

“Qui” e “Adesso”: un’asimmetria apparente nell’interpretazione dei concetti della fisica

RAFAEL MARTINEZ*

Sommario: 1. Introduzione. 2. La relatività della simultaneità e della posizione. 3. Posizione e tempo nella formulazione einsteiniana della STR. 3.1 La definizione del tempo e della posizione. 3.2 Analisi degli effetti relativisti. 3.3 Deduzione delle trasformazioni di Lorentz. 4. Definizione della posizione e convenzionalità. 4.1 Posizione e simultaneità. 4.2 Definizione della posizione. 5. La irriducibilità dello spazio e del tempo nell’immagine fisica della STR.



1. Introduzione

La Teoria speciale della relatività (d’adesso in poi STR) ha avuto un influsso notevole sulla riflessione filosofica al riguardo dei concetti basilari della nostra conoscenza della natura, e in particolare su quelli di spazio e tempo. È trascorso ormai quasi un secolo dalla sua formulazione¹ e l’interesse per le sue conseguenze non accenna a diminuire. Risulta però sorprendente il fatto che non tutte le sue implicazioni siano state ugualmente sviluppate. Le modifiche concettuali dello spazio sono spesso ignorate, mentre tutta l’attenzione viene rivolta alla trasformazione subita dal tempo.

Quest’atteggiamento, anche se ha delle eccezioni, lo si trova nelle più importanti interpretazioni della STR, come ad esempio i classici studi di Reichenbach²,

* Ateneo Romano della Santa Croce - Piazza Sant’Apollinare 49 - 00186 Roma

¹ A. EINSTEIN, *On the Electrodynamics of Moving Bodies*, (*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, «Annalen der Physik», 17 (1905), pp.891-921) in AA.VV., *The Principle of Relativity. A Collection of Original Memoirs on the Special and General Theories of Relativity*, trans. W. Perrett G.B., Jeffrey, Dover Publ. Inc., New York 1923, pp. 37-65 (d’ora in poi verrà indicata come *EMB*). Cfr. anche la traduzione italiana di P. Straneo *Sull’elettrodinamica dei corpi in moto*, in AA.VV., *Cinquant’anni di relatività*, Ed. Universitaria, Firenze 1955, pp. 479-504.

² H. REICHENBACH, *The Philosophy of Space and Time* (1928), Dover Publ. Inc., New York 1957.

Grünbaum³, o Whitrow⁴. Ma anche tante altre presentazioni della STR, a scopo storico, filosofico o didattico sono caratterizzate da un'attenzione rivolta prevalentemente al concetto di tempo⁵. La diversa valutazione che i due concetti ricevono può essere attribuita a più cause. Può essere vista [1] come risultato di una maggior "importanza teoretica" del tempo sullo spazio nell'immagine relativista del mondo fisico, che avrebbe dato origine ad una disuguale applicazione del formalismo della teoria alle due grandezze. Può anche presentarsi [2] come reazione di fronte alla scarsa attenzione dedicata al tempo nella scienza classica, oppure semplicemente [3] come un fatto contingente nella storia delle interpretazioni della STR, dovuto forse al ruolo predominante che occupavano i problemi concettuali del tempo nella formulazione einsteiniana della teoria. Tuttavia è anche possibile vedere in essa [4] la conseguenza dell'attribuzione di un concreto significato ai concetti di spazio e tempo nella struttura metafisica della realtà.

Forse nessuna delle alternative possono essere scartate *a priori* né completamente. Le tre prime da sole non giustificano totalmente la mancanza di attenzione allo spazio relativista. In primo luogo [2] implica necessariamente una delle altre. O la reazione è dovuta ad un'effettiva "maggiore importanza" del tempo sullo spazio prima trascurata, come afferma [1], oppure sarà soltanto un "fatto contingente" nella storia del pensiero, seguendo [3]. Quest'ultima risposta, poiché attribuisce alla questione lo statuto di "fatto contingente", elimina semplicemente il problema. Ora, una tale risposta non è soddisfacente. Se l'unica ragione si trova nell'attenzione da Einstein dedicata al tempo, è d'aspettarsi che questa abbia un senso fisico, ritornando così a [1]. Affermare che — pure dal punto di vista della teoria fisica — si tratta di un fatto contingente non sembra adeguarsi ad un'interpretazione realista della scienza.

Queste posizioni sembrano quindi poggiare sulla soluzione [1]: ci troveremo di fronte ad una differenza *teoretica* fondamentale fra le due nozioni. Tuttavia a livello fisico la loro differenza risulta molto minore di quanto la riflessione filosofica sembra indicare. Il formalismo della STR dà un trattamento equivalente alle due grandezze fisiche. È vero che la deduzione originale della STR dava più attenzione alla nozione di tempo che non a quella di spazio⁶, tuttavia è possibile mostrare che questa differenza può essere considerata fondamentalmente come metodologica. La radice della disuguale valutazione dipenderà quindi non tanto dal contenuto stesso della STR quanto da concrete assunzioni al riguardo della natura e del significato dei concetti di spazio e tempo, come veniva suggerito in [4]. Ci troviamo allora di fronte ad una questione di interpretazione filosofica.

³ A. GRÜNBAUM, *Philosophical problems of space and time*, (Boston St. Philos. Sc., 12, 2 ed.), D. Reidel Publ. Co., Dordrecht 1974.

⁴ G.J. WHITROW, *The Natural Philosophy of Time*, (2 ed.), Clarendon Press, Oxford 1980.

⁵ Cfr., tra altre, S. GOLDBERG, *Understanding relativity. Origin and impact of a scientific revolution*, Birkhäuser, Boston 1984; R.B. ANGEL, *Relativity. The theory and its philosophy*, Pergamon Press, Oxford 1980; G. HOLTON, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Reverté, Barcelona 1988.

⁶ Cfr. *EMB*, pp. 38-43.

Fra i pregiudizi che hanno contribuito a questa valutazione si può segnalare, da una parte, la tendenza a *spazializzare il tempo*⁷ e in stretto rapporto con essa, la *negazione dell'oggettività del divenire*⁸, considerato come prodotto della mente⁹ o pura illusione¹⁰. Sono due questioni strettamente collegate, che risultano decisive per quanto riguarda l'immagine metafisica del mondo materiale. Senza affrontare tutti gli aspetti della questione, la presente discussione si centererà sull'equivalenza fra le modifiche introdotte dalla STR nelle nozioni di *posizione* e *simultaneità*, nelle quali possono essere sintetizzati gli effetti relativisti sullo spazio e il tempo. Nel risaltare il trattamento simmetrico ricevuto dalle due grandezze verrà messo in luce come la pretesa di eliminare le caratteristiche essenziali del tempo, per ridurle a quelle dello spazio sia priva di giustificazione in base alla STR.

