

**CIRCOLO DI PSICOBIOFISICA
AMICI DI MARCO TODESCHINI**

presenta:

LUDWIK KOSTRO



**Laureato in fisica e filosofia.
Membro del Comitato Scientifico
sulle Interpretazioni Fisiche della
Teoria della Relatività
Autore dell'articolo dal titolo:
ETERE O NON ETERE?**

a cura di
Fiorenzo Zampieri
Circolo di Psicobiofisica
"Amici di Marco Todeschini"

NOTE BIOGRAFICHE

Ludwik Kostro, nato il 15 novembre 1934 a Danzica, in Polonia, ha studiato Fisica e Filosofia presso l'Università "Sapienza" e l'Università Gregoriana di Roma dal 1963 al 1970. Nel 1975 è entrato a far parte dell'Università di Danzica, fino al 1994 come Docente e Ricercatore presso l'Istituto di Fisica e dal 1994 in poi come Professore Ordinario nell'Istituto di Filosofia e Sociologia, di cui è stato Direttore. Direttore del Dipartimento di Logica, Metodologia e Filosofia della Scienza della stessa Università. Dal 1988 è membro dell'Editorial Board della rivista *Physics Essays* (Ottawa, Canada). È membro del consiglio di amministrazione dell'Interdivisional Group of History of Physics presso la European Society of Physics, e fa parte del Comitato Scientifico delle Conferenze Internazionali sulle Interpretazioni Fisiche della Teoria della Relatività che si tengono ogni due anni all'Imperial College di Londra e sponsorizzate dalla British Society for Philosophy of Science. Dal 1986 è Segretario del Dipartimento di Matematica, Fisica e Chimica della Società Scientifica di Danzica. Ha ricevuto numerosi premi importanti. Il governo francese lo ha decorato con la medaglia Les Palmes Acadômiques.

È autore di 79 articoli scientifici in fisica e filosofia, oltre a diversi libri, il più famoso dei quali dal titolo: «EINSTEIN E L'ETERE».

In questo volume l'Autore conduce il Lettore a riconsiderare A. Einstein non più come colui che negò l'esistenza dell'Etere cosmico quale ente spaziale mediatore delle onde elettromagnetiche (luce) in quanto, nel passare dalla cosiddetta Relatività Ristretta alla Relatività Generale Egli dovette riabilitarlo totalmente con specifiche caratteristiche relativistiche, e perciò del tutto diverse da quello ipotizzato precedentemente dal Maxwell, Hertz, Lorentz, ecc.. Ciò che sorprende è che nonostante la chiara ed incontestabile evidenza portata dal Kostro di questa "riabilitazione dell'etere" da parte di Einstein, ancora oggi, nell'ambito scientifico, risultano radicati ed impossibile da rimuovere il concetto della non esistenza dell'etere nell'Universo e la convinzione che lo spazio sia "Vuoto".

A tale proposito, in questa dispensa, riportiamo un bell'articolo di Kostro, dal titolo: ETERE O NON ETERE? pubblicato dalla rivista "Frigidaire" n. 95 dell'ottobre 1984, nel quale Egli riassume, attraverso una sintesi storica dello sviluppo della Relatività einsteiniana, l'evoluzione del concetto di etere che Einstein dapprima ha negato e successivamente riabilitato.

ETERE O NON ETERE?

di Ludwik

L'etere relativistico di A. Einstein è pressoché sconosciuto ai fisici e ai filosofi. La maggioranza di essi è convinta che Einstein abbia fatto sparire la nozione di etere dalla fisica. Questa convinzione, o opinione, è divulgata nei libri di testo, nelle enciclopedie e negli altri mezzi di divulgazione scientifica. Questa opinione non corrisponde tuttavia alla verità.

È vero che Einstein, a partire dal 1905 fino alla sua morte, negò l'esistenza dell'etere della fisica del XIX secolo, particolarmente dell'etere di Lorentz - connesso con lo spazio assoluto - riguardato come un sistema privilegiato di riferimento per la descrizione delle leggi della natura.

Ma, nel 1916, dopo la definitiva formulazione della relatività generale, Einstein ha introdotto un nuovo concetto di etere. Questo nuovo etere è definito etere relativistico, in quanto - secondo Einstein - la sua esistenza non viola il principio ristretto e generale di relatività, ed è quasi sconosciuto.

Einstein, dopo aver introdotto il nuovo concetto di etere, deplorò la sua precedente negazione considerandola troppo radicale. Per esempio, il 15 novembre 1919, scriveva a Lorentz:

"Riguardo al problema dell'etere, presenterò il mio parere ampiamente alla prossima occasione. Sarebbe stato più giusto se mi fossi limitato - nelle opere pubblicate precedentemente - a sottolineare soltanto la inesistenza della velocità dell'etere, anziché difendere la totale inesistenza dell'etere. Perché vedo che con la parola "etere" si esprime niente altro che il modo in cui lo spazio deve essere portatore delle proprietà fisiche." (1)

Vent'anni più tardi, nel 1938, scriveva nel suo libro "Evoluzione della Fisica": "Nel corso dell'evoluzione della scienza la parola "etere" ha cambiato più volte significato ... La sua storia, anziché essere conclusa, si prolunga nella teoria della relatività". (2)

Come si vede, l'opinione secondo la quale il colpo decisivo all'ipotesi dell'esistenza dell'etere fu portato dalla teoria della relatività non è esatta. Possiamo soltanto dire che la teoria della relatività allontanò dalla fisica la vecchia nozione di etere. Prima di illustrare la nuova concezione di etere, la nozione relativistica, presenterò lo sviluppo storico delle idee einsteiniane che lo riguardano.

I. Evoluzione storica delle idee einsteiniane sull'etere.

Nel periodo in cui A. Einstein, ragazzo di 15 o 16 anni, abitò a Pavia e a Milano, con i suoi genitori, scrisse il suo primo lavoro "scientifico" intitolato "Über die Untersuchung des Ätherzustandes im magnetischen Felde" (Sulla investigazione dello stato dell'etere nel campo magnetico). (3) A quel tempo Einstein credeva nell'esistenza di un etere elastico che riempie tutto lo spazio e che trasporta la luce con diverse velocità. Credeva all'esistenza dell'etere anche durante i primi anni di studio al Politecnico di Zurigo e voleva anche costruire un apparecchio per constatare il moto della terra rispetto all'etere. Nella sua mente nacquero varie idee di tale apparecchio. Eccone una presentata dallo stesso Einstein: "Invano cercavo nella letteratura una chiara evidenza sperimentale di un vento dell'etere. Allora ho voluto io stesso verificare il vento dell'etere rispetto alla terra. Quando pensavo di farlo non dubitavo dell'esistenza dell'etere o di un moto della terra in esso. Pensavo di realizzare un esperimento che prevedeva l'uso di due termocoppie: si dovevano mettere degli specchi in modo tale che la luce proveniente da una singola sorgente fosse riflessa in due diverse direzioni, una parallela al moto della terra e l'altra antiparallela. **Pensando a quel problema, durante gli anni dei miei studi, sono arrivato a conoscere lo strano risultato dell'esperimento di Michelson**". (4)

