the Whitehead Theory of Gravitation», in *Proceedings of the Royal Society of London*, Ser. A, 232, pp. 135-148.
- Russell, R.J., 1987, «Whitehead, Einstein and the Newtonian Legacy», in C.V. Coyne, M.Heller, J. Zycinski (eds.), *Newton and the New Direction in Science*, Proceedings of the Cracow Conference May 25-28, 1987, Specola Vaticana, Città del Vaticano 1987, pp. 175-192.
- Schild, A., 1956, «On Gravitational Theories of Whitehead's Type», in *Proceedings of The Royal Society of London*, A 235, 202-209.
- Schild, A., 1963, «Gravitational Theories of the Whitehead Type and the Principle of Equivalence», in *Proceedings of the International School of Physics*, Enrico Fermi Course 20, New York Academic Press, pp. 69-115.
- Schilpp, P.A., 1941, (ed.), *The Philosophy of Alfred North Whitehead*, Evanston e Chicago, Northwestern University Press
- Seaman, F., 1955, «Whitehead and Relativity», in *Philosophy of Science*, XXII, pp. 222-226
- Sieroka, N., 2000, «One Whitehead, Not Three», in *Studies in History and Philosophy of Science*, 31a, n. 4, pp. 721-729
- Synge, J.L., 1951, *Relativity Theory of A.N.Whitehead*, Baltimore, University of Maryland.
- Tanaka, Y., 1987, «Einstein and Whitehead: the Principle of Relativity Reconsidered», in *Historia Scientiarum*, 32, pp. 43-61.
- Temple, G., 1924, «Central Orbit in Relativistic Dynamics Treated by the Hamilton-Jacobi Method», in *Philosophical Magazine*, Ser. 6, 48, pp. 277-292.
- Whitehead, A.N., 1916, «Space, Time, and Relativity», in *Proceeding of Aristotelian Society*, XVI, pp. 104-132. Ristampato come cap. VIII di Whitehead (1917) e, con qualche taglio, come cap. X di Whitehead (1929)
- Whitehead, A.N., 1916, «La théorie relationniste de l'espace», in *Revue de Métaphysique et de morale*, XXIII, 3, pp. 28-54
- Whitehead, A.N., 1919, «Space, Time, and Material», in *Aristotelian Society Supplementary*, vol. II – Problems of Science and Philosophy, pp. 44-57.
- Whitehead, A.N., 1919, *An Enquiry Concerning the Principles of Natural Knowledge*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Whitehead, A.N., 1920, *The Concept of Nature*, Cambridge, Cambridge University Press (*Il concetto della natura*, trad. it. di M. Meyer, Torino, Einaudi 1948)
- Whitehead, A.N., 1922, «The Philosophical Aspects of the Principle of Relativity», in *Proceeding of Aristotelian Society*, XXII, pp. 215-223
- Whitehead, A.N., 1922, *The Principle of Relativity*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Whitehead, A.N., 1922, «The Idealistic Interpretation of Einstein's Theory» (contributo), in *Proceeding of Aristotelian Society*, n. s., XXII, pp. 130-134

- Whitehead, A.N., 1923, «The Problem of simultaneity», in *Aristotelian Society Supplementary*, vol. III – Relativity, Logic and Mysticism, pp. 34-4
- Whitehead, A.N., 1923, «Uniformity and Contingency», in *Proceeding of Aristotelian Society*, n. s., XXIII pp. 1-18
- Whitehead, A.N., 1925, *Science and the Modern World*, New York, MacMillan (*La scienza e il mondo moderno*, trad. it. di A. Banfi, Torino, Boringhieri 1979)
- Whitehead, A.N., 1948, *Essays in Science and Philosophy*, New York, Rider (*Scienza e filosofia*, trad. it. di I. Bona, Milano, Il Saggiatore 1966)
- Whitrow, G.J., Morduch, G. E., 1965, «Relativistic Theories of Gravitation», in A. Beer (ed.), *Vistas in Astronomy*, Vol. 6, New York, Pergamon.
- Will, C.M., 1971, «Relativistic Gravity in the Solar System. II: Anisotropy in the Newtonian Gravitational Studies Constant», in *Astrophysical Journal*, 169, pp. 141-156.
- Will, C.M., 1987, «Experimental Gravitation from Newton's Principia to Einstein's General Relativity», in S.W. Hawking and W. Israel (eds) *300 Years of Gravitation*, New York, Cambridge University Press, pp. 80-125