2. La relatività della simultaneità e della posizione

Le modifiche relativiste del tempo sono un risultato della scienza attuale ormai acquisito, anche a livello di riflessione filosofica. La simultaneità, in quanto rapporto di un osservatore con eventi particolari, non ha un significato assoluto. Per determinarla bisogna considerare lo stato di movimento, e diversi osservatori, anche se immediatamente localizzati, possono trovarsi in disaccordo per quanto riguarda l'insieme di eventi che per ognuno di essi costituisce *l'adesso*.

Nella fisica pre-relativista la simultaneità poteva essere considerata universale o assoluta in un doppio senso: (a) poteva essere definita per tutto il dominio spaziale dell'universo fisico; e (b) risultava coerente con quella determinata da altri osservatori, qualunque fossero le loro condizioni fisiche. In questo modo la descrizione dell'universo fisico risultava notevolmente semplificata. Il carattere dinamico e problematico del tempo veniva ridotto ad un'unica successione temporale, comune a tutto l'universo fisico. Ogni "adesso" risultava invece costituito da un universo *soltanto spaziale*, statico, nel quale i problemi concettuali derivati dal divenire erano stati eliminati.

L'universalità del tempo viene meno nella STR, anche se in misura diversa in ognuno dei due sensi indicati. A causa del contenuto temporale di ogni processo di comunicazione fisica, le grandezze temporali, e con esse la simultaneità, saranno definibili "assolutamente" soltanto nelle immediate vicinanze dell'osservatore

⁷ Cfr. O. COSTA DE BEAUREGARD, *La notion de temps. Équivalence avec l'espace*, (2^a ed.), J. Vrin, Paris 1983.

⁸ Cfr. fra altri, H. WEYL, *Philosophy of Mathematics and Natural Science*, Princeton Univ. Press, Princeton 1949; A. GRÜNBAUM, *Philosophical problems...*, pp. 314-329; H. PUTNAM, *Time and Physical Geometry* (1967), in *Mathematics, Matter and Method*, (Philosophical Papers, vol.II, 2 ed.), Cambridge Univ. Press, Cambridge 1979, pp. 198-205.

⁹ A. GRÜNBAUM, *The meaning of time*, in E. FREEMAN, - W.S. SELLARS, (eds.), *Basic issues in the philosophy of time*, The Open Court Publ. Co., La Salle (Ill.) 1971, pp. 195-228.

¹⁰ J.J.C. SMART, *Time and Becoming*, in P. VAN INWAGEN, (ed.), *Time and Cause*, (Boston St. Philos. Sc., 19), D. Reidel Publ. Co., Dordrecht 1980, pp. 3-15.

(tempo “individuale”)¹¹. L’ampliamento di questa definizione alla totalità dell’universo (tempo “globale”) implica invece un’ *indeterminazione o arbitrarietà* inerente allo stesso processo di definizione fisica¹². Tale arbitrarietà è inoltre anteriore alla considerazione del moto relativo tra gli osservatori, in quanto appare nella definizione temporale elaborata da un singolo osservatore, oppure da una “rete” di osservatori in quiete (relativa). Per questa ragione la STR ammette la definizione di un tempo “universale” o “globale” nel primo dei due sensi considerati: un tempo esteso all’universo tutto. Si tratta però di un tempo definito per un singolo osservatore (oppure per un unico sistema di riferimento inerziale), che inoltre include un elemento arbitrario o convenzionale. Quando però si desidera ampliare la definizione di tempo ad una pluralità di sistemi di riferimento in moto relativo, ci si trova con l’impossibilità di conservare ancora l’accordo fra le determinazioni temporali ottenute dai diversi sistemi di riferimento. La nuova “coordinazione temporale” diventa assai più complessa: la trasformazione di Galileo, che lascia il tempo invariato, deve essere sostituita dalla trasformazione di Lorentz.

Il carattere arbitrario della stessa definizione di tempo “a distanza” risulta uno dei punti più dibattuti nelle diverse interpretazioni filosofiche della relatività¹³. Per ora può essere sufficiente considerare che a cagione di tale arbitrarietà, la definizione dell’“adesso” non potrà più essere considerata come definizione di una “reale” simultaneità ontologica fra eventi lontani, anche se risulta utile per stabilire un descrizione fisica del mondo. Non c’è propriamente un “adesso” comune ad un insieme di eventi spazialmente lontani; c’è soltanto la possibilità di attribuire ad essa (in particolari condizioni) un identico riferimento temporale che possa servire per sviluppare una teoria fisica sulla realtà.

La relatività del tempo, malgrado gli eventuali disaccordi di interpretazione, è un fatto stabilito, preso come punto di partenza in ogni studio sulle caratteristiche della realtà fisica. Non accade lo stesso invece con la nozione di spazio, anche se la relatività le attribuisce un carattere relativo formalmente equivalente a quello del tempo. Se la relatività della simultaneità porta a dover rinunciare all’*universalità* di questa nozione, la relatività della posizione implicherà a sua volta la necessità di rinunciare alla *stabilità* di cui godeva nell’immagine classica. Il significato di tale modifica può essere riassunto in una domanda: possiede la *posizione* un valore definito indipendentemente dal tempo e dallo stato di movimento? Significa cioè domandarsi se un particolare “qui” (quello definito da una tacca sul pavimento, il “luogo” in cui mi trovo, o la posizione determinata dal navigatore) ha un significato *invariante* e *stabile* lungo il tempo. La fisica classica rispondeva già in parte in senso negativo. La posizione dipende chiaramente dal sistema di riferimento. Longitudine e latitudine, per esempio, hanno un senso

¹¹ La distinzione fra i diversi ambiti di definizione del tempo è essenziale nell’analisi relativista, come in maniera particolare metteva in risalto Whitrow. Cfr. G.J. WHITROW, *The Natural Philosophy of Time*, (2 ed.), Clarendon Press, Oxford 1980.

¹² Cfr. *EMB*, pp. 38-40.

¹³ H. PUTNAM, *Memo on Conventionalism*, in *Mathematics, Matter...*, pp. 93-129; A. GRÜNBAUM, *Philosophical problems...*, pp. 342-368.

invariante soltanto in rapporto alla superficie della Terra, non in rapporto ad un osservatore al di fuori di essa. Il carattere assoluto della posizione dipende quindi dall'esistenza di un sistema di riferimento assoluto, come la fisica classica metteva in risalto. Ma è proprio l'esistenza di questo sistema di riferimento assoluto che la STR dichiara impossibile. La fisica classica, nel giudicare la validità lungo il tempo di una posizione, si domandava se tale posizione era relativa oppure assoluta, allo stesso modo in cui per giudicare la simultaneità si domandava se la sincronizzazione stabilita (in base a segnali luminosi o qualche metodo alternativo) era o meno quella *vera*, prendendo in considerazione il moto del sistema di riferimento.

Nella STR la domanda sul moto assoluto risulta fuori posto. Il sistema di riferimento scelto è l'unico riferimento possibile per ogni osservatore. Risulta evidente, o anche tautologico, affermare che per ogni sistema di riferimento il proprio "qui" è invariabile e assoluto; si tratta infatti della propria definizione di sistema di riferimento: un insieme di posizioni spaziali e temporali che vengono assunte come invariabili. Queste posizioni però non hanno valore assoluto per altri sistemi di riferimento.