Negli ultimi anni del secolo scorso sorsero, nella mente di Einstein, vari dubbi sull'esistenza dell'etere e sulla validità dell'elettrodinamica dei corpi in moto. Egli ne parla in una lettera scritta, probabilmente nel luglio 1899, alla sua fidanzata, Mileva Maric:

"Sono sempre più convinto che l'elettrodinamica dei corpi in moto, come è presentata adesso, non corrisponde alla realtà e che sarà possibile presentarla in maniera più semplice. L'introduzione del

nome "etere" nelle teorie dell'elettricità ha condotto all'idea di un mezzo del moto del quale si poteva parlare, io credo, senza dovergli attribuire alcun senso fisico". (5)

Nel 1901 Einstein pensa nuovamente alla costruzione di un apparecchio per constatare l'eventuale vento dell'etere rispetto alla terra. Scrive all'amico Marcel Grossman: "Per investigare il moto relativo della materia rispetto all'etere luminoso sono arrivato a pensare ad un nuovo metodo assai più semplice, basato sulle abituali ricerche sulle interferenze". (6)

L'anno 1905 fu fecondo di lavori per Einstein. In quell'anno pubblicò infatti 5 articoli su "Annalen der Physik" e 13 recensioni su "Beiblätter zu den Annalen der Physik". (7) Nell'articolo, di quell'anno, intitolato "Sull'elettrodinamica dei corpi in moto", nel quale formulava la sua teoria della relatività ristretta, Einstein cominciò a negare l'esistenza dell'etere (più esattamente dell'etere di Lorentz, identificato con lo spazio assoluto e dotato di proprietà fisiche), considerandolo come superfluo: "L'introduzione di un etere luminoso si manifesterà superflua, tanto più che nell'ipotesi da sviluppare non verrà introdotto "uno spazio assolutamente in quiete" corredato di particolari proprietà, né verrà coordinato un vettore di velocità ad un punto dello spazio vuoto nel quale abbiano luogo processi elettromagnetici". (8)

Einstein ha negato l'esistenza dell'etere per 11 anni, dal 1905 al 1916, sia sulle riviste scientifiche che sui giornali, come ad esempio il Vossische Zeitung.

Ecco un brano di un articolo pubblicato nel 1909 su di una rivista scientifica: "Non si può arrivare a qualcosa di soddisfacente se non si rinuncia all'idea di etere...

La teoria della relatività ha dunque cambiato a tal punto le nostre idee sulla luce che questa non ci appare più come l'ondulazione di un mezzo". (9)

Ed ecco un brano dal Vossische Zeitung: "Fra i principali risultati della teoria della relatività indichiamo qui i due che devono, interessare anche gli inesperti. **Il primo consiste nel fatto che l'ipotesi dell'esistenza di un mezzo, che riempie lo spazio e serve alla propagazione della luce, deve cadere. La luce non appare più, secondo la nuova teoria, come lo stato di moto di un mezzo sconosciuto, ma come una entità fisica alla quale si attribuisce un'esistenza indipendente". (10)**

La storia dell'etere relativistico comincia nel 1916. Si può dire che Einstein fu indotto all'introduzione di questo nuovo etere da Lorentz e Lenard. Il famoso fisico olandese Lorentz, che considerava la relatività generale di Einstein un gran successo tanto da aver abbandonato la propria teoria gravitazionale, era tuttavia convinto che sarebbe stato possibile conciliare la relatività generale con il suo etere stazionario, considerato come sistema di riferimento privilegiato. Il 6 giugno 1916 scrisse una lunga lettera ad Einstein nella quale, con l'aiuto di un esperimento ideale, presentava le sue argomentazioni. **Rispondendo a questa lettera, il * 17 giugno 1916, Einstein sviluppando il medesimo esperimento ideale, introduceva il suo "etere non stazionario" da non doversi considerare come sistema di riferimento.** Ecco il passo con la definizione del nuovo etere in cui troviamo il segno di uguaglianza messo fra il tensore metrico $g_{\mu\nu}$ e l'etere:

"Sono d'accordo con Lei che la teoria della relatività generale è più vicina ad una ipotesi di etere di quanto non lo sia la teoria della relatività ristretta. Però questa nuova teoria dell'etere non violerebbe il principio di relatività, in quanto lo stato $g_{\mu\nu}$ = etere non sarebbe quello di un corpo rigido in uno stato indipendente di moto, ma il suo stato di moto sarebbe funzione della posizione determinata da processi materiali". (11) Come si vede, lo spazio fisico connesso strettamente con il tempo, la cui metrica ed i potenziali gravitazionali sono descritti dal tensore metrico fondamentale $g_{\mu\nu}$ della geometria pseudo-riemanniana, costituisce, per Einstein il nuovo etere, l'etere relativistico.

Einstein identifica dunque l'etere con lo spazio-tempo della sua teoria della relatività, ma non rende pubblica la sua nuova idea né nel '16 né nel '17.

Lo farà l'anno successivo, il 1918, in un articolo su "Die Naturwissenschaften" (12), replicando alle obiezioni che gli erano state poste dal fisico tedesco Lenard, insignito di premio Nobel, il quale, in un seminario (tenuto nel 1917 e il cui testo fu successivamente ripreso e ampliato) contro la teoria della relatività (13) **aveva fra l'altro contestato ad Einstein che l'etere, messo fuori gioco dalla teoria della relatività ristretta, era tornato sotto altro nome - quello di "spazio" - nella teoria della relatività generale.**

Nel periodo dal 1918 fino alla sua morte, 1955, Einstein ha scritto circa 15 articoli - la maggior parte pubblicati - nei quali ha interpretato i modelli dello spazio-tempo della teoria della relatività come modelli dell'etere relativistico. Tenendo conto di tutti questi articoli possiamo distinguere tre "tipi" di etere.

1) **Il primo è quello della relatività ristretta.**

Nella descrizione matematica di questo etere i 10 componenti del tensore metrico covariante $g_{\mu\nu}$ sono costanti. Questo etere è rigido, infinito ed indipendente, nella sua struttura, dall'esistenza e dal moto della materia ponderabile. La sua metrica è pseudo-euclidea.

2) **Il secondo è quello della relatività generale.**

Nella descrizione matematica di questo etere i 10 componenti del tensore $g_{\mu\nu}$ non sono più costanti. Gli stati descritti dal tensore $g_{\mu\nu}$ possono cambiare non soltanto da un luogo all'altro, ma anche nel tempo. La struttura di questo etere dipende dall'esistenza e dal moto della materia ponderabile. Questo etere non è rigido. La sua metrica è pseudo-riemanniana.

