



P.A.E. von Lenard (1862-1947)

Über Relativitätprinzip, Aether, Gravitation

Von P. Lenard - S. Hirzel Verlag, Leipzig, 1921

Principio di Relatività, Etere, Gravitazione

di P. Lenard - Editore S. Hirzel, Lipsia, 1921

Traduzione di Pasquale Tomasello, Ottobre 2008

[Nota del traduttore: Lo stile linguistico del Lenard è qui assai involuto (invero anche altrove) e la sua resa nella nostra lingua, tenendo conto che si tratta di un tedesco essenzialmente ottocentesco, non è stata particolarmente agevole. Nonostante la saltuaria collaborazione di un fisico di madrelingua tedesca, in qualche punto ci si è dovuti arrendere alle difficoltà del testo. Il risultato colà non è sempre pertanto soddisfacente appieno, né scevro da interpretazioni filologicamente discutibili. Si ritiene comunque di aver nel complesso raggiunto un accettabile livello di fedeltà e leggibilità, mantenendo forse anche un po' del *flavour* che emana dallo stile tipicamente concettoso di quella lingua, e quindi infine fatto cosa utile agli studiosi di fisica che nutrissero curiosità, non solo di natura storica, verso un'opera oggi quasi del tutto sconosciuta, ma che ebbe grande influsso nel dibattito acceso sulla Relatività negli anni immediatamente successivi alla fine della I Guerra Mondiale.]

In questo opuscolo il principio di Relatività viene considerato diversamente di quanto comunemente accade oggi, cioè senza quella critica e cautela che in ogni caso si deve presupporre nello scienziato e che per altro era prima assai comune qui in Germania. In esso ogni persona familiare con la scienza della Natura dovrebbe essere in grado di seguire facilmente il discorso, poiché in fondo si tratta di cose semplici - come tutte le cose profonde - e qui noi assegniamo particolare valore all'assunto punto di vista del senso comune. Vogliamo dire in vero il senso comune dell'intelletto d'uno scienziato della Natura coltivato però dal costante esercizio di tenere presente nel suo lavoro tutte le conoscenze empiriche e sempre anelante a sintetizzare unitariamente queste conoscenze per possibilmente farne delle semplici concezioni ed immagini.

Quando questo semplice senso comune intellettuale, e potremmo aggiungere anche sano, in tutto ciò che gli viene comunicato dal mondo esterno ai suoi organi sensoriali, egli valuta il dato empirico più che i bisogni interiori, allora quegli è giustificato dalla conoscenza acquisita ad affermare che lo spirito umano non è, come dire, angusto, ma bensì assai più vasto che i suoi bisogni interiori e nel ricercare le caratteristiche della Natura ci si può aspettare con certa probabilità fin dappprincipio di fare un promettente lavoro concordante con quella: Poiché molteplicemente infinito è il pensabile, ma solo uno è il Reale, e solo a quest'ultimo lo scienziato si deve attenere.

Voler affrettare arditamente i fatti - fare ipotesi - appartiene certo da sempre ai privilegi più belli ed anche più utili dello scienziato. Ma facendo ciò egli deve procedere con giudizio e discernimento e non senza riguardi, ed essere sempre pronto ad inchinarsi ai fatti senza mai dimenticare che è veramente solo un caso quando una delle sue ipotesi resiste alla prova dei fatti reali e quindi significa una scoperta. Dunque egli, in certo qual modo, solo con titubanza e pudore dovrebbe essere incline a spacciare per verità e/o riconoscere come tale solo ipotesi, creazioni dello spirito umano¹.

Partendo da questa premessa allora si capisce il fascino del Principio di Relatività generalizzato [NdT: d'ora in avanti PRG] che vuol comprendere

¹ Quanto più "ardito" s'è dimostrato un ricercatore, tanti più sono i punti, in genere, nelle sue pubblicazioni che alla lunga non hanno retto; ciò può essere illustrato con esempi del passato e del presente (più facili in quest'ultimo caso). Perciò l'audacia del ricercatore non merita grande apprezzamento come invece quella del guerriero; ché questi col suo ardire impegna la sua vita, mentre quello per lo più trova per le sue sparate tolleranza ed oblio. Qualche volta l'arditezza ascritta al ricercatore sembra consistere solo nel fatto che fin dappprincipio essa venga calcolata abbastanza e senza scrupolo a discredito della serietà e solidità della letteratura scientifica contando infine solo sulla propria innocuità. Questa temerarietà non è certo qualità tedesca.

l'intera fenomenologia naturale, come pure il desiderio che il principio si possa dimostrare com'è e senza aggiunte e limitazioni, una scoperta, e noi in quanto segue ci sforziamo di vedere quanto ciò sia giustificato².

Ma sinché noi consideriamo le discrepanze tra questo principio ed il mondo esterno che lasciano scontento ed insoddisfatto il semplice senso comune, quel desiderio non può e non deve essere considerato realizzato o realizzabile. Il ricercatore può e persino deve con fervore attenersi e perseguire ogni traccia e segno d'ogni discrepanza là dove egli la scovi. Poiché son proprio questi segni di discrepanza che formano le speranze del futuro domani scientifico; finora essi hanno indicato sempre vie nuove e conoscenze che allora, una volta comprese, in punto di fatto hanno anche condotto alla soddisfazione del comune senso intellettuale³.