3. Posizione e tempo nella formulazione einsteiniana della STR

Spazio e tempo si presentano quindi come relativi nella STR. Tuttavia ciò non elimina gli interrogativi. Resta in piede il fatto che le modifiche dello spazio sembrano di minore entità di quelle del tempo. Infatti, non si è ancora parlato di arbitrarietà nella definizione di spazio, anzi non si è fatto nessun accenno all'obbligo di dover definire lo spazio. La stessa formulazione einsteiniana della STR sembra dare scarso rilievo allo spazio; dedica una grande attenzione alla definizione del tempo, ma quasi nessuna a quella di spazio¹⁴, il che risulta in un certo senso sorprendente. La posizione è una grandezza fisica che deve essere definita, come il tempo, in rapporto alla specificità e ai fini della teoria. L'atteggiamento operativista di Einstein, al meno in questi primi anni, esigeva inoltre tale definizione, come chiaramente si vede nel caso del tempo: nessuna grandezza fisica può aver senso a meno che sia stata definita in modo operativo¹⁵. Sembra difficile accettare che Einstein ammettesse allo stesso tempo di fondare la STR su un altro concetto, quello di spazio, acriticamente considerato.

È un fatto tuttavia che lo spazio non riceve nell'analisi einsteiniana la stessa attenzione concessa al tempo. Risulta essenziale quindi esaminare la struttura della teoria nella formulazione einsteiniana allo scopo di determinare se ci troviamo di fronte ad un'omissione che riveste un particolare significato (attribuire allo spazio caratteristiche concettuali diverse da quelle del tempo) oppure se si tratta semplicemente di un'omissione metodologica, dovuta ad una particolare scelta fatta da Einstein nella presentazione della teoria.

¹⁴ Cfr. *EMB*, pp. 38-40.

¹⁵ Cfr. *EMB*, p. 39; A. EINSTEIN, *Relatività. Esposizione divulgativa*, Boringhieri, Torino 1967, pp. 58-59.

3.1 La definizione del tempo e della posizione

Nella breve introduzione all'articolo del 1905, Einstein presenta le ragioni che lo spingevano a dubitare dello stato allora raggiunto dall'elettrodinamica¹⁶, e propone la sua alternativa: cercar di fondare l'elettrodinamica dei corpi in moto su una cinematica basata sui principi di relatività e di costanza della velocità della luce. Per questa ragione la prima parte del lavoro è interamente dedicata alla cinematica¹⁷. Vi si trova, in maniera completa, la formulazione della STR.

Il primo paragrafo¹⁸, è senz'altro uno dei testi scientifici più spesso citati e commentati. In esso Einstein cerca di rivedere i fondamenti della cinematica, e quindi sarebbe logico aspettarsi una definizione sia del tempo che dello spazio. Tuttavia lo spazio viene definito soltanto in maniera implicita, affermando che si dispone delle coordinate cartesiane ordinarie nel sistema di riferimento scelto¹⁹. Se la procedura per assegnare una *posizione* ad ogni evento possa essere portata a termine senza ambiguità, o quale sia la sua validità, sono questioni che non vengono discusse. Una tale analisi viene affrontata soltanto nel caso del tempo.

Qual è la ragione di questo diverso trattamento? Si deve senz'altro considerare il modo disuguale in cui la fisica classica faceva uso dello spazio e del tempo, quanto al loro carattere assoluto o relativo. Dal punto di vista concettuale ambedue le grandezze avevano un identico statuto, al meno sin dal famoso *scholium* dell'introduzione ai *Principia Mathematica* di Newton. Dal punto di vista pratico però la meccanica classica li trattava in maniera assai diversa. Il carattere relativo dello spazio era preso in considerazione ogniqualevolta i problemi meccanici venivano descritti da due sistemi di riferimento; invece nessun problema meccanico sollevava normalmente l'esigenza di usare coordinate temporali relative. Il carattere assoluto del tempo risultava così molto più profondamente radicato che non quello dello spazio.

È importante precisare tuttavia che questa è una ragione di tipo soggettivo, che non rispecchia propriamente il contenuto concettuale della teoria. Nel concreto stato di conoscenza dei problemi cinematici poteva ritenersi opportuno presentare più in dettaglio la fondazione delle nozioni temporali anziché di quelle spaziali. Ciò non implica però che nel caso dello spazio la fondazione sia inutile, anche se il metodo pratico usato non abbia sofferto alcuna modifica: l'uso di due variabili spaziali (vettoriali), una per ogni sistema di riferimento, già normale nella cinematica classica. Tuttavia la nozione di posizione aveva bisogno in ogni caso di una considerazione critica, in modo di accordarsi con i principi della teoria. Inoltre l'assenza di una definizione concreta di spazio in questa prima parte dell'articolo

¹⁶ "È noto che l'elettrodinamica di Maxwell — come essa attualmente viene di ordinario concepita — conduce nelle sue applicazioni a corpi in movimento ad asimmetrie che paiono non essere aderenti ai fenomeni." (*EMB*, p. 37).

¹⁷ "I. Parte cinematica", *EMB*, pp. 38-51.

¹⁸ "§1. Definizione della simultaneità", *EMB*, pp. 38-40.

¹⁹ "...impiegando i metodi della geometria euclidea espressa in coordinate cartesiane" (*EMB*, p. 38).

di Einstein non può ancora significare l'attribuzione allo spazio di uno statuto epistemologico diverso, né implica che venga considerato come una nozione ap problematica. Sarebbe necessario mostrare, per poter affermarlo, che questo primo paragrafo costituisce la base concettuale definitiva della teoria, il che non è esatto. Si deve considerare infatti qual è il ruolo svolto dai seguenti paragrafi di questa prima parte.

3.2 Analisi degli effetti relativisti

Nel secondo paragrafo²⁰ avviene la presentazione sistematica dei principi della STR, soltanto annunciati nell'introduzione. Dopo averli enunciati, Einstein presenta il nucleo del problema della STR: determinare in quale maniera va stabilita la corrispondenza fra le rappresentazioni cinematiche dei fenomeni fisici nei sistemi di riferimento in moto relativo. Nel §1 i diversi stati di movimento non erano ancora stati considerati; la loro introduzione porterà, nel §2, ai fenomeni relativisti.

Il nocciolo del problema è ben conosciuto: determinare se, in base ai principi stipulati, le determinazioni spaziali e temporali conserveranno ancora la loro validità anche per diversi sistemi di riferimento in moto relativo. Nella cinematica classica i valori delle grandezze fisiche nei diversi sistemi di riferimento venivano collegati attraverso il gruppo di trasformazioni di Galileo, che conserva invarianti le distanze e gli intervalli temporali, anche se i due sistemi assegnano agli eventi diverse coordinate spaziali (ed eventualmente temporali). Einstein domanderà mediante il ricorso a certi esperimenti mentali se *lunghezze e tempi* (intervalli temporali) si conservano ancora quando il principio di relatività e il principio di costanza della velocità della luce vengono applicati.