3) **Il terzo modello dell'etere relativistico è quello della teoria unitaria einsteiniana del campo.**

Nella descrizione matematica di questo etere il tensore simmetrico $g_{\mu\nu}$ (dove $g_{\mu\nu} = g_{\nu\mu}$) non descrive più lo spazio fisico connesso con il tempo di un sistema completo, in quanto la sua struttura geometrica è più ricca di quella degli spazi riemanniani. Si devono introdurre nuovi elementi strutturali per completarne la descrizione, in quanto questo etere deve determinare non solo i fenomeni inerzio-gravitazionali, ma anche quelli elettromagnetici.

Dunque, dall'anno 1916, la fisica einsteiniana dello spazio fisico strettamente connesso con il tempo diviene la fisica del "nuovo etere".

In questa fisica le tre nozioni fisiche "spazio fisico", "etere" e "campo totale" trovano completa unificazione tramite una consequenziale identificazione, sottolineata da Einstein stesso nel 1936: "Lo spazio fisico e l'etere non sono che due espressioni diverse di una sola e medesima cosa; i campi sono stati fisici dello spazio". (14)

La concezione einsteiniana di etere costituisce una graduale "attivazione", "dinamizzazione" e "materializzazione" dello spazio fisico connesso con il tempo. Secondo questa nuova concezione, nella sua formulazione più ampia, lo spazio fisico non costituisce più un "recipiente" passivo e statico od una "arena" fisicamente indifferente e neutrale degli eventi, bensì un "mezzo" attivo e dinamico che determina i processi inerzio-gravitazionali, elettromagnetici ed altri, produzione di particelle elementari inclusa.

Lo spazio fisico inteso come un campo di questo genere possiede energia e massa e quindi natura materiale. Esso costituisce una materia attiva sui generis, per la quale il nome più appropriato è il termine "etere".

Si deve sottolineare, tuttavia, che i tre termini "spazio fisico", "etere" e "campo totale" (che nella teoria della relatività sono, in un certo senso, sinonimi) furono usati da Einstein con diversa frequenza in diversi periodi e con l'attribuzione di diverso valore ontologico al loro significato. Nel periodo 1916-25 (vedi p.es. note 15 e 16) il termine "etere" è usato molto spesso da Einstein, entusiasta, in quel periodo, del nuovo concetto di etere che costituisce per lui la "realtà prima", la realtà ontologicamente più importante: "unter diesen Begriff fallen Gegenstände der Physik" (questa concezione abbraccia tutti gli oggetti della fisica). (16)

Nel periodo 1926-35 prevale il termine "spazio fisico".

Lo spazio fisico ora costituisce per lui la "realtà prima", e possiede le proprietà dell'etere e del campo; dallo spazio nascono le particelle.

"Lo spazio, portato alla luce con l'oggetto corporeo, fatto realtà fisica da Newton, ha ingerito, negli ultimi decenni, l'etere e il tempo, e sembra ingerire anche il campo e le particelle. Esso rimarrà così come l'unico portatore della realtà". (17)

Vedi ancora le note 18 - 21.

Nel periodo 1936 - 55, il termine preferito da Einstein fu "campo totale" ("total field" o "entire field"). (Vedi note 22 e 23).

In questo periodo è il "campo totale" che costituisce per Einstein la "realtà la realtà ontologicamente più importante; secondo lui esso possiede proprietà spaziali e genera le particelle elementari. Ecco due citazioni:

"Lo spazio ha perduto la sua esistenza fisica indipendente, divenendo unicamente laproprietà del campo" (24)

"Lo spazio-tempo non possiede una esistenza di per sé stessa, ma solo come qualità strutturale del campo". (23)

Dall'anno 1925 in poi Einstein usa la parola "etere" sempre più di rado, nonostante ancora nel 1954 (l'anno precedente quello della sua morte) sottolinei che: **"Lo spazio rigido a quattro dimensioni della teoria della relatività ristretta è, in certa misura, un analogo quadridimensionale dell'etere rigido tridimensionale H.A.Lorentz"**. (23)

Si deve sottolineare ancora come Einstein abbia spesso ristampato (o dato il permesso di ristampare) due articoli sull'etere che considerava i più importanti: "L'etere e la teoria della relatività" (del 1920) e "Il problema dello spazio, dell'etere e del campo nella fisica" (del 1934).

Nel 1954, in procinto di ristampare questo secondo articolo, chiese a Carl Seelig, l'editore dei suoi lavori, di ometterne l'ultima parte in quanto non più corrispondente alle sue attuali idee sul campo. Lasciò tuttavia intatta la già citata frase "lo spazio fisico e l'etere non sono che due espressioni diverse di una sola e medesima cosa; i campi sono stati fisici dello spazio". (14)

Questo significa che ancora un anno prima della sua morte Einstein considerava i termini "spazio fisico", "etere" e "campo totale" come indicanti, in un certo senso, la stessa cosa, nonostante nei diversi periodi su indicati avesse posto l'accento ontologico sul contenuto ora dell'uno ora dell'altro. Torniamo ora all'anno 1920, all'anno in cui Einstein pubblicò il primo, ampio articolo sull'etere.

In quell'anno, in Germania, la battaglia contro Einstein e la sua teoria della relatività cominciava ad assumere connotazioni politiche ed antisemite.

Paul Weyland aveva creato una organizzazione, "Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher zur Erhaltung reiner Wissenschaft e.V." (Unione naturalisti tedeschi per la conservazione della scienza pura), il cui scopo principale era la lotta contro Einstein e la sua teoria. Il già menzionato Ph. Lenard e l'altro fisico tedesco Ernst Gehrcke, cominciarono a propagandare una "fisica tedesca", contrapposta alla "fisica ebraica" cui apparteneva la teoria einsteiniana.

Il 24 agosto 1920, il menzionato Paul Weyland organizzò - nella grande sala della Filarmonica di Berlino - una relazione, dal titolo "Considerazioni sulla teoria della relatività di Einstein e sul modo della sua introduzione" (26), ed un seminario antieinsteiniano; all'entrata si potevano ricevere le svastiche ed acquistare il libro di Lenard "Über Relativitätsprinzip, Aether, Gravitation". (12) Dopo la relazione di Weyland il fisico E.Gehrcke tenne il suo seminario dal titolo "Die Relativitätstheorie, eine wissenschaftliche Massensuggestion" ("La teoria della relatività, una suggestione scientifica delle masse"). (27)

Essendo Lenard e Gehrcke strenui difensori dell'etere e dello spazio assoluto, il problema dell'etere fu uno degli argomenti principali del seminario di Gehrcke.