Quando dunque fosse giustificato sprezzare uscite che sembrano artificiose dalle difficoltà e discrepanze, allora si può, come sarà mostrato nel seguito di questo opuscolo, pretendere una limitazione, una ammenda del PRG. Con ciò in vero a codesto principio verrà contestato non solo il "significato filosofico" che alcuni ammirano particolarmente, bensì verrà discusso di come il PRG sia in senso rigoroso errato, e cioè che esso contenga accanto al corretto anche l'errore e che senza le pensate limitazioni ciò che di esso rimane - il semplice Principio di Relatività speciale [NdT: d'ora in avanti PR, si veda quanto se ne dice poco più oltre] e il Principio di Gravitazione [NdT: d'ora in avanti PG] - non sarebbe infine abbastanza prestigioso e ragguardevole per valere qual una grandiosa conquista.

L'amalgama di spazio e tempo - un potente ausilio per la trattazione matematica - allora è lecito dapprima metterlo di canto quando si vuole introdurlo nel senso d'un fondamento della concezione della natura come pretende il PRG e, se si vuole, definirlo un oscuro vaneggiamento della mente. Ed al suo posto invece prestare rinnovata attenzione al medium riempente lo spazio, all'etere, dicendo chiaramente che questo, con le contorsioni dei seguaci del detto principio, l'hanno tacitamente e silenziosamente nei loro discorsi ribattezzato "spazio", non è stato eliminato affatto o reso superfluo, bensì che in esso si potrebbe inverare il meccanismo da scoprire, mostrantesi qual connessione tra spazio e tempo, per spiegare le cose del mondo esterno, anziché dirottare tale connessione e

² In verità noi qui desideriamo considerare però il difensore e il nunzio del PR sempre un ricercatore e non un "relativista" (v. nota 11).

³ Si pensi alla teoria del flogisto e la sua eliminazione come teoria scientifica, alla teoria materiale del calore e sua eliminazione per mezzo di osservazioni di contraddizioni, che dapprima si cercò di coprire con concezioni sussidiarie favorite dai successi della teoria sotto attacco.

relazione nelle necessità concettuali del nostro io interiore, cioè volerla incorporare nel semplice e sano senso comune delle cose. Lo stesso etere col suo meccanismo e le sue proprietà, dovrà annodare idee e concetti con tutte le rimanenti conoscenze - come i quanti di energia - che oggi invero sono divenute irrinunciabili, ma pure ancora separati da bui crepacci dalla, per altro, collegata conoscenza, così che finora purtroppo li si può solo adoperare procedendo a tastoni se pur con il senso di essere in esso vicini ad una relazione fondamentale tra etere e materia, di sfiorarla e pur senza ancora vederla, come quando avviene la trasformazione d'un quanto di energia presente in eccesso dentro l'atomo in un quanto di luce che allora abbandona l'atomo come treno d'onde etereo.

Che anche la gravitazione deve essere mediata dall'etere - con tutto ciò che gli pertiene - non lo si può mettere in dubbio fin dal principio, dopoché la concezione dell'etere ha conservato la sua giustificazione attraverso una imponente massa di conoscenze; ciò verrà particolarmente rimarcato nel presente poiché esiste, rappresentata in eccesso, la veduta delle scarse prospettive dell'impresa, a voler riconoscere dettagli e singole cose del meccanismo di codesta mediazione. Ma se in tanto, d'altra parte, questa forza gravitazionale di esperienza quotidiana e familiare, eppure certo anche così remota, diventa più vicina alla nostra comprensione, allora, naturalmente, non si può non applaudire; non è escluso che per essa si giunga anche ad una migliore possibilità di comprensione dell'etere. In punto di fatto il signor Einstein ha eretto un potente armamentario matematico che potrebbe procurare tale servizio e si dimostri l'edificio matematico corretto e senza errori, allora sarà l'esperienza - forse si può sperare presto - a mostrare in che misura ed altezza essa è adoperabile (singole parti di essa devono di nuovo essere smontate a motivo della sostenibilità) e ciò che in dettaglio è il valore della teoria che da colà si produce.

Prefazione alla seconda edizione

La prima edizione⁴, come mostra la seguente parte generale, fu scritta in seguito alla conoscenza, divenuta di dominio pubblico, dei lavori di Paul Gerber sulla gravitazione ed il moto di Mercurio; e quell'originario testo forma anche ora la parte principale del presente scritto; esso è stato mantenuto⁵, perché dopo la considerazione e valutazione del detto motivo, ancora oggi valevole di essere

⁴ "*Sul Principio di Relatività, Etere e Gravitazione*", composto nel 1917 e prima apparso su *Starks Jahrbuch der Rad. und Elek.*, Bd 15 pag. 117, 1918, e quindi anche qual scritto speciale sotto lo stesso titolo presso l'editore S. Hirzel, Leipzig 1918.