Anche qui i due concetti vengono trattati diversamente. Nel caso dello spazio il problema viene semplicemente posto, senza darne una risposta definitiva. Per determinare la lunghezza di un corpo in moto (relativamente al sistema di riferimento) le operazioni possibili sono due²¹. È possibile in primo luogo muoversi insieme al corpo che si deve misurare. Secondo il principio di relatività si dovrà ottenere un valore identico a quello del corpo misurato in quiete²². La seconda possibilità è quella di determinare attraverso apposite osservazioni i punti del sistema di riferimento con i quali il corpo coincide in un particolare istante. La distanza che nel sistema in quiete viene misurata fra questi punti potrà anche essere attribuita come lunghezza del corpo. La domanda sarà se le due misure saranno uguali o meno. Einstein annuncia che non lo saranno, senza però presentare le ragioni concrete di tale affermazione²³.

Il problema della determinazione degli intervalli temporali riceve invece una

²⁰ “§2. Sulla relatività di lunghezze e tempi”, *EMB*, pp. 41-43.

²¹ Cfr. *EMB*, p. 41.

²² Cfr. *EMB*, p. 42.

²³ “...la determineremo in base ai nostri due principi e troveremo che essa è differente da *l'*” (*EMB*, p. 42).

risposta assai più esplicita. Due orologi, posti nelle estremità del corpo in moto, si considerano sincronizzati con gli orologi che essi incontrano nei punti del sistema in quiete dove passano in ogni momento. Saranno sincroni anche dal punto di vista di un osservatore in moto con il corpo? In questo caso, siccome era già stata presentata una concreta definizione di simultaneità e di tempo, Einstein si trova in condizione di dare una risposta più esplicita, concludendo che la definizione di tempo non sarà più applicabile ai due sistemi di riferimento se viene chiesto allo stesso tempo che siano soddisfatti i principi della teoria²⁴.

Anche in questo caso c'è da domandarsi se l'asimmetria dipenda soltanto da una scelta metodologica o se invece implichi qualche differenza formale fra le due grandezze. Bisogna considerare, da una parte, che esiste una stretta dipendenza fra i contenuti dei due primi paragrafi. Siccome soltanto la definizione di tempo era stata presentata esplicitamente, sembra logico ammettere che soltanto nel caso del tempo sarà possibile presentare in maniera completa l'incompatibilità fra i principi della teoria e la trasformazione di Galileo. Non sarà possibile invece nel caso dello spazio, poiché non è stato fornito alcun nuovo elemento che permetta una considerazione delle grandezze spaziali essente dai pregiudizi della meccanica classica. La situazione sarebbe diversa se la definizione di spazio fosse stata considerata allo stesso livello di quella del tempo: una definizione critica dello spazio o della posizione sarebbe sufficiente per presentare l'incompatibilità fra i principi della teoria e i risultati della trasformazione di Galileo, in maniera simile a come viene presentata nel caso del tempo.

3.3 Deduzione delle trasformazioni di Lorentz

Prima di considerare questa possibilità interessa concludere la presentazione della linea argomentativa dell'articolo del 1905. Il terzo paragrafo²⁵ segue sin dall'inizio un approccio metodologico diverso, presentando un'elaborazione formale e sistematica del problema fisico. I due paragrafi precedenti avevano una funzione propedeutica: presentare il contenuto e il significato dei concetti basilari della cinematica, in modo tale di far apparire con chiarezza la necessità di riesaminare la fondazione di questa parte fondamentale della fisica. Si era così riusciti a presentare dei concetti basilari nei quali erano stati eliminati i pregiudizi che nella fisica classica impedivano di trovare una soluzione adeguata ai problemi cinematici che andavano oltre l'ambito dei fenomeni della vita ordinaria. Il terzo paragrafo non prosegue in questa direzione, ma ripropone da capo la discussione del problema fisico. Segue il metodo comune ad ogni problema geometrico o fisico di presentare con precisione i presupposti della situazione fisica da esaminare, per poi stabilire le grandezze che intervengono nella descrizione e così delimitare con pre-

²⁴ Cfr. *EMB*, p. 42. Cfr. anche il noto esempio del treno in A. EINSTEIN, *Relatività. Esposizione divulgativa...*, pp. 61-62.

²⁵ "§3. Teoria della trasformazione di coordinate e tempi da un sistema in quiete ad un altro sistema in movimento di traslazione uniforme rispetto al primo", *EMB*, pp. 43-48.

cisione la portata del problema che si vuole risolvere. Quale uso fa Einstein dei concetti che previamente erano stati definiti? Il tempo viene determinato attraverso segnali luminosi, come indicato al §1, per ognuno dei due sistemi di riferimento considerati, l'uno in moto uniforme rispetto all'altro²⁶. Per quanto riguarda lo spazio viene semplicemente detto che in ogni sistema va misurato "per mezzo di aste di misura" stazionarie nel sistema²⁷.

Quale differenza c'è qui fra i ruoli dello spazio e del tempo? L'influsso delle precedenti definizioni risulta minore di quanto si poteva aspettare. In particolare, nessun riferimento si fa agli elementi convenzionali che il §1 aveva messo in luce. Viene semplicemente rammentata la necessità di *applicare la definizione* nei due sistemi di riferimento. La procedura stabilita per definire il tempo dava origine, come si era visto alla fine del §1, ad un'assegnazione univoca di valori temporali per tutti gli osservatori possibili di uno stesso sistema di riferimento²⁸. Sarà questo ora l'unico aspetto rilevante: il fatto di disporre di una definizione di tempo valida *nel sistema di riferimento* e, finché non venga dimostrato diversamente, *soltanto nel proprio sistema*.

Dal punto di vista metodologico il ruolo svolto dallo spazio è lo stesso. Esso viene definito attraverso l'applicazione di "aste di misura" in quiete. Non viene discusso in quale modo risulta attribuito un valore alle grandezze spaziali; resta in piedi soltanto il riferimento generico ai "metodi della geometria euclidea" fatto nel §1²⁹. I due elementi determinanti sono però ugualmente presenti: (a) si ha a disposizione una definizione (quella fornita dalla geometria euclidea) valida per ogni osservatore del sistema di riferimento; (b) questa definizione si considera valida per ora soltanto nel sistema di riferimento in cui è stata stipulata. Le due esigenze vengono soddisfatte, poiché la definizione delle grandezze spaziali ha luogo attraverso delle aste di misura *in quiete*. Nel §2 era stata presentata, d'altra parte, la possibilità che la definizione di distanza non fosse conservata nel passaggio da un sistema di riferimento ad un altro. La definizione si ritiene valida quindi soltanto *nel sistema di riferimento*. Non viene aggiunta inoltre ipotesi alcuna riguardo agli elementi invarianti propri della meccanica classica.