Einstein era presente quel giorno per ascoltare la relazione di Weyland ed il seminario di Gehrcke. Quando l'attacco contro di lui e la sua teoria giunse al culmine egli applaudì, ma qualche giorno dopo (il 27 agosto 1920) pubblicò sul Berliner Tageblatt un articolo dal titolo "Meine Antwort über die antirelativistische Gesellschaft mit beschränkter Haftung" ("La mia risposta alla Società antirelativistica a responsabilità limitata") (28) con le critiche a Lenard e Gehrcke.

Lenard, secondo Einstein, era un buon sperimentatore ma un debolissimo teorico. La lotta, dopo questo articolo, divenne ancora più dura. Nello stesso anno, dal 19 al 25 settembre, ebbe luogo a Bad

Nauheim il Convegno degli scienziati tedeschi. L'edificio destinato al dibattito era circondato dalla polizia, in quanto era stata preparata una dimostrazione antisemita. Grazie a Max Planck, che presiedeva il convegno, la discussione fra Lenard e Einstein non uscì dalla dimensione puramente scientifica.

Uno dei punti fondamentali di questa discussione era l'esistenza dell'etere. Einstein chiamò la nuova definizione di etere: "eine neuartige Definition für den Begriff Àther". (29)

La nuova concezione dell'etere, tuttavia, maturava principalmente nella corrispondenza epistolare tra Einstein e Lorentz. Lorentz sollecitava Einstein perché presentasse ampiamente le sue opinioni sull'etere (30).

Einstein rispondeva che lo avrebbe fatto alla prima occasione opportuna. (1)

Tale occasione si presentò quando Lorentz invitò Einstein ad assumere la cattedra di professore straordinario di fisica a Leiden, in Olanda. Questo nuovo lavoro consisteva nel tenere ogni anno qualche seminario all'Università di Leiden. Einstein dedicò il suo seminario inaugurale al tema "Etere e la teoria della relatività". (15) Il testo di questo seminario, tenuto il 27 ottobre 1920, è stato ristampato molte volte e tradotto in varie lingue.

Eccone qualche citazione. La prima presenta l'argomento principale che, secondo Einstein, ci obbliga ad introdurre un etere:

"Negare l'etere significa in ultima analisi negare tutte le proprietà fisiche allo spazio vuoto". (15)

Le seguenti citazioni riguardano l'etere della relatività ristretta:

"L'immobilità era la sola proprietà meccanica che Lorentz attribuiva all'etere. Tutto il cambiamento operato dalla teoria della relatività ristretta nella concezione di etere consiste nel fatto che essa lo spoglia della sua ultima proprietà meccanica, cioè della immobilità". (15)

"La negazione dell'etere non è necessariamente richiesta dal principio di relatività ristretta. Si può ammettere l'esistenza dell'etere, ma bisogna allora rinunciare ad attribuirgli uno stato di moto determinato, cioè si deve privarlo, tramite un'astrazione, della sua ultima proprietà meccanica, cioè dell'immobilità. (15)

"Si possono immaginare delle entità fisiche per le quali il concetto di movimento esteso ad esse non trova alcuna applicazione. Esse non devono essere immaginate come composte di particelle dalle quali, ciascuna di esse, potrebbe essere seguita nel tempo. Nel linguaggio di Minkowski questo si esprime dicendo: non si deve considerare ogni entità estesa, nell'universo a quattro dimensioni, come composta di linee dell'universo. Il principio della relatività ristretta ci impedisce di considerare l'etere come costituito dalle particelle che si possono seguire nel tempo, ma l'ipotesi di etere in quanto tale non contraddice la teoria della relatività ristretta. Bisogna solo evitare di attribuire all'etere uno stato di moto. (15)

Ecco qualche citazione riguardante l'etere della relatività generale: "L'etere della relatività generale è un mezzo privo di tutte le proprietà meccaniche cinematiche ma che tuttavia codetermina i fenomeni meccanici (ed elettromagnetici)... Secondo questa teoria, le proprietà metriche del continuo spazio-temporale differiscono in prossimità di ogni punto del continuo e sono codeterminate dalla materia che si trova fuori della regione considerata.

Questa variabilità spazio-temporale delle reciproche relazioni dei regoli e degli orologi, cioè il riconoscere che "lo spazio vuoto" non è fisicamente né omogeneo né isotropo, ci conduce a descrivere il suo stato con l'ausilio di dieci funzioni tramite i potenziali gravitazionali $g_{\mu\nu}$, allontanando finalmente l'idea di uno spazio fisicamente vuoto... Nessuno spazio e neppure nessuna porzione di spazio può esistere senza potenziali gravitazionali che determinano le sue proprietà metriche, senza le quali esso sarebbe del tutto inconcepibile... per questo la nozione di etere ha di nuovo acquistato un contenuto preciso, un significato che differisce notevolmente da quelle della nozione di etere della teoria ondulatoria meccanicistica della luce". (15)

"Secondo la teoria della relatività generale lo spazio è dotato di proprietà fisiche; in questo senso esiste dunque un etere. Dal punto di vista della teoria della relatività generale, uno spazio senza etere è inconcepibile, perché in tale spazio sarebbero impossibili non solo la propagazione della luce, ma

anche l'esistenza dei regoli e degli orologi e di conseguenza anche le distanze spazio-temporali nel senso della fisica. Questo etere, comunque, non deve essere considerato come dotato delle proprietà che caratterizzano i mezzi ponderabili, cioè composto di particelle che possono essere seguite nel tempo; la nozione di movimento non può essergli applicata". (15)

Nel 1920 ad Einstein, divenuto famoso in Inghilterra, venne richiesto un articolo, per la rivista "Nature", sullo sviluppo della teoria della relatività. Egli scrisse un articolo di 35 pagine, ma ne venne pubblicato solo un sommario di tre pagine nel 1921. (31) Il manoscritto inedito si trova ora nella biblioteca Morgan a New York, e per questo è conosciuto come "Manoscritto Morgan". Ecco due brani di questo manoscritto, il primo dei quali riguarda l'etere della relatività ristretta ed il secondo quello della relatività generale.

"13/La teoria della relatività ristretta e l'etere.

È chiaro che nella teoria della relatività ristretta il concetto di un etere in quiete non trova posto. Se assumiamo che i sistemi di riferimento K e K' siano equivalenti per la formulazione delle leggi di natura, sarebbe allora una incongruenza mettere alla base della teoria il concetto di un sistema privilegiato. Se mettessimo un etere in quiete rispetto a K e poi quell'etere fosse in moto rispetto a K' non si avrebbe equivalenza dei due sistemi. Per questo, nel 1905, ero del parere che non si potesse più parlare di etere nella fisica. Ma questa idea era troppo radicale, come vedremo quando studieremo la teoria della relatività generale. Ora più che mai è lecito accettare un mezzo che riempia lo spazio; il campo elettromagnetico (e allora anche la materia) possono essere concepiti come suoi stati. Ma non si può attribuire a questo mezzo, in analogia alla materia ponderabile, uno stato di moto in ogni punto. Quell'etere non deve essere concepito come composto dalle particelle la cui identità potrebbe essere seguita nel tempo". (32)

"/22/ La teoria della relatività generale e l'etere.