⁵ Qualcosa, poiché il "relativista" nulla di illuminante ha contrapposto (compara i pertinenti passi del presente), forse si sarebbe potuta porre in forma più determinata e precisa; tuttavia la originaria composizione parve offrire ancora il suo particolare interesse e la forma adoperata certo ancora abbastanza chiara.

citato, tosto seguì la transizione a punti di vista più generali, e poiché gli avvenimenti degli ultimi trascorsi due anni nulla di essenziale hanno prodotto da indurre ad apportarvi dei cambiamenti. Tuttavia qui e là sono state fatte delle aggiunte⁶ che tengono conto di qualche novità e che dovrebbero rendere facilmente comprensibile, assieme alla precedente introduzione, lo scopo ed il fine del tutto. Le aggiunte riguardano le osservazioni dell'ultima recente eclisse totale di sole che, da ultimo, in relazione al nostro tema, hanno suscitato sensazioni notevoli non tutte giustificate scientificamente ed una dichiarazione del signor Einstein su quello scritto⁷.

Per quanto poi riguarda le dette osservazioni astronomiche in che esse avrebbero confermato una previsione dedotta dal signor Einstein dal PRG, cosa che in verità - supposta provvisoriamente prova non così facilmente confutabile della conferma di detto principio - sarebbe d'alto interesse, ma per cui certo è da aggiungere la ponderazione che così ancora in nessun modo si è di fronte ad una conferma certa del principio generalizzato di Relatività con tutto il suo contenuto "sconvolgente", è cosa che nel seguito dovrebbe venire chiarita e spiegata più in dettaglio e meglio che nell'edizione precedente.

Riguardo ancora alle dichiarazioni del Signor Einstein⁸ rispetto al presente scritto, e rese note al pubblico attraverso un cosiddetto "relativista", esse non erano e non sono, secondo me, affatto convincenti ed in punto di fatto esse sfiorano solamente o non toccano per niente certi punti principali del mio punto di vista⁹.

⁶ Nuova rispetto alla precedente, v. pag. 8 e segg.; inoltre le note 19 pagina 6 e e le aggiunte alle note 17 e 23.

⁷ Ed è deprecabile che la stampa comune si sia così tanto e con insistenza occupata in cose su cui essa non avrebbe potuto esercitare alcun ruolo chiarificatore. Una stampa tedesca in ciò avrebbe potuto evitare l'impressione, diciamo così, di stupita meraviglia per gli esperti, come se da noi qui in cose di Scienza si fosse rinviati alla sentenza inglese. Ché gli osservatori dell'eclisse solare fossero inglesi non ha nulla a che fare con la valutazione dei risultati. Solo nella misura in cui il popolo tedesco sarebbe stato rinviato a nazioni estere, come se specialisti tedeschi del settore non fossero capaci ed inclini a ben intenzionati giudizi circa vicende e prestazioni scientifiche interne o in genere a giudizi pubblici, cosa che in vero è un grosso errore fondamentale che si sta verificando, ma che di certo deve essere rimediato a poco a poco. Sarebbe stato meglio eliminarlo, questo errore, con un costante coinvolgimento di possibilmente molti esperti del settore per scopi pubblici, come accade in Inghilterra. Ma in verità noi per tal fine avremmo avuto bisogno d'una abbastanza diffusa stampa realmente tedesca.

⁸ A. Einstein, "*Dialog über Einwände gegen die Relativitätstheorie*", *Die Naturwissenschaft.*, 29 Nov 1918.

⁹ Che la cosa insoddisfacente delle dichiarazioni sia perciò solo stata causata - cosa ben possibile - dal fatto che esse siano avvenute attraverso un "relativista", e cioè attraverso qualcuno che vuole combattere o forse solo lasciarsi apparire possibilmente in buon luce,

Se io ora su ciò con la presente occasione mi ci addentro, ciò non significa per me un contributo all'avanzamento della scienza, ma solo per la ragione espressa alla fine della parte generale che ora tosto segue. E per mostrare che il punto di vista del semplice e sano senso comune delle cose, da cui qui noi abbiamo preso le mosse, mantiene inalterata la sua validità e giustificazione. Questa cosa mi appare oggi assai importante e molto più che la pubblicazione d'una nuova edizione, e cioè una più generale necessità presente per il mantenimento, reso ancora più riconoscibile, di codesto punto di vista.

Del Principio di Relatività, Etere e Gravitazione

Parte Generale.

La ristampa dell'articolo di Gerber sul moto del perielio di Mercurio negli *Annalen der Physik*¹⁰ mi sembra cosa assai lodevole e da ringraziare. Poiché per un lavoro che tratta un tema così importante, qual la gravità, e pur sempre bisognevole di nuove investigazioni e studi, e che ha portato così anzitempo ad un risultato considerato manifestamente corretto, cioè la relazione tra il moto del perielio di Mercurio e la velocità della luce, che 18 anni dopo il signor Einstein¹¹ avrebbe ex novo derivato dal principio di relatività, era senza dubbio auspicabile in modo da poter essere accessibile alla generale comunità scientifica. La detta importante relazione tra asse della traiettoria, eccentricità, spostamento del perielio e velocità della luce è in accordo con la esperienza astronomica finora acquisita non solo per il pianeta Mercurio, bensì anche per gli altri rimanenti pianeti, e per ciò ogni studio che cerchi di metterla in collegamento con certe caratteristiche della gravitazione dovrà per forza stimolare il più grande interesse.