Il senso fondamentale del metodo di Einstein è quindi la consapevolezza che bisogna *definire* le grandezze che saranno usate, in particolare spazio e tempo, e inoltre che la grandezza così definita risulta applicabile *soltanto nel suo dominio di definizione*. Anche se la definizione dello spazio viene presentata in maniera solo implicita, essa soddisfa i due requisiti. Spazio e tempo quindi svolgono lo stesso ruolo al momento di definire le trasformazioni di Lorentz. E sarà attraverso

²⁶ "Venga inoltre determinato il tempo t del sistema in quiete (...) impiegando segnali luminosi nel modo indicato al §1; analogamente venga determinato il tempo t del sistema in moto (...) applicando il metodo dei segnali luminosi del §1" (*EMB*, p. 43).

²⁷ "Pensiamoci ora lo spazio misurato tanto del sistema in quiete K , per mezzo dell'asta di misura in quiete, quanto anche del sistema in moto k , per mezzo dell'asta di misura in moto con esso" (*EMB*, p. 43).

²⁸ Cfr. *EMB*, p. 40.

²⁹ Cfr. *EMB*, p. 38.

queste equazioni che si arriverà a dare alle grandezze spazio-temporali un significato esteso ad ogni situazione fisica. Questo risulta il punto determinante per esaminare la validità di una particolare interpretazione filosofica sul significato dei concetti spaziali e temporali, fondata sui risultati della STR.

4. Definizione della posizione e convenzionalità

L'analisi dei primi paragrafi dell'EMB sembra indicare dunque un ruolo principalmente propedeutico sia alla definizione del tempo e della simultaneità che alla discussione della loro incompatibilità con i principi della teoria. Questo non significa affatto diminuire l'importanza di quest'analisi iniziale. Dal punto di vista dell'uso formale dei concetti l'importanza dell'analisi si centra anzitutto sull'uso critico (senza pregiudizi) delle variabili spaziali e temporali che corrispondono ai diversi sistemi di riferimento, nonché la consapevolezza del ricorso obbligato all'esame "operativo" dei concetti ogniqualvolta i pregiudizi dovessero riemergere. Oltre a ciò, l'analisi einsteiniana ha avuto anche importanti conseguenze a livello di una maggior consapevolezza della portata delle nozioni temporali, sulle quali adesso non c'è bisogno di soffermarsi.

L'assenza di un esame parallelo dello spazio può invece essere stata occasione di alcuni fraintendimenti sulla portata di questa nozione. Occasione ma non causa, poiché la fisica è sempre stata consapevole dell'identica portata delle due nozioni. Possiamo infatti vedere come la linea argomentativa adottata nel §1 dell'articolo di Einstein può anche essere applicata allo spazio. Una tale riflessione può inoltre evidenziare gli elementi convenzionali che si trovano anche nella definizione di posizione.

4.1 Posizione e simultaneità

Il punto di partenza della riflessione einsteiniana sulla nozione di tempo era la considerazione che "tutti i nostri giudizi, nei quali il tempo ha un ruolo, sono sempre giudizi circa *avvenimenti contemporanei*"³⁰. Ora dovremmo affermare che "tutti i nostri giudizi, nei quali lo spazio ha un ruolo, sono sempre giudizi circa *avvenimenti co-localizzati*". Anche se tale affermazione può sembrare meno rilevante, essa ha pure un significato nella considerazione fisica dei fenomeni cinematici. Ogni misura implica necessariamente la determinazione della *coincidenza* fra due eventi (oppure fra diverse coppie di eventi): fra il fenomeno da misurare e lo strumento di misura (l'orologio o l'asta di misura). La coincidenza temporale fra gli eventi viene chiamata simultaneità. Nel caso dello spazio la coincidenza non riceve alcun nome, e tuttavia risulta anche essenziale. La loro determinazione non presenta difficoltà alcuna quando si tratta di una coincidenza assoluta. Tuttavia

³⁰ EMB, p. 39.

per fondare la cinematica è necessario un metodo per determinare le coincidenze anche quando non sono assolute: quando si vuole determinare la equi-posizione (co-localizzazione) di due avvenimenti non simultanei, e quando vogliamo determinare la posizione di un evento lontano, considerandoli (ancora in una maniera acritica) contemporanei.

Il primo caso sembra più vicino all'impostazione con cui Einstein affronta il problema della simultaneità. Anche il secondo però corrisponde allo stesso problema metodologico: dare una definizione della grandezza spaziale al di là dell'esperienza immediata dell'osservatore. Il fatto che in questo caso si debba presupporre una qualche stima della contemporaneità non è una novità. Anche la definizione einsteiniana del tempo faceva ricorso implicitamente ad alcuni presupposti riguardo allo spazio, assunto come validamente definito. Quale garanzia c'era però dell'assunzione che la posizione A in cui l'osservatore riceve il fascio luminoso di ritorno sia la stessa dalla quale era stato inviato?³¹ Per quale ragione l'assunzione einsteiniana non viene considerata come mancanza di rigore metodologico? Da una parte bisogna considerare nuovamente lo scopo di questo §1, propedeutico e non formalizzante. Ma inoltre tale assunzione può anche essere vista come manifestazione dell'accettazione seppure implicita del carattere convenzionale che anche lo spazio possiede³².

4.2 Definizione della posizione

Possiamo domandarci quindi *in quale maniera* un osservatore che non abbia ancora definito il tempo per eventi lontani, ma soltanto nella sua esperienza immediata, possa definire la posizione di eventi lontani in modo da stabilire una geometria. Dobbiamo escludere la traslazione come mezzo per definire lo spazio, poiché lo spostamento così da poter verificare la co-localizzazione degli avvenimenti sarebbe un processo spazio-temporale, la cui descrizione non è possibile finché le grandezze spaziali e temporali non siano state definite per l'intero universo fisico.

Bisogna quindi attribuire posizioni o distanze agli eventi lontani. Per farlo possiamo scegliere come mezzo di comunicazione un segnale luminoso. Supponiamo che l'osservatore invia da A, nell'istante t del suo proprio tempo individuale, un segnale luminoso il quale viene riflesso in un evento lontano B, ritornando verso l'osservatore e raggiungendo questo in t' . Allora l'osservatore può definire la distanza alla quale l'evento B si trova, in funzione del tempo impiegato dal segnale nell'andata e ritorno. Qui troviamo però lo stesso problema concettuale che si presentava nella

³¹ Questa era infatti la supposizione fatta da Einstein: "Parta cioè un raggio di luce (...) da A a B, venga (...) in B riflesso verso A e giunga di ritorno in A" (*EMB*, p. 40).