L'introduzione delle leggi naturali, già viste nella teoria della relatività ristretta, nel quadro più evoluto della teoria della relatività generale non presenta alcuna difficoltà. I metodi matematici erano già pronti nel "calcolo differenziale assoluto" fondato sulle ricerche di Gauss-Riemann e sviluppate particolarmente da Ricci e Levi-Civita.

Si tratta di una semplice generalizzazione delle equazioni, dal caso particolare dei componenti costanti del tensore $g_{\mu\nu}$, al caso dei componenti spazialmente variabili del tensore $g_{\mu\nu}$.

In tutte queste leggi generalizzate, i potenziali gravitazionali $g_{\mu\nu}$, hanno un ruolo che si può brevemente formulare così: essi esprimono le proprietà fisiche dello spazio vuoto. Ma lo spazio "vuoto" non appare più, allora, come vuoto fisicamente, come sembrava nel caso della relatività ristretta.

Si può dunque dire che l'etere è di nuovo risorto nella teoria della relatività generale, benché in forma più sottile.

L'etere della relatività generale differisce da quello della vecchia ottica nel senso che non costituisce niente di materiale nel senso della meccanica. Il concetto di moto non può essergli applicato in nessun caso. Esso non è in alcun modo omogeneo e il suo stato non ha esistenza indipendente, bensì dipende dalla materia che genera il campo.

Poiché nella nuova teoria i fatti metrici non possono più essere scollegati da quelli "propriamente" fisici, i concetti di "spazio" ed "etere" si immedesimano. In quanto le proprietà dello spazio appaiono condizionate dalla materia, secondo la nuova teoria, lo spazio non è più condizione preliminare per la materia; la teoria dello spazio (geometria) e del tempo non può più essere presentata come opposta alla fisica propriamente detta e come indipendente dalla meccanica e dalla gravitazione". (32)

Nei primi lavori sull'etere appartenenti al periodo di introduzione della nuova concezione (cioè nel periodo 1916-20), etere, spazio e campi erano considerati da Einstein come ontologicamente secondari rispetto alla materia. Essi erano concepiti come generati dalla materia ponderabile. Gradualmente Einstein modificò tale opinione.

L'etere identificato con lo spazio ed il campo divenivano per lui man mano la realtà primordiale, ontologicamente prima, rispetto la materia.

I primi segni di questo cambiamento li troviamo nel suo articolo del 1919: "Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?". ("I campi gravitazionali giocano un ruolo sostanziale nella costruzione delle particelle elementari materiali?").(33)

L'opinione circa il primato dell'etere (identificato con lo spazio e il campo) rispetto alla materia è espressa in chiari termini nel suo articolo, pubblicato nel 1924, "Über den Äther" ("Sull'etere") (16), in cui troviamo queste parole: "In una conseguente e coerente teoria del campo, le particelle elementari costituiscono dei "particolari stati dello spazio", oppure "campi di genere speciale". In questo modo tutti gli oggetti sono ricompresi nel concetto di etere". (16)

L'idea del primato dello spazio fisico sulla materia venne divulgato da Einstein particolarmente nel 1930. In uno dei suoi seminari disse:

"La strana conclusione cui siamo arrivati è la seguente: sembra che ora lo spazio debba essere riguardato come cosa primaria, e la materia derivata dallo spazio, cioè come risultato secondario. Ora lo spazio sta muovendosi attorno e si può dire che sta divorando la materia. Abbiamo sempre considerato la materia come cosa primaria e lo spazio come secondario. Ora lo spazio sta vendicandosi e si può dire che sta mangiando la materia.." (20)

Il 1929 ed il 1930 furono anni ricchi di seminari e articoli nei quali Einstein presentava le sue opinioni circa il problema dello spazio, dell'etere e del campo. Nel dicembre del 29 tenne un seminario organizzato dalla Kaiser Wilhelm Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (Associazione Imperatore Guglielmo per il progresso della scienza). Un lunghissimo sommario di tale seminario fu pubblicato sul Deutschen Bergwerks Zeitung del 15 dicembre 1929. (34)

Il testo completo apparve su Forum Philosophicum nel 1930 sotto il titolo "Lo spazio, l'etere e il campo nella fisica". Un altro articolo su quel tema, con l'aggiunta di qualche nuova idea, fu pubblicato sulla rivista "Die Koralle". (18)

Nel 1930, dal 16 al 25 giugno, si tenne a Berlino una Conferenza Mondiale sulle risorse energetiche. È interessante osservare che l'argomento del seminario tenuto da Einstein era il problema dello spazio, del campo e dell'etere. Ciò significa che Einstein era convinto che lo spazio fisico, da lui concepito come realtà prima e possedente - come campo totale - energia e massa, costituisse la più fondamentale risorsa energetica.

Convinto che dallo spazio fisico concepito come campo totale nascessero le particelle elementari, cercava tali soluzioni delle equazioni del campo "che si potrebbero interpretare come rappresentanti dei corpuscoli". (35)

Nel 1935 era convinto di aver trovato tali soluzioni e, insieme a Rosen, le pubblicò su Physical Review nell'articolo "The particle problem in the general theory of relativity", nel quale scriveva: "Le particelle neutre, così come quelle elettriche, costituiscono porzioni dello spazio". (36)

Nel 1934 apparve il suo libro "Mein Weltbild" (La mia rappresentazione del mondo), nel quale troviamo l'articolo "Das Raum - Äther- und Feld-Problem der Physik" ("Il problema dello spazio, dell'etere e del campo nella fisica") con le già citate parole: "Lo spazio fisico e l'etere non sono che due espressioni diverse di una sola e medesima cosa; i campi sono stati fisici dello spazio". (14)

Questo è l'ultimo articolo di Einstein sull'etere, ma anche l'articolo che nei successivi venti anni (cioè fino alla sua morte) sarà più volte ripubblicato con qualche modifica ma senza sostanziali mutazioni delle principali idee sull'etere.

Lo troviamo ripubblicato non solo in ogni ristampa di "Mein Weltbild", ma anche in "Ideas and Opinions", (37) "Essays in Science", (38) "Man and Universe", ecc. Ciò significa che Einstein non aveva cambiato le sue opinioni principali sull'etere pur non avendo pubblicato nuovi articoli su quel tema, e nonostante usasse quasi unicamente il termine "campo totale" negli articoli scientifici.