Gerber, che per primo ha prodotto questa relazione matematica, credeva d'averla provata equivalentemente alla ipotesi che la propagazione della gravità avvenisse con la velocità della luce; Einstein fondò la sua derivazione sulla

poiché egli è seguace dello stesso - e non voglia trattare secondo conoscenze della realtà - allora ciò potrebbe in futuro essere rimediato.

¹⁰ "La velocità di propagazione della Gravità" di **Paul Gerber** (M. 1909), *Programmabhandlung* del Realgymnasium di Stargard, Pomerania (1902), fatto ristampare da Ernst Gehrcke, *Ann. d. Physik*, Bd 52, pag. 415, 1917. Vedi pure E. Gehrcke, *ibidem*, Bd 51 pag. 119, 1916. La derivazione della formula di Gerber per il moto del Perielio di Mercurio era già apparsa nel 1898 sulla rivista *Zeitschrift für Mathem.*

¹¹ A. Einstein, *König. Preuss. Akadem. der Wissen.*, 1915, pag. 831

ipotesi d'una generale validità del principio di relatività e giunse così parimenti alla velocità della luce qual velocità di propagazione del campo gravitazionale¹².

L'articolo di Gerber è stato duramente criticato¹³, io desidero d'altro canto mostrare che il PRG come punto di partenza non è affatto soddisfacente. Mi sembra infatti necessario far presente che esso sia bisognevole d'una limitazione;

¹² A. Einstein, *König. Preuss. Akad. d. Wissen.*, 1916, pag. 688.

¹³ R. Seeliger, *Ann. d. Phys.*, Bd 53, pag. 31, 1917; M. von Laue, *ibidem*, Bd 53, pag. 214, 1917. Si è proceduto con il lavoro di Gerber in maniera vistosamente severa persino in tribunale; molti lavori che hanno adoperato difettosamente il loro strumentario sono giudicati, in presenza di risultati finali utili, con molta indulgenza; sì qualche volta - sotto circostanze favorevoli - persino eretti a modelli. La matematica e l'arte sperimentale io, al riguardo, li considero strumenti alla stessa maniera qual mezzi di lavoro ed esse in pratica sono entrambe, secondo il punto di vista qui nel presente assunto, solo strumenti per gli scopi dello scienziato. Una differenza consiste solo nel fatto che all'utilizzatore dello strumento matematico si può ad ogni momento e anche in seguito controllare bene le cose che racconta nella misura in cui egli espone e dipana la sua strada passo dopo passo in formule o a parole, mentre una cosa analoga per lo sperimentatore è ben assai difficile da conseguire. Quando quest'ultimo, perciò, in esperimenti pasticciati incorre in due o più errori (cioè non c'è corrispondenza tra premesse e condizioni sperimentali), o non li tiene abbastanza lontani con pieno comando, ma che però nel risultato finale (forse solo casuale) si compensano abbastanza o non agiscono in modo essenziale, allora (se il risultato è giusto), sotto favorevoli stelle, il suo lavoro viene giudicato convenientemente con favore, sì, persino preso come provato, mentre esso non è niente affatto tale e l'autore deve il suo risultato solo al buon fiuto e ad alquanta fortuna. In analoghe condizioni se lo strumento è la matematica, allora la valutazione è diversa quando si scoprono singoli errori commessi nel ragionamento e si può cogliere lacune essenziali. Si deve ben concedere che simili irregolari valutazioni per ragioni e cause esterne, però difficilmente accadono. Al riguardo ci sarebbe un esempio, in certo qual modo un controesempio rispetto al lavoro di Gerber ed in tutto adatto ad illustrare il problema prima, or ora discusso; l'assai nota determinazione del rapporto e/m e v per i raggi catodici, con la conclusione derivatane sulla natura degli stessi, un lavoro il cui apparato sperimentale non m'è mai parso scevro da obiezioni e critiche (v. "*Über den Kathodenstrahlen*", *Verl. w. W.*, Berlin, 1920), che però non m'ha certo impedito di farlo valere, poiché per mezzo d'una mia esecuzione sperimentale in linea di principio ineccepibile io mi ero convinto che il suo risultato era giusto (v. *Wied. Ann.*, Bd 64, pag. 280, 1898); per altro il lavoro - cosa che in vero può meravigliare un po' - viene definito decisivo e messo in prima fila tra i suoi affini. Il lavoro di P. Gerber - per quanto io vedo - di simili o anche in genere d'un qualche riconoscimento da parte della comunità scientifica non ha potuto godere affatto, forse solo perché esso ha dato alla critica troppi spunti di attacco. Ma io credo tuttavia che più avanti si renderà piena giustizia al fiuto di Gerber, se la propagazione della gravità con la velocità della luce e la formula per il moto di perielio di Mercurio si dimostreranno corrette; poiché si sa che risultato e prova spesso sono due scoperte distinte e separate, delle quali la prima giunge in anticipo, e anche se a Gerber si dovesse solamente questa, ben precedentemente alla invenzione del PR, e così prodotta in una stagione ancora acerba sulla questione, allora ciò tuttavia è sempre valevole espressamente di riconoscimento. Si osservi ancora che appena un anno prima, un rapporto (P. Drude, *Wied. Ann.*, Bd. 62, pag. 1, 1892) redatto su decisione dell'assemblea degli scienziati tedeschi sulla questione della gravità e delle forze a distanza, aveva mostrato nel modo più chiaro già allora la più completa ed onnipresente impotenza.