³² Non basta infatti considerare che la posizione A viene definita dallo stesso osservatore; il problema si presenta nella determinazione della distanza AB. Da questo punto di vista, la maggior "relatività" dello spazio nella meccanica newtoniana dovuta all'uso di coordinate relative, in qualche modo "oscura" l'aspetto essenziale della relatività dello spazio e della posizione, il quale si trova appunto nella convenzionalità di ogni determinazione spaziale che implica sempre il riferimento a qualche osservatore esterno.

definizione della simultaneità. Non è possibile attribuire una distanza (oppure una posizione) all'avvenimento B, senza ulteriori convenzioni. La posizione potrà essere definita soltanto quando sarà stabilito *per definizione* che la "distanza" percorsa dalla luce per giungere dall'osservatore fino a B è uguale alla "distanza" percorsa per giungere da B all'osservatore. Quest'esigenza non risulta infatti più sorprendente di quella originale. È infatti *logicamente* possibile che la luce impieghi un tempo diverso all'andata e al ritorno, cioè nel viaggiare in un senso e in quello opposto. Ed è anche *logicamente* immaginabile che possa percorrere una distanza diversa in una direzione e in quella opposta: basta considerare, nell'immagine classica, il caso in cui l'osservatore si avvicina o allontana velocemente in rapporto all'evento B.

Quale senso fisico avrebbe in realtà tale supposizione? Sarebbe possibile cioè determinare la verità o la falsità di un tale presupposto oppure del suo contrario? Sappiamo che tale possibilità è nella pratica esclusa. Dal punto di vista metodologico la definizione più appropriata sarà quella che attribuisce una totale omogeneità alle condizioni fisiche nei due sensi. Questa è anche la definizione più consona con i principi della STR. La distanza può allora essere definita come:

$$s = \frac{1}{2}c (t' - t)$$

Il punto fondamentale è però che tale definizione risulta essere *arbitraria* o *convenzionale* nella stessa misura in cui lo era la definizione del tempo. Se un osservatore attribuisce velocità disuguali alla luce nei percorsi di andata e ritorno, allora otterrebbe una definizione diversa, che possiamo rappresentare, seguendo la notazione stabilita da H. Reichenbach per il tempo³³, come

$$s = \varepsilon c (t' - t)$$

dove $\varepsilon \neq \frac{1}{2}$. Risulta semplice verificare che se chiamiamo ρ il rapporto fra le velocità di andata e ritorno attribuite alla luce, il fattore ε della definizione assume il valore

$$\varepsilon = \frac{2\rho}{(1+\rho)^2}$$

Qual è il significato dell'arbitrarietà della definizione dello spazio? Dal punto di vista della definizione fisica essa mette in risalto il fatto che la definizione standard adottata non è l'unica logicamente possibile. La definizione standard $\varepsilon = \frac{1}{2}$ considera che la velocità della luce è la stessa in tutte le direzioni, quando la luce viene emessa e riflessa alla fine di definire il tempo³⁴. Ma tale supposizione non costituisce affatto una necessità logica. È possibile una scelta alternativa in cui le velocità di andata e ritorno del segnale luminoso siano diverse fra di loro, dando origine ad una definizione non-standard dello spazio e del tempo. Questa non sarà compatibile con i principi della STR. Tuttavia sarà ancora possibile stabilire una teoria fisica, forse assai più complessa ma senza contraddizioni logiche³⁵.

³³ H. REICHENBACH, *The Philosophy of Space...*, p. 150.

³⁴ Cfr. *EMB*, p. 40.

³⁵ È questo il parere di Grünbaum, negato però da altri interpreti della STR. Cfr. A. GRÜNBAUM, *Philosophical problems...*, pp. 342-368; D. MALAMENT, *Causal Theories of Time and the Conventionality of Simultaneity*, «Noûs», 11 (1977), pp. 293-300.

Per quanto riguarda la struttura spazio-temporale degli eventi fisici, la scelta non-standard $\varepsilon \neq 1/2$ implica la non-ortogonalità delle linee spaziali e temporali. Risulta impossibile trovare una trasformazione di coordinate che possa conservare invarianti le leggi della fisica (principio di relatività), il che era invece consentito nella scelta standard $\varepsilon = 1/2$ dalle trasformazioni di Lorentz, che conservano l'ortogonalità fra linee spaziali e temporali.

5. La irriducibilità dello spazio e del tempo nell'immagine fisica della STR

Da un punto di vista fisico le affermazioni precedenti possono sembrare troppo scontate. Il formalismo della STR è infatti chiaro; l'uso delle trasformazioni di Lorentz implica necessariamente che le modifiche delle due grandezze siano equivalenti. Tuttavia la fisica riflette raramente sul loro significato. Risulta necessaria la riflessione filosofica, che può anche prevenire i pregiudizi che talvolta cercano di introdursi nell'interpretazione della teoria. E tra questi riveste particolare importanza ciò che abbiamo chiamato la *spazializzazione del tempo*: l'attribuire a entrambe le grandezze fisiche (spazio e tempo) un'identica "natura essenziale", che la STR avrebbe definitivamente sancito mediante l'assimilazione del tempo allo spazio. Forse può sembrare paradossale che una tale interpretazione assegni ruoli disuguali ai due concetti nella rivoluzione relativista. Questo apparente paradosso si chiarisce se si considera che una condizione necessaria per sostenere la spazializzazione del tempo è appunto la possibilità di attribuire un ruolo diverso all'impatto che ha avuto il formalismo relativista nei due casi. Nella visione classica spazio e tempo possedevano senz'altro una distinzione essenziale, rendevano ragione di caratteristiche diverse della nostra esperienza del mondo fisico, l'estensionalità appunto e la successione. Fino a quando l'azione della STR venga considerata simmetrica in rapporto alle due nozioni, la distinzione fra loro dovrebbe conservarsi, o al limite tutte e due dovrebbero evolvere verso un punto di convergenza. Non sembra invece possibile che una delle due grandezze (il tempo) perda le sue caratteristiche intrinseche e sia assimilata all'altra, mentre quest'ultima conserverebbe inalterata la propria identità. Un risultato "asimmetrico" dovrebbe esigere un'azione formalmente asimmetrica della teoria.

Quanto si è considerato nel paragrafo precedente evidenzia la mancanza di fondamento di una tale posizione. La STR non dà nessuna ragione per affermare la priorità della spazialità sul tempo. Le due grandezze appaiono come parte costitutiva ed essenziale della descrizione fisica della realtà e non ammettono quindi una mutua riduzione. Infatti se quando si presenta la STR come "spazializzazione del tempo" si intende dire che quest'ultima grandezza può ridursi concettualmente allo spazio in quanto ha perso il carattere di "dimensione indipendente" che aveva nella fisica classica, allora si deve ricordare che anche lo spazio ha subito la stessa trasformazione. Il tempo ha perso il suo carattere assoluto: diversi osservatori possono attribuire tempi diversi agli eventi fisici e possono anche trovarsi in disaccor-

do sull'ordine temporale di alcuni avvenimenti. Il tempo quindi si è fuso con lo spazio: gli intervalli spaziali e temporali non sono più indipendenti, poiché non sono più invarianti sotto il nuovo gruppo di trasformazioni³⁶. Ora, poiché lo spazio ha subito la stessa trasformazione, sarebbe lecito parlare anche di una "temporalizzazione dello spazio". Per qualche autore infatti, questa seconda espressione spiegherebbe conto più esattamente il significato della STR³⁷. Questa proposta però presenta forse lo stesso rischio di fraintendere il suo vero senso. Può tuttavia risultare utile considerare come, dal punto di vista del formalismo della STR, tutte e due godono della stessa legittimità.