Ci si potrebbe chiedere come mai, dal 1935 in poi, Einstein non usasse più il termine "etere", nonostante considerasse il campo totale come materia sui generis. Forse una delle ragioni sta nel fatto che la lotta contro di lui e la sua teoria diveniva sempre più dura. Nel 1931 uscì il libro "Hundert Autoren gegen Einstein" ("Cento autori contro Einstein"). (40)

Einstein, scherzando, si chiedeva chi sarebbe stato il centounesimo autore.

Essendo i fondatori della cosiddetta "fisica tedesca", nata in contrapposizione alla "fisica ebraica", strenui difensori dell'esistenza dell'etere, in quel periodo i modelli di etere nascevano come funghi dopo la pioggia e trovavano facile pubblicazione purché fossero in contrapposizione alla teoria della relatività.

Ad esempio, Christof Schrepf nel '34 (41) pubblicò un modello di etere i cui vortici assomigliavano alla svastica, nello stesso anno Lenard con un altro fisico tedesco, Stark, pubblicò un articolo dal titolo "Hitlergeist und Wissenschaft" ("Lo spirito hitleriano e la scienza"). (42)

Così la cosiddetta fisica tedesca aveva come sua anima lo spirito di Hitler e come suo corpo un etere che creava svastiche.

Forse per questo Einstein non volle avere a che fare con tali modelli e non usò più, fino alla morte, il termine "etere", nonostante considerasse lo spazio fisico come materia sui generis.

II. Le proprietà essenziali dell'etere relativistico di A. Einstein

1. L'etere di Einstein costituisce una realtà fondamentale ultrareferenziale.

Einstein, identificando l'etere con lo spazio fisico, ha fatto una chiara e netta distinzione fra gli spazi di riferimento, il cui numero è infinito, e lo spazio fisico in quanto tale che è uno e unico. Secondo Einstein l'etere relativistico non può essere identificato con nessuno degli spazi di riferimento, perché questo significherebbe privilegiare uno di questi, ma solo con lo spazio fisico in quanto tale perché non costituisce alcun sistema di riferimento. Nella teoria della relatività la distinzione fra spazi di riferimento e spazio fisico in quanto tale è molto netta.

Lo spazio fisico in quanto tale, identificato con l'etere relativistico non costituisce in nessun modo uno spazio di riferimento. Nella fisica pre einsteiniana non era così. Lo spazio assoluto, connesso o identificato con l'etere, costituiva anch'esso uno spazio di riferimento. Era uno degli spazi di riferimento, uno spazio di riferimento privilegiato in quanto in quiete assoluta. Nella teoria della relatività il concetto di moto o di quiete si può applicare solo a spazi di riferimento, poiché solo questi sono in moto o in quiete l'uno rispetto all'altro. Ma non si può attribuire nessun tipo di moto, quiete inclusa, allo spazio fisico in quanto tale, perché esso non è né in movimento né in quiete. Questa nozione di moto o di quiete non gli è applicabile: questa idea di Einstein è molto interessante e costituisce la vera novità.

Per renderla più chiara farò il seguente esempio.

Se io mi trovo di fronte allo spazio fisico in quanto tale, secondo la teoria della relatività non riuscirò mai a constatare se sono in quiete o in movimento rispetto ad esso. Se introduco un numero infinito di punti in quiete rispetto a me stesso, introduco il mio proprio spazio che non è lo spazio fisico in quanto tale. Se poi introduco un punto materiale in movimento rispetto a me stesso, ed un numero infinito di punti che sono in movimento rispetto a questo punto materiale, allora ho introdotto uno spazio che si muove rispetto a me, ma anche questo non costituisce lo spazio fisico in quanto tale. Usando questo metodo posso introdurre un numero infinito di spazi composti da punti che sono in moto o in quiete rispetto a me, ma nessuno di questi spazi costituiti da punti materiali costituisce lo spazio fisico in quanto tale. Questo non è composto di punti e costituisce una realtà ultrareferenziale. Ciò significa che esso sta, in un certo senso, al di sopra o dietro ogni spazio di riferimento e costituisce, rispetto a questi, una realtà più fondamentale, che rende possibile la loro esistenza ed il loro moto, ma esso stesso non è né in moto né in quiete.

2. L'etere relativistico è composto da punti e non è divisibile in parti.

Uno spazio di riferimento è di solito connesso con un corpo di riferimento di cui costituisce un prolungamento od allargamento artificiale. Lo introduciamo ammettendo l'esistenza di un numero infinito di punti che sono in quiete rispetto a quel corpo. Tutti i punti che introduciamo costituiscono lo spazio proprio del corpo di riferimento ed il suo allargamento artificiale. Secondo Einstein gli spazi

di riferimento della fisica newtoniana e della relatività ristretta costituiscono delle idealizzazioni degli oggetti fisici praticamente rigidi che sono composti da particelle praticamente immobili.

Gli spazi di riferimento sono dei quasi-oggetti composti da punti che sono in movimento l'uno rispetto all'altro. Lo spazio in quanto tale, identificato con l'etere, non costituisce un quasi-oggetto universale composto da punti in quiete assoluta. Secondo la teoria della relatività, tale quasi-oggetto universale composto da punti immobili non esiste. Secondo la teoria della relatività lo spazio fisico in quanto tale non può essere composto da punti, perché un punto dello spazio costituisce un insieme degli eventi collocali

E la collocalità è un concetto relativo strettamente connesso con uno spazio di riferimento. Eventi che sono collocali in uno spazio di riferimento non lo sono in un altro. Ed è per questo che uno spazio ultrareferenziale non può essere composto di punti.

Lo spazio fisico in quanto tale è strettamente connesso con il tempo fisico in quanto tale. Si deve fare una netta distinzione fra il tempo fisico in quanto tale, che è uno e unico, ed i tempi di riferimento, il cui numero è infinito. Ogni spazio di riferimento possiede il proprio tempo di riferimento. I tempi di riferimento sono composti da momenti, ma il tempo fisico in quanto tale non lo è.

Nella teoria della relatività un momento costituisce un insieme degli eventi simultanei. Tutti gli eventi simultanei appartengono ad un momento. Poiché la simultaneità è un concetto relativo strettamente connesso con un sistema di riferimento, il tempo ultrareferenziale in quanto tale non può essere composto da momenti.

Secondo Einstein, nella descrizione dei movimenti degli spazi di riferimento nello spazio in quanto tale - che rende possibili tali movimenti - si possono usare due rappresentazioni (vedi rif.2): una dinamica ed una statica.

Nella rappresentazione dinamica "non c'è accoppiamento fra tempo e spazio" (2): le posizioni degli spazi di riferimento mutano nel tempo, in quella statica c'è accoppiamento fra tempo e spazio, ed il moto degli spazi di riferimento è rappresentato come "cosa-esistente nel tempo-spazio" (2) che costituisce un continuo a quattro dimensioni.