al contrario di una spesso assai sottolineata enfasi d'una sua validità affatto generale. Nello stesso tempo si dovrebbe mettere in risalto che il PR in nessun modo esclude l'etere, cosa che invece viene presentata qual caratteristica peculiare di questo principio e che la meccanica dell'etere, inclusa la elettrodinamica, in nessun modo dovrebbe essere considerata senza alcuna prospettiva. Infine per rendere intuitivo e comprensibile quest'ultimo punto di vista in riferimento alla gravità, verrà dato un meccanismo elettromagnetico della gravitazione che in certo qual modo si può anche considerare indipendente da ulteriori ipotesi sull'etere.

In tutti codesti punti e connessioni mi esprimerò dal punto di vista d'uno scienziato la cui concezione del mondo fisico è di quella cosiddetta di seconda specie, che io altrove e prima ho spiegato¹⁴, e che anche qui nel presente scritto di nuovo assumo e indico, tenendo particolarmente a rimarcare ciò per dimostrare che quand'anco io volessi essere in tutto e per tutto chiaro e definitivo su questo assunto punto di vista, tuttavia non m'appartiene l'atteggiamento di disconoscere l'altro punto di vista - concezioni del mondo naturale di prima specie - con tutti i suoi vantaggi e le sue giustificazioni, in modo che alla fine e fondamentalmente l'attitudine qui assunta con vigore al riguardo mi deriva, fra l'altro, dalla constatazione che negli ultimi decenni esso raramente e scarsamente è stato espresso in modo chiaro e netto venendo trattato di solito tacitamente e dimessamente e considerato quasi inesistente, non presente, nell'ambito delle opzioni gnoseologiche, pur essendo esso il punto di vista del semplice senso comune e perché questa situazione di fatto potrebbe togliere ai futuri ricercatori, di disposizione e formazione non prevalentemente matematica, la speranza di raggiungere nelle loro attività risultati e mète oltre le puramente tecniche, prestazioni di qualche risultato importante.

Il Principio di Relatività esiste in una duplice accezione e dominio fenomenico; come semplice PR e come PRG. Il primo si riferisce solo ai moti uniformi, l'altro dovrebbe essere valido per ogni tipo di moto (Einstein, 1905, 1914 rispettivamente). In confronto alla quotidiana e familiare esperienza c'è una grossa differenza tra questi due principi che io qui voglio mettere bene in evidenza e risalto. Mentre infatti il primo corrisponde proprio direttamente a questa esperienza, sembra essere una peculiarità speciale del secondo - benché questo dovrebbe valere sempre e dappertutto, affermando la relatività di tutti movimenti - il fatto che nessun singolo esempio dell'immediata esperienza quotidiana possa essere portato a sostegno della sua validità, che possa schiarire ed illuminare il senso comune, il quale d'altra parte si sente essere guidato

¹⁴ P. Lenard, "*Dell'etere e della materia*" ("*Über Aether und Materie*"), Heidelberg, b. Winter 1911, pag. 5 segg..

meglio dalla esperienza sulle cose del mondo materiale che da esigenze e bisogni filosofici.

Si consideri l'esempio del viaggiare in una carrozza d'un treno, nel quale entrambi i PR offrono buone possibilità di spiegazioni e commenti. Sì tanto che il movimento del treno è nettamente uniforme non c'è modo e mezzo alcuno per decidere se è il treno a muoversi e la terra ferma o viceversa, questa in moto e quello fermo. Ciò corrisponde al PR semplice e ne spiega il suo schietto significato; che la costituzione del mondo materiale naturale ad ogni istante impedisce di poter distinguere moti uniformi dalla quiete e quindi sarebbe permesso solo studiare i moti uniformi dei corpi relativamente gli uni agli altri nella misura in cui tutti i fenomeni e le loro leggi rimangono inalterati in tutto e per tutto da preesistenti moti uniformi solidali con l'osservatore.

Questo vecchio PR, cosiddetto ora "speciale", è ben fondato sulla esperienza. Come è noto esso si è dimostrato risultato finale di molteplici ed imponenti impegni di acume e sforzi di vario genere che anche i più sofisticati e sottili mezzi non sono riusciti discriminare chiaramente moti uniformi (in pratica sufficientemente vicini al moto uniforme matematico) da quelli assoluti; cosicché di fatto si potrebbe o si dovesse tentativamente fare l'ipotesi di supporre di aver riconosciuto in esso una infallibile caratteristica, una peculiarità fondamentale del costruito dell'intero mondo fisico, che ora, all'incontrario, si sarebbe potuta utilizzare con fiducia per deduzioni e previsioni di vario genere¹⁵.

C'è invero sotto molti aspetti simiglianza tra questo semplice PR e quello dell'energia. Entrambi, grosso modo, si equivalgono quanto alla portata e significato e forse anche in fecondità; ambo i principi hanno questo di speciale; di produrre previsioni senza addentrarsi negli ultimi dettagli dei pertinenti fenomeni, previsioni che per altro spesso ed in genere sarebbe, o sarebbe stato, molto difficile ottenere. Ma essi si assomigliano pure nel fatto che si fondano in parte su risultati negativi - il principio dell'energia, com'è noto, riposa sulla impossibilità del *Perpetuum Mobile* - e dunque forse anche nel fatto che questi principi abbisognino certo tempo per penetrare nel rigido armamentario dello scienziato critico¹⁶.

¹⁵ I principali fondamenti di questo principio finora consistono, com'è noto, nell'esperimento di Michelson assieme al dato di fatto dell'aberrazione stellare ed ancora le ricerche in costante raffinamento delle azioni dinamiche sui raggi catodici veloci. Ma anche tutte le conseguenze deduttive che già sono state estratte dal principio e mostrarle in collegamento con altri diversamente provati principi o con altre esperienze controllabili, potrebbe continuare a contribuire ancora al suo consolidamento.

¹⁶ Nel caso del principio dell'energia, grosso modo, si può dare una spanna temporale di 20 anni trascorsi dall'enunciato di R. Mayer fin alla piena dimostrazione e conferma ottenuta con

Bisogna dunque solo aspettare se l'esperienza - nella derivata concezione per mezzo della costituzione del principio - apporterà solo conferme o smentite¹⁷.

In questo sviluppo si è così giunti alla già detta generalizzazione del PR secondo cui questo sarebbe valido non solo per i moti uniformi, bensì per tutti i tipi di movimento. Il PRG afferma dunque - volendogli ascrivere un semplice significato fisico, cosa che com'è noto, principi profondi sempre permettono ed ammettono nel modo più tranquillo - la impossibilità d'un riconoscimento assoluto dello stato di moto varrebbe anche per moti vari, in quando che in casi di affatto arbitrari moti tutti i fenomeni dovrebbero trascorrere esattamente nello stesso modo e lasciare indecisa la domanda se è l'osservatore in moto o tutto l'ambiente a lui circostante ad eseguire il movimento.

Si faccia ora compiere all'immaginato treno un chiaro e definito moto disuniforme¹⁸.

Quando dunque in tanto, per azioni inerziali, nel treno tutto così si sfascia e va in rovina, mentre là fuori tutto rimane intatto, allora io sono dell'idea che nessuno di sano senso comune vorrebbe tirare da ciò altra conclusione che quella di essere stato proprio il treno che con uno strattone ha cambiato il suo

la macchina a vapore e che si dimostrarono necessari per eliminare a poco a poco ogni sorta di dubbi.

¹⁷ La richiesta, spesso associata al PR, che lo scienziato per far concordare le concezioni ed i costrutti del suo intelletto con la realtà, come è giusto che sia, abbia a cambiare il suo concetto di tempo, è abbastanza lecito - volendo - considerarla una esagerazione. Naturalmente si può adoperare, per l'essenziale sua utilità nella trattazione matematica, il concetto del tempo relativistico; ma la pretesa che ciò dovrebbe essere il concetto di tempo del pensiero fisico, per come mi pare, riposa su d'un equivoco tra impossibilità tecnica ed impossibilità concettuali. E' tecnicamente impossibile mantenere il ritmo d'un qualunque orologio in assoluto accordo con il comune concetto di tempo ed è pure così con una ineccepibile e senza obiezioni constatazione reale di simultaneità tra due luoghi lontani. Nel senso del PR queste impossibilità indicherebbero cose molto profonde; esse però sono solo di natura tecnica perché hanno a che fare con la costituzione delle sostanze a disposizione (Materia ed Etere); non impediscono però affatto di pensare il tempo come comunemente si fa, per esempio di pensare il tempo per cui si può ben concepire un assoluto e simultaneo accadere di eventi qui e su d'una arbitraria e lontana stella. L'artificiosa, e in tutta completezza anche assai difficile, eliminazione di questa libertà del pensiero non porterebbe allo scienziato più vantaggi che quella, si potrebbe pretendere parimenti grosso modo, della confusione o dell'equivoco del concetto di lunghezza con quello di temperatura - se lo si volesse - a motivo della conoscenza del fatto che tutte le reali lunghezze sono mutevoli con la temperatura.

¹⁸ Ho scelto intenzionalmente un esempio grossolano e semplice ove i contorcimenti di lunghezze dei regoli e dei tempi degli orologi - come essi di fatto appaiono ogni qualvolta si pensa di scoprire qualche errore nella Relatività speciale - non giocano alcun ruolo.

movimento e non l'ambiente esterno. Il PRG pretende invece, secondo il suo semplice significato, anche in questo caso di ammettere che sarebbe in certo qual modo possibile¹⁹ che sia stato l'ambiente ad aver sperimentato un cambiamento di velocità e che allora l'intero sfascio nel treno sarebbe stato una conseguenza di codesto strattone del mondo esterno sul treno, mediato per mezzo di una "azione gravitazionale" di questo mondo esterno all'interno del treno²⁰.

Da questo semplice esempio si scorge immediatamente la tempra lacunosa del PRG; ch  esso non vuole cercare con assoluta decidibilit  il movimento accelerato laddove le azioni inerziali compaiono, bench  proprio la comparsa di codeste azioni sul piano sperimentale siano indubitabilmente traccia e segno del moto disuniforme del pertinente sistema²¹.

¹⁹ Si va incontro ad errori se qui - oppure parimenti considerando la rotazione terrestre attorno al suo asse (v. nota 21) - si vuole scansare l'alternativa di due ipotesi mutuamente esclusive e si cerca la sede del moto, e in sua vece si vuol vedere "due specie di sistemi di riferimento equivalenti in linea di principio per rappresentare la stessa relazione delle cose" (come fa un "relativista", v. pag. 9). Perch  come scienziati noi vogliamo studiare non l'ammissibilit  o la opportuna comodit  matematica di variabili di posizioni, ma vogliamo ottenere vedute e concezioni della realt  consistenti e senza contraddizioni, e al riguardo due sistemi di coordinate, di cui uno porta a velocit  superluminali dei corpi materiali - cio  al dilemma di esperimenti concettuali illeciti (nota seguente) - mentre l'altro no, non sono affatto equivalenti. Si giunge cos  alla equivalenza solo allorchando si rinuncia al significato fisico delle coordinate, ove le contraddizioni si fanno palesi e quando si interpreti solo le volute e cercate equazioni finali, cosa che perch    chiaramente arbitraria e si pu  persino avere la impressione d'una visione fantasma.

²⁰ Azioni gravitazionali ed azioni inerziali possono mutuamente scambiarsi in punto di fatto perfettamente, poich  entrambi, notamente, sono proporzionali alla massa senz'alcun riguardo alla sostanza (in primis per esperienza e poi secondo definizione di massa); tuttavia una forza proporzionale alla massa si pu  riguardare qual forza gravitazionale quando   presente o esistente il corrispondente centro materiale attrattore; altrimenti - come si vede palesamente nel nostro esempio del treno - si ha da constatare azioni inerziali (nelle rotazioni dette forze centrifughe). La ipotesi di campi gravitazionali senza centri di gravit  solo allo scopo di lasciare apparire valido in generale il PR, sarebbe arbitraria ed ingiustificata. Se questi congetturati campi gravitazionali sono pi  che puri ausili matematici, se sono immagini della realt  cui necessariamente spetta un posto nella concezione dello scienziato, allora ci  si potr  mostrare dai successi nei quali questi campi di forza dovranno giocare un ruolo essenziale, e che tradiranno il loro peso, nella realt . Finch  questi casi non saranno verificati   molto pi  semplice e anche al momento l'unica cosa naturale prendere la comparsa di questi simili "campi gravitazionali" come segno che si sarebbe applicato il PR a casi per i quali esso non   valido. In questo senso noi abbiamo finora qui proceduto.

²¹ Proprio questa esperienza, che le azioni inerziali in un sistema di corpi mai una volta compaiono senza un moto disuniforme di questo sistema, ha notamente condotto alla definizione della inerzia qual propriet  inerente e caratteristica della materia di ogni tipo di resistere alle variazioni di velocit . E non costituisce affatto obiezione il fatto sperimentale che in ogni caso solo adoperando sistemi di riferimento disuniformi essa si pu 

Ma simili inconsistenze e lacune non possono aiutare a superare alcuni pregi del PRG, anche allorquando esso in ampii circoli appare vestito della pretesa che gli si dovrebbe immolare a vittima le concezioni tradizionali²².

Piuttosto è, al contrario, chiaro che vittima sia da sacrificare al detto PRG; e secondo quanto sopra giusto visto la si può chiamare in causa e definire così: il PRG deve abbandonare la sua presunta validità generale ed affermare non più la "Relatività di tutti i movimenti", bensì deve almeno limitarsi a quei movimenti che si svolgono sotto l'influenza di forze proporzionali alle masse (come la forza gravitazionale). In tali movimenti di fatto le azioni inerziali vengono a cadere, ma che in altri casi invece tradiscono assolutamente essere il luogo di movimenti accelerati e con ciò procurano al PR quel disagio ed imbarazzo rispetto al senso comune. Per esempio all'interno di un sistema di riferimento che cade liberamente verso la terra, nonostante il moto accelerato, non intervengono affatto azioni inerziali cosicché qui può mancare la possibilità di decidere se il movimento appartenga alla terra o al sistema di riferimento. Qui, in questo caso, dunque il PRG sarebbe valido; in ogni caso non si vedono intervenire grossolane contraddizioni come nel caso del moto accelerato del treno (il cui movimento

mettere in evidenza; poiché in appropriati casi si può osservare che solo - o prevalentemente - in uno d'entrambi i sistemi di riferimento fenomeni inerziali si manifestano ed invero allora e sempre proprio in quel sistema solamente in virtù di masse cui possono essere ascritte variazioni essenziali di velocità. Io dunque considero di generale validità la proposizione: "*Un sistema in cui si mostrano azioni inerziali è in uno stato di moto disuniforme*", anche se essa sta in contraddizione col PRG, sinché questo lo si vuol far sempre e comunque valere per tutti i movimenti. Si noti espressamente in tanto, che la proposizione inversa in generale non vale; un moto disuniforme non è sempre connesso con azioni inerziali - si veda quanto sopra. Anche la rotazione, qual caso speciale di moti disuniformi, può venire provata assolutamente per mezzo di azioni inerziali come, p.es. col pendolo di Foucault. I nunzi del PRG negano una simile prova irrefutabile per la rotazione terrestre e la vogliono inficiare con dubbi nei quali essi apparentemente trovano un gran divertimento filosofico; essi danno a bere ai loro lettori che, p.es., quell'esperimento del pendolo si svolgerebbe nella stessa identica maniera sia che terra ruoti attorno al suo asse rispetto all'universo o sia quest'ultimo a ruotare attorno al suo asse intorno alla terra. Non saprei dire in vero se essi in tanto osservino che la nuda contemplazione di questa alternativa (con la messa fuori gioco del sano discernimento di Copernico e di Galileo) equivale e risulta in un illecito esperimento concettuale - ed in vero proprio dal punto di vista del PR - quando in esso corpi celesti non proprio lontani devono essere supposti muoversi con velocità di diversi ordini di grandezza più grande che la velocità della luce, mentre nello stesso tempo la semplice possibilità di tale velocità equivarrebbe a provare la invalidità del semplice (Speciale) PR; un dilemma di certo per il PRG, che compare del resto per ogni rotazione, sì tosto che la stessa la si voglia concepire relativisticamente indistinguibile.

²² Neanche quelli in sé molto promettenti e vantaggiosi di natura euristica che comunque si possono ben ascrivere al principio. Anche il principio del calore di Carnot non fu affatto infruttuoso, ma comunque - in senso rigoroso - non era corretto.

diventa accelerato in conseguenza di forze non proporzionali alle masse, p.es. quelle di attrito). Questa limitazione al PRG qui proposta ai casi di azioni esclusive della gravità appare importante quando ci si ricordi la pienezza e varietà delle forze esistenti che almeno nei fenomeni terrestri ben vi partecipano da sempre e che sono tutte non proporzionali alle masse: con ciò allora il PRG non può più essere presentato come prescrittivo per la "descrizione della Natura" o necessario per la formulazione delle leggi generali della Natura. Al cospetto di "filosofi" ed altro pubblico, quando il principio è stato presentato con queste pretese, esso ci può perdere molto, al cospetto dello scienziato, così mi pare la faccenda, un principio attraverso un consolidamento del suo dominio di validità all'interno del quale sia mondato da ogni contraddizione ci potrebbe solo guadagnare. Si giungerebbe così ad un "PRG limitato" che si potrebbe meglio chiamare "Principio gravitazionale"(PG). Proprio in riferimento alla gravitazione Einstein ha adoperato il principio anche nei suoi noti studi sul moto dei pianeti e sulla propagazione della luce nei pressi di grandi masse gravitazionali con così notevoli successi che ancora promettono ulteriori progressi di nuova specie. Se l'arbitrario pasticcio di giuste conclusioni con innovative pretese non è necessario e urta il semplice senso comune delle cose - come pare essere secondo quanto sopra detto - allora sarebbe auspicabile purgarle da quelle.

Novità rispetto all'edizione precedente

Poiché non si è prodotta alcuna contraddizione avversa alla separazione tra il "principio di gravità", che si riferisce solo ai movimenti sotto l'influenza gravitazionale proporzionale alle masse e non esercita alcuna fastidiosa pretesa al semplice senso comune, ed il PRG einsteiniano, che dovrebbe invece valere per tutti i movimenti, ma che contiene in maniera essenziale le sopracitate discrepanze, allora noi consideriamo corretta e giustificata questa separazione²³.

Essa appare sempre e solo ancora più importante da recente; perché le sopracitate conclusioni del PRG che sono controllabili con gli esperimenti, e che da ultimo hanno attratto particolare e tanta attenzione, riguardano solo la gravità; il loro riscontro negli esperimenti dunque riguarderebbe solo il principio di gravità e non - come sembra generalmente essere supposto - il PRG.

²³ Per inficiare questa qui richiesta separazione si dovrebbe dimostrare che la derivazione dello spostamento del perielio e degli influssi gravitazionali sulla luce diventano invalidi se si limita il PRG a forze gravitazionali proporzionali alle masse. E questo sinora non è stato fatto; al contrario queste derivazioni si riferiscono, per quanto si può vedere, proprio solamente ad azioni gravitazionali. Del resto si compari al riguardo la pagina dell'appendice ove anche il principio gravitazionale appare senz'altro insoddisfacente.

Volgendoci ora ai dettagli dei recenti confronti con l'esperimento, allora si rimarcherà che pure la conferma anche solo del principio di gravità per mezzo degli esperimenti non è affatto lecito considerarla come incondizionatamente certa, quando si vuole evitare di dare l'impressione