Sarebbe lecito affermare che lo spazio risulta "temporalizzato", poiché non essendo più assoluto, non è più possibile parlare di una *varietà* o insieme di relazioni geometriche che possano descrivere completamente lo stato del mondo fisico. L'invalidità del concetto di posizione, del "qui" o luogo, più in là del preciso istante temporale in cui è stato definito dall'osservatore, implica che lo stesso concetto di "relazioni spaziali" possieda un significato ormai intrinsecamente dinamico. L'insieme delle relazioni spaziali metriche e topologiche non può più essere considerato come un qualcosa di stabilito fra i corpi fisici né pienamente definito. In ogni istante, per così dire, lo spazio viene "ri-creato", sorge come una nuova entità. Questo non significa semplicemente che dobbiamo considerare come dinamici gli eventi che hanno luogo nello spazio — tale aspetto dinamico era stato considerato sempre dalla fisica. Significa che ormai gli stessi elementi concettuali che costituiscono lo spazio (posizioni e distanze) non possono più presentare una realtà continua o stabile. Non basta nemmeno la considerazione di uno spazio "relativo", in senso classico, cioè di uno spazio le cui rappresentazioni posizionali possano essere diverse per ogni osservatore. Il fatto che neanche le distanze siano più conservate implica che non sia più possibile parlare di una struttura spaziale che si conservi "assoluta", "universale" o "stabile" lungo il tempo.

Lo spazio non ha più alcun privilegio che consenta di alzarlo al di sopra del tempo come mezzo per raggiungere una comprensione più adeguata della natura fisica. Non risulta esatto affermare che, a causa della relativizzazione della simultaneità e del tempo, tutti gli eventi, passati, presenti e futuri *sono allo stesso modo*³⁸, né dire che la fisica della STR porta così ad un completo determinismo³⁹, nel quale il divenire reale e il flusso del tempo debbano essere negati. Queste affermazioni spesso cercano di attribuire all'universo fisico (in senso totale, cioè spazio-temporale) una struttura simile a quella che la scienza classica attribuiva

³⁶ Per questa ragione Costa de Beauregard parla di un "coefficiente di equivalenza" fra lo spazio e il tempo, il quale sarebbe la velocità della luce, costante universale. Cfr. O. COSTA DE BEAUREGARD, *La notion de temps...*, pp. 63-64.

³⁷ Tale conclusione si ricava ad esempio dalla classica opera di M. CAPEK, *The Philosophical Impact of Contemporary Physics*, Van Nostrand, Princeton 1961.

³⁸ H. PUTNAM, *Time and physical geometry*, pp. 200-201.

³⁹ C.W. RIETDIJK, *A rigorous proof of determinism derived from the special theory of relativity*, «Philosophy of Science», 33 (1966), pp. 341-344; C.W. RIETDIJK, *Special Relativity and Determinism*, «Philosophy of Science», 43 (1976), pp. 598-609.

allo spazio: una *co-esistenza* di eventi spazio-temporali, senza reale divenire né temporalità. Tuttavia la loro reale portata è minore. Queste affermazioni sono il risultato del considerare l'insieme delle caratterizzazioni spazio-temporali degli avvenimenti, astrazione fatta dai processi reali (e perciò temporali) di determinazione. La loro portata arriva soltanto al fatto che gli eventi "sono", che cioè deve essere attribuito un valore logico di verità *determinato* ad ogni affermazione al loro riguardo. Questa trasposizione al piano logico non implica però un'efficacia fisica. Bisogna riconoscere che la "co-esistenza", o "uguale realtà" di tutti gli eventi spazio-temporali non implica che la struttura fisica attraverso la quale vanno descritti abbia le caratteristiche del continuo spaziale, e non di quello temporale. Infatti poiché lo spazio ha perso nella STR l'immutabilità o il carattere statico che prima possedeva, non può più essere considerato giustamente come un ambito o *localizzatore assoluto*. Affermare che lo spazio quadri-dimensionale degli eventi fisici possiede una struttura "di tipo spaziale" è senz'altro un chiaro errore dal punto di vista formale: la struttura matematica che descrive lo spazio-tempo degli avvenimenti fisici non va identificata con la struttura topologica e metrica dello spazio newtoniano (pur aggiungendovi una dimensione in più) né con quella che la STR attribuisce alla sola dimensione spaziale. Bisogna in ogni caso riconoscere che ci troviamo di fronte ad una nuova realtà: lo spazio-tempo relativista, che possiede una struttura topologica e metrica nuova.

Resta da considerare ancora il secondo dei pregiudizi prima menzionati, che spesso viene anche presentato come conseguenza della spazializzazione del tempo: l'eliminazione del divenire, l'elemento più caratteristico della temporalità, che nella filosofia attuale del tempo si presenta con diverse metafore: la "freccia"⁴⁰, il "passo"⁴¹ o il "flusso"⁴² del tempo. Nella filosofia della STR l'immagine del mondo fisico in reale divenire è stata spesso ritenuta inadeguata. La si vuole sostituire con l'immagine di uno spazio-tempo omogeneo e statico nel quale gli eventi non "diventano", ma soltanto "sono". Il divenire viene così ridotto a prodotto della mente o a pura illusione.

Tuttavia le implicazioni della STR non giustificano tale pretesa. Se la perdita del carattere assoluto della simultaneità implica la negazione del divenire, risulta necessario esaminare le conseguenze a cui la corrispondente modifica dello spazio darebbe luogo. L'eliminazione del carattere assoluto della posizione dovrebbe portare infatti a negare la realtà della *spazialità* o co-presenza oggettiva degli eventi nel mondo fisico. La situazione è infatti del tutto simmetrica. Non ci sono ragioni di maggior peso per negare, sulla base della perdita di indipendenza fra le due grandezze, una delle caratteristiche essenziali della nozione di tempo, di quante ce ne siano per negare le caratteristiche proprie e differenziali dello spazio: l'estensionalità o "copresenza" dei diversi fenomeni fisici.

⁴⁰ A.S. EDDINGTON, *Space, Time and Gravitation*, Cambridge Univ. Press, Cambridge 1920.

⁴¹ D.C. WILLIAMS, *The myth of passage*, in GALE, R.M. (ed.), *The Philosophy of Time*, Humanities Press, New York 1967, pp. 98-116.

⁴² A. GRÜNBAUM, *Philosophical problems...*; S. MCCALL, *Objective Time Flow*, «Philosophy of Science», 43 (1976), pp. 337-362; P. KROES, *Objective versus minddependent theories of time flow*, «Synthese», 61 (1984), pp. 423-446.