Nella rappresentazione statica si fa una netta distinzione fra il tempo-spazio in quanto tale, identificato con l'etere relativistico, ed i tempi-spazi di riferimento. In questa rappresentazione ad ogni punto di uno spazio di riferimento corrisponde una linea dell'universo, che costituisce un insieme di eventi collocali, e ad ogni momento di un tempo di riferimento corrisponde uno spazio momentaneo che costituisce un insieme degli eventi simultanei. È chiaro che in questa rappresentazione i tempi-spazi di riferimento sono composti dalle linee di riferimento dell'universo e degli spazi momentanei, ma il tempo-spazio fisico in quanto tale, identificato con l'etere relativistico, non è composto né dalle linee dell'universo né dagli spazi momentanei.

Torniamo alla rappresentazione dinamica.

Ogni oggetto materiale può essere presentato come una entità composta da punti. Anche gli spazi di riferimento che costituiscono dei quasi-oggetti sono concepiti come composti da punti. Fra due punti distinti di un oggetto o di un quasi-oggetto esiste una distanza rappresentabile come segmento di una linea retta o geodetica. Questo rende possibile la divisione degli oggetti e dei quasi-oggetti in parti. Gli spazi di riferimento sono divisibili in parti in quanto costituiscono dei quasi-oggetti composti da punti. Lo spazio fisico in quanto tale, che non costituisce un quasi-oggetto universale composto da punti, non è divisibile in parti pur rendendo possibile l'esistenza degli spazi di riferimento divisibili in parti.

La indivisibilità in parti dello spazio fisico in quanto tale può apparire un concetto strano, in quanto siamo abituati a dividere in parti gli oggetti materiali e gli spazi di riferimento. La scoperta einsteiniana di indivisibilità dello spazio in quanto tale mi sembra essere molto interessante. Per rendere più chiara questa scoperta, consideriamo uno spazio in quanto tale rettilineo ad una dimensione. In questo spazio possiamo introdurre un infinito numero di rette che si muovono l'una rispetto all'altra in una direzione qualsiasi. Tutte queste rette sono divisibili in segmenti in quanto composte da punti.

Ogni segmento esprime la distanza fra due punti. Ma lo spazio in quanto tale rettilineo ad una dimensione non si può dividere in segmenti, non essendo composto da punti. Analogamente il tempo fisico in quanto tale, non essendo composto da momenti, non è divisibile in intervalli di tempo.

Un intervallo di tempo è una distanza fra due momenti. I tempi di riferimento, strettamente connessi con gli spazi di riferimento, sono divisibili in intervalli di tempo in quanto composti da momenti. Il tempo in quanto tale, ripetiamo, non è divisibile in intervalli, nonostante renda possibile l'esistenza dei tempi di riferimento composti da momenti e divisibili in intervalli di tempo. Il tempo in quanto tale rispetto ai tempi di riferimento costituisce una realtà più fondamentale.

Torniamo di nuovo alla rappresentazione statica. Il tempo-spazio in quanto tale, identificato da Einstein con l'etere relativistico, rispetto ai tempi-spazi di riferimento costituisce una realtà più fondamentale. Esso rende possibile l'esistenza dei tempi-spazi di riferimento composti dalle linee dell'universo e dagli spazi momentanei, benché non sia composto dalle linee dell'universo e dagli spazi momentanei.

Il tempo-spazio in quanto tale costituisce un continuo a quattro dimensioni composto dagli eventi, o meglio dai punti-momenti. Tale insieme, o meglio continuo, di punti momenti può essere sottoposto a diverse sezioni. Per esempio, una sezione tridimensionale del tempo-spazio in quanto tale ci dà uno spazio momentaneo di uno dei tempi-spazi di riferimento.

3. L'etere relativistico non è paragonabile ad alcun mezzo materiale composto da particelle.

Einstein, dopo aver sviluppato la sua teoria dell'etere relativistico, supponeva, nel suo programma di ricerche, che le particelle elementari di cui sono composti i mezzi materiali, nascessero dallo spazio in quanto tale concepito come una materia sui generis. Secondo lui, i mezzi materiali composti di particelle nate in tal modo influiscono secondariamente sulla struttura metrica dello spazio fisico in quanto tale connesso con il tempo. Tutti i mezzi materiali composti di particelle possono servire, secondo Einstein, come comodi sistemi di riferimento. Egli stesso usava spesso i mezzi materiali come sistemi di riferimento quando studiava, per esempio, i moti di Brown. Talvolta anche un gas di fotoni gli serviva come un sistema di riferimento. È noto che un osservatore che si muove rispetto ad un mezzo materiale (gas, liquido, ecc.) sente un vento od un incremento di temperatura quando lo fa, per esempio, rispetto ad un gas dei fotoni. La radiazione cosmica di fondo - scoperta dieci anni dopo la morte di Einstein - costituisce anch'essa un mezzo materiale composto da particelle (i fotoni) e può servire come comodo sistema di riferimento in cosmologia. Anche un super gas composto da galassie può servire come sistema di riferimento. La teoria della relatività ammette tali sistemi di riferimento e riconosce la loro influenza sulla struttura metrica dello spazio in quanto tale connesso con il tempo, ma, contemporaneamente, sottolinea che nessuno di essi può essere identificato con lo spazio in quanto tale, perché questi non costituisce in nessun modo un sistema di riferimento. Esso è una realtà ultrareferenziale fondamentale che sta dietro ad ogni sistema di riferimento. Un gas di fotoni, anche quando costituisce la radiazione cosmica di fondo, non può essere considerato, secondo la teoria della relatività ristretta e generale, come un sistema di riferimento assoluto.

Questa opinione è espressa, per esempio, da Pascual Jordan. (43)

Si possono sempre immaginare dei recipienti di gas dei fotoni in movimento l'uno rispetto all'altro e non c'è alcuna ragione di considerare uno di questi gas come sistema di riferimento assoluto. Si può anche immaginare uno spazio vuoto, senza gas di fotoni, senza la radiazione cosmica di fondo.