Hyperlinks

<http://www.alfred.north.whitehead.com>

(Australasian Association for Process Thought)

<http://www.ctr4process.org/>

(The Centre for Process Studies)

<http://www.uwmanitowoc.uwc.edu/staff/awhite/al95.htm>

(A. White, *Whitehead on the Twin Paradox* – Draft)

http://spartan.ac.brocku.ca/~lward/Whitehead/Whitehead_1920/White1_pref.html

(A. N. Whitehead, *The Concept of Nature* – testo integrale)

<http://members.aol.com/Mszlazak/DangerousIdea.html>

(P. Farleigh, *Whitehead's even more dangerous idea*)

<http://www.edizionimelquiades.it/brame/contenuti/tesidottorato.zip>

(M. V. Bramè, *Di che cosa è fatto il mondo? Dalla relatività di Whitehead a una teoria dell'oggetto metafisico*, tesi di dottorato)

http://www.asahi-net.or.jp/~sn2y-tnk/tanaka_4_0.htm

(Y. Tanaka, *The Comparison between Einstein's and Whitehead's Theories of Relativity*)

<http://www.csun.edu/~lmchenry/QuantumMec.pdf>

(L. McHenry, *Whitehead, Quantum Mechanics and Local Realism*)

Note

¹ Si veda Will (1971)

² Fowler (1974). I risultati cui giunge Will sarebbero, secondo Fowler, principalmente dovuti al fatto che il modello semplificato della galassia al quale si era rifatto lo stesso Will potesse non essere completamente adatto allo scopo e, pertanto, si diceva sicuro di poter ridurre in maniera significativa la discrepanza tra gli effetti empirici previsti e quelli effettivamente riscontrabili.

³ Per una buona descrizione del pensiero di Whitehead si veda Bonfantini (1972).

⁴ Qui risulta evidente l'analogia con il progetto della *grande logica* sviluppato nei Principia Mathematica; non solo: risulta evidente anche il debito col pensiero filosofico di Russell per quanto riguarda la concezione dell'evento, ovvero un oggetto metafisico che deve la propria importanza al fatto di essere incentrato sul concetto di relazione piuttosto che su quello di sostanza.

⁵ Dal punto di vista epistemico, si pensi, per esempio, al divario tra il concetto scientifico di energia (per lo meno tripartito) e la relativa percezione fenomenica.

⁶ Whitehead (1919b, 112).

⁷ Secondo la terminologia di Whitehead, il punto è una classe astrattiva "prima" mentre la retta è "antiprima". *Ivi*, p. 106.

⁸ «Le durate che sono membri dei vari momenti di una data famiglia di momenti formano essi stessi una famiglia di durate parallele. Così c'è una e una sola famiglia di momenti paralleli corrispondente a una famiglia di durate parallele; e c'è una e una sola famiglia di durate parallele corrispondente a una famiglia di momenti paralleli. Una coppia di tali famiglie corrispondenti, una di durate e l'altra di momenti, formano il 'sistema temporale' associato a entrambe le famiglie». *Ivi*, p. 113-4.

⁹ Whitehead (1916a, 236-7).

¹⁰ Whitehead (1920, 114-5).

¹¹ *Infra*, p. 5.

¹² Whitehead (1922b, 58-9).

¹³ Bonfantini (1972, 57), rifacendosi a Lewis (1941), specialmente pp. 710-12. Si pensi anche alle posizioni simili di Carnap e Reichenbach, basate sull'analisi di Poincaré. Bridgman, invece, mostra un'interessante via d'uscita operativa da questa circolarità. Cfr. Bridgman (1927).

¹⁴ Tanaka (1987, 52).