Infatti, si argomenta spesso che la non esistenza di piani assoluti di simultaneità, cioè di un “presente” oggettivo che in maniera non arbitraria possa separare gli eventi passati e futuri, implicherebbe la totale perdita di valore della distinzione fra “passato” e “futuro”⁴³. Rimarrebbe in piedi soltanto la possibilità di considerare la temporalità come un insieme di rapporti di anteriorità e posteriorità fra gli eventi, i quali non implicano però un reale divenire⁴⁴. Il divenire allora sarebbe soltanto un’illusione⁴⁵, una caratteristica derivata dal fatto che un osservatore consapevole attribuisce agli eventi la condizione di “passati” o “futuri”, e quindi *mind-dependent*, frutto delle condizioni soggettive dell’osservatore⁴⁶. Gli stessi argomenti potrebbero essere usati anche nel caso dello spazio. Poiché non ci sono più delle “linee-qui” o posizioni assolute lungo il tempo, che possano determinare una relazione spaziale di tipo oggettivo fra gli eventi fisici, sarebbe anche legittimo considerare la spazialità come pura illusione soggettiva nella mente dell’osservatore. Questi avrebbe soltanto una esperienza di eventi “pluri-caratterizzati”, senza un effettivo rapporto di tipo co-estensionale con gli altri. Sarebbe possibile allora considerare la realtà come un “semplice” divenire (assoluto), nel quale la nostra esperienza crea in ogni momento l’illusione di un mondo spazializzato.

Le conseguenze non sarebbero di certo soddisfacenti. Spazio e tempo avrebbero perso ogni traccia del loro carattere oggettivo. Tale esito contrasta notevolmente con la posizione intellettuale dei filosofi che difendono la spazializzazione del tempo, i quali si schierano di solito in linee di pensiero piuttosto positivista, anche materialista o “parmenideo”⁴⁷, il che li spinge ad attribuire una completa struttura logica all’universo degli eventi fisici. La negazione del divenire risulta dalla loro prospettiva un obiettivo ambito: un mondo soltanto spaziale può essere facilmente considerato come un mondo veramente razionale.

L’attribuzione alla STR di simili conseguenze non soltanto risulta ingiustificata, ma porta anche ad un’incoerenza fondamentale. Infatti essa consente di ottenere, con gli stessi argomenti, due immagini del mondo radicalmente opposte. La radice di questo risultato contraddittorio può essere vista nell’indebita estrapolazione che comporta il salto dalla negazione del *carattere assoluto* dello spazio e del tempo alla negazione della loro *oggettività*, intesa come il fatto di essere una proprietà o determinazione indipendente dal processo soggettivo di conoscenza. Quando tale estrapolazione viene applicata allo spazio e non solo al tempo, la sua illegittimità risulta palese. Diviene allora necessario negare l’oggettività delle due grandezze, e non soltanto quella del tempo, in favore

⁴³ Per Putnam il risultato sarebbe che tutti gli eventi, passati o futuri, sarebbero “reali” allo stesso modo. Cfr. H. PUTNAM, *Time and physical geometry*, pp. 198-201.

⁴⁴ Si è spesso applicata al problema della STR la nota distinzione fra “A-series” e “B-series” temporali, introdotta all’inizio del secolo da John Ellis McTaggart. Cfr. J.E. MCTAGGART, *The Unreality of Time*, «Mind», 17 (1908), pp. 457-474.

⁴⁵ Cfr. J.J.C. SMART, *Time and Becoming*, pp. 10-11.

⁴⁶ Cfr. A. GRÜNBAUM, *The meaning of time*, pp. 205-219.

⁴⁷ Ad esempio cfr. J.J.C. SMART, *Time and Becoming*, p. 7.

dell'oggettività dello spazio. Le conseguenze indesiderate di tale opzione ci costringono quindi ad ammettere che il concetto stesso di "oggettività" era stato fondato soltanto sulla condizione di assoluto che ad esso veniva attribuito. Si tratta in fin dei conti di un'interpretazione della STR che distorce fondamentalemente il suo reale significato (la relatività delle grandezze spaziali e temporali), e in pratica lo elimina.

Un altro elemento contribuisce a questa valutazione: il fatto che siano stati adottati gli *eventi* e non più gli *oggetti* materiali come costituenti della realtà. Quest'atteggiamento, anche se dal punto di vista formale è soddisfacente, ha in qualche maniera ostacolato la comprensione della portata ontologica della struttura spazio-temporale della STR. O, più esattamente, ha fatto credere che sarebbe possibile attribuire un senso ontologico al contenuto della teoria, che invariabilmente veniva identificato con quello che è stato chiamato *eventismo*⁴⁸, come opposto all'*oggettismo* proprio della conoscenza spontanea e anche della scienza classica nonché dalle interpretazioni filosofiche di tipo realista. In un'ontologia di eventi sono le stesse determinazioni spazio-temporali a costituire fisicamente gli eventi e quindi la realtà del mondo. Essendo però le determinazioni puramente relative, ci si trova in difficoltà ad afferrare la loro realtà. Questo avviene nelle interpretazioni considerate, a scapito del tempo, il quale essendo meno "tangibile" si dissolve in favore dello spazio. Un'adeguata comprensione del mondo fisico come costituito da oggetti fisici consente invece di vedere la spazialità e la temporalità come caratteristiche degli oggetti e non come delle realtà *a sé*. Risulta così possibile affermare la relatività del rapporto fra queste grandezze in maniera opposta a quanto l'immagine classica del mondo fisico aveva sempre considerato.

La spazializzazione del tempo, e la corrispondente eliminazione del divenire non sono risultato della STR. Sono invece pregiudizi di fondo che stravolgono il senso della teoria fisica in maniera simile a come la nascita della meccanica classica diede origine, nei secoli XVI e XVII all'estrapolazione meccanicista. Lo studio particolareggiato delle interpretazioni filosofiche della STR, la cui storia deve essere ancora scritta, potrà senz'altro fornire numerosi elementi di giudizio per valutare adeguatamente il problema dei rapporti fra la conoscenza fisica del mondo e la comprensione del suo significato.

* * *

Abstract: For many interpreters, STR (Special Theory of Relativity) modifies in a different way the concepts of space and time. Only the latter would be subject to a radical transformation, that assimilates it to space. Also the Einstenian first formulation of STR

⁴⁸ Cfr. N. MAXWELL, *Are Probabilism and Special Relativity incompatible?*, «Philosophy of Science», 52 (1985), p. 29.

studi

would present time as the very central argument of relativistic innovation. Nevertheless, this opinion does not agree with physical formalism, which gives the same role to both magnitudes. The analysis of Einstein's original formulation of STR allows to point out the identity among conceptual modifications of space and time, and shows that differences are only methodological. The "definition of position", although only implicitly used by Einstein, includes the same conventional elements as the definition of simultaneity. In this way it clearly appears that any attempt to vanish the objective meaning of time, becomes absolutely unjustified: STR destroys the absolute, but not the objective character of space and time. Divergent interpretations, that lead paradoxically to describe relativistic modifications as "spatialization" of time, are really due to the attribution to these concepts of a concrete meaning in the metaphysical structure of reality, incompatible with objective temporality and becoming.