La graduale attivazione, dinamizzazione e materializzazione dello spazio fisico che ebbero luogo nelle teorie einsteiniane, sono state presentate dall'autore in un altro articolo. (44)

Note

- (1) Lettera di A. Einstein a H. A. Lorentz (15 novembre 1919); item 16494 in Mudd Library, Princeton University. '
- (2) A. Einstein e L. Infeld, "L'Evoluzione della Fisica", Ed. Boringhieri, Torino 1965, p.163.
- (3) A. Einstein, "Über die Untersuchung des ätherzustandes in magnetischen Felde", Phis. Blätter, 27 (1971) 390.
- (4) A. Einstein, "Speech at Kyoto University", December 14, 1922, NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss., Technik, Med., Leipzig.
- (5) Lettera di A. Einstein a Mileva Maric (luglio 1899?); item FK 53 in Mudd Library, Princeton University.
- (6) Lettera di A. Einstein a M. Grossmann (6? settembre 1901) citata in: A. Pais "Subtle is the Lord...", Clarendon Press; Oxford Univ. Press, (1982), p.130.
- (7) A. Einstein, "Beiblatter zu den Annalen der Physik", 1905, 29: 235-238, 240- 242, 246-247, 623-624, 629, 634-636, 640-641, 950, 952-953, 1114-1115, 1152- 1153, 1158.
- (8) A. Einstein, "Zur Elektrodynamik be-wegter Körper", Ann. d. Phys., 17 (1905) 891.
- (9) A. Einstein, "Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung", Phys. Zeitschrift, 10 (1909) 817.
- (10) A. Einstein, "Vom Relativitätsprinzip", Vossische Zeitung, Nr. 209:1, 26 April 1914
- (11) Lettera di A. Einstein a H. A. Lorentz (17 giugno 1916); item 16 453 in Mudd Library, Princeton University.
- (12) A. Einstein, "Dialog über die Einwände gegen die Relativitätstheorie", Die Naturwissenschaften, 6 (1918) 697.
- (13) Ph. Lenard, "Über Relativitätsprinzip, Äther, Gravitation", Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik, 15 (1918) 117.
- (14) A. Einstein, "Das Raum- Äther und Feld-Problem der Physik" in "Mein Weltbild", Querido Verlag, Amsterd (1934).
- (15) A. Einstein, " Äther und Relavitätstheorie", Springer, Berlin (1920).
- (16) A. Einstein, "Über den Äther" Schweiz, Naturforsch. Gesellsch., Verhandl., 105 (1924) 85.
- (17) A.Einstein, "Raum, Äther und Feld in der Physik", Forum Philosophicum 1 (1930) 173.
- (18) A. Einstein, "Das Raum- Feld - und Äther-Problem der Physik", Die Koralle, 5/11/(1930)486.
- (19) A. Einstein, "Das Raum- Feld - und Äther-Problem in der Problem", Second World Power Conference, Transactions, 19 (1930) 1.
- (20) A. Einstein, "Adress at the University of Nottingham", Science, 71 (1930) 608.
- (21) A. Einstein, "The concept of Space", Nature, 128 (1930) 897.
- (22) A. Einstein, "A new form of the general relativistic field equations", Annals of Mathematics, 62 (1955) 128.
- (23) A. Einstein, "Relativity and the Problem of Space", in "Ideas and Opinions", Crown Publ. Inc., New York, Fifth Printing, (1960) 360-377.
- (24) A. Einstein, "The Meaning of Relativity", Fifth Ed. Princeton Univ. Press 1955.
- (25) Lettera di A. Einstein a Carl Seelig (1954) citata in "Mein Weltbild", Ullstein Materialien 1983, p.199.
- (26) P.Weyland, "Betrachtungen über Einsteins Relativitätstheorie und die Art ihrer Einführung", Verlag der Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher zur Erhaltung reiner Wissenschaft e.V., Berlin 1920, Heft 2.
- (27) E. Gehrcke, "Die Relativitätstheorie eine wissenschaftliche Massensuggestion", Verlag der Arbeitsgemeinschaft deutscher Naturforscher zur Erhaltung reiner Wissenschaft e.V., Berlin 1920, Heft 2.

- (28) A. Einstein, "Meine Antwort über die antirelativitätstheoretische G.m.b.H./Gesellschaft mit beschränkter Haftung/", Berliner Tageblatt und Handelszeitung, 27 August 1920 (n.402)_y pp.1-2.
- (29) A. Einstein - Ph. Lenard, "Allgemeine Discussion über Relativitätstheorie", Phys. Zeitschr., 21 (1922) 666.
- (30) Einstein incontrò Lorentz a Leiden nell'ottobre del 1919.
- (31) A. Einstein, "A brief outline of development of theory of relativity", Nature, 106(1921)782.
- (32) A. Einstein, "Morgan Manuscript"; item 2-070 in Mudd library, Princeton University, p.15 e p.34.
- (33) A. Einstein, "Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle? ", Preussische Akad. d. Wissensch., Sitzungberichte, pt.I (1919) 349-356.
- (34) Prof. Einstein spricht über das physikalische Raum- und Äther- Problem", Deutsche Bergwerks-Zeitung, 15.12.1929, p.II.
- (35) A. Einstein, "Physik und Realität", Franklin Institute Journal, 221 (1936) 313 347.
- (36) A. Einstein e N. Rosen, "The particle problem in the general theory of relativity", Physical Review, ser.2, vol. 48 (1935) 73.
- (37) A. Einstein, "Ideas and Opinions" Crown Publ.Inc., New York, 1954.
- (38) A. Einstein, "Essays in Science" Philosophical Library, New York.
- (39) A. Einstein, " The problem of space, ether and the field in physics", in "Man and the univers", Ed. by Saxe, Commins and R.N.Linscott, Random Hou 1947.
- (40) H. Israel, E. Ruckhaber, R. Weinmann ed., "Hundert Autoren gegen Einstein", R. Voigtlanders Verlag, Leipzig 1931.
- (41) Chr. Schrempf, "Der Weltäther als Grundlage eines einheitliche Weltbildes" Otto Hillmann, Verlag - Leipzig 1934, p.72.
- (42) Ph. Lenard e J. Stark, "Hitlergeist und Wissenschaft", in: J. Stark "Nationalsozialismus und Wissenschaft", Zentralverlag der N.S.D.A.P., Frz. Eher Nachf., München 1934, pp. 5-7.
- (43) P. Jordan, "Albert Einstein", Verlag Huber, Frauenfeld und Stuttgart, (1969).
- (44) L. Kostro, "Einstein's conception of the Ether and its up-to-date Applications in the Relativistic Wave Mechanics", in "Quantum Uncertainties", Ed. by W. Honig, D. Kraft, E. Panarella, Plenum Pres, New York and London 1987, pp. 435- 449.

Altri articoli di L. Kostro riguardanti Einstein:

- 1) "**Einstein and the Ether**", Electronics and Wireless World, vol.94, N.1625 march 1988, pp. 238-239.
- 2) "**Mackinnon's soliton on top of Einstein's relativistic Ether**", in "Problems in Quantum Physics", Gdansk '87, ed by L. Kostro, A. Posiewnik, J. Pykacz, M. Zukowski, World Scientific Publishing Co. Singapore-New Jersey 1988.
- 3) "**Kròtki zarys dziejów koncepcij eteru A. Einsteina**", Spraw. Gdanskiego Tow. Naukowego, 14 (1988) pp. 105-109.

<p>Copyright Società Editrice Andromeda In concessione esclusiva per Frigidaire/Primo Carnera s.r.l.</p>