¹⁵ Altro discorso è prendere atto delle obiezioni di Grünbaum all'argomento di Whitehead sul criterio di congruenza. Brevemente, a proposito della diatriba Poincaré-Russell, Grünbaum sostiene che la soluzione di Whitehead non sia valida perché dà per scontato che debba esistere solamente un criterio di congruenza. Ovviamente l'accettare questa obiezione potrebbe voler dire mettere in discussione le conclusioni di Whitehead sulla teoria della relatività generale di Einstein. Per esempio il criterio di congruenza della relatività generale potrebbe essere di tipo operativo-pragmatico. Si veda Grünbaum (1962b, 471-93).

¹⁶ Ricordiamo *La Théorie Relationniste de l'Espace* (1916) in cui emerge una significativa distinzione tra spazio ideale o percettivo, e spazio fisico. La teoria proposta sembra avere il vantaggio di comprendere al suo interno entrambi. Un ruolo molto importante sembra essere ricoperto dalla relazione tutto-parte, sulla quale viene imbastita tutta la "nuova geometria" e grazie alla quale si possono superare le aporie derivate dalla concezione dello spazio come insieme di punti dotati di posizione assoluta (e, pertanto, non "relazionista"). *Space, Time and Relativity* (1916) ha una buona importanza per la funzione di ricapitolazione delle differenti concezioni di spazio. Inoltre, specialmente a pag. 108, affronta il discorso della distinzione tra geometria metrica e non metrica. *Time, Space and Material* (1919) viene scritto negli stessi anni di *An Enquiry Concerning the Principles of Natural Knowledge* e, pertanto, riflette le tematiche che portano alla formulazione della teoria dell'astrazione estensiva. In *The Philosophical Aspects of the Principle of Relativity* (1922) si possono osservare distintamente tutti quei presupposti scientifici che stanno alla base della teoria metafisica di Whitehead. Specialmente a pag. 223 emerge, tra le righe, la valutazione di Whitehead stesso per la sua teoria metafisica. Egli sembra attribuirle maggiore importanza per il contributo scientifico piuttosto che per quello prettamente filosofico, dal momento che, dal punto di vista filosofico, non sembra intenzionato a rivendicare un particolare grado di innovazione. *The Problem of Simultaneity* (1923a) è uno scritto molto interessante. Incarna forse il "succo" della critica ad Einstein e, ancora una volta, mostra come la filosofia di Whitehead sia nata proprio da questa stessa critica. Interessante è, inoltre, la confutazione del paradosso dei gemelli.

¹⁷ Si veda Whitehead (1919a).

¹⁸ Il punto di partenza è costituito anche dal fatto che, secondo l'interpretazione di Whitehead, c non è la velocità della luce nel vuoto bensì una costante naturale. Egli, infatti, non è d'accordo sull'invarianza della velocità della luce. Si veda Whitehead (1947, trad. it. 303).

Del resto Whitehead, come abbiamo detto, deriva le trasformazioni di Lorentz direttamente dall'esperienza fenomenica per mezzo dell'astrazione estensiva. Infatti: «*The physical meaning of c is also well known; namely, any velocity in any time-system is of magnitude c is of the same magnitude in every other time-system. No assumption of the existence of a velocity with this property or of the electromagnetic invariance has entered into the deduction of the kinematic equations of the hyperbolic type. A velocity greater than c cannot represent any time-system, and accordingly its physical significance must be entirely different from that of a velocity less than c* »; Whitehead (1919b, 160).

¹⁹ Whitehead identifica l'interazione causale con il caso in cui, con x_4 e p_4 coordinate temporali di due eventi e $r_{(x)}$ distanza spaziale tra i due, $c(x_4 - p_4) = r_{(x)}$. Il che equivale a richiedere che l'intervallo spaziotemporale tra i due eventi sia sempre di tipo luce; Whitehead (1922b, 77).

²⁰ Ovvero la distanza spaziale deve tendere a zero, la distanza temporale deve tendere a zero e i due eventi devono essere uniti da un intervallo di tipo luce; è quest'ultimo il requisito in più rispetto alla fisica classica per spiegare l'interazione causale *a palla di biliardo*.

²¹ Si veda Whitehead (1922b, 30-1)

²² Lo stesso Whitehead, a questo proposito, non sembra aver fugato ogni perplessità. Si veda Bain (1998, 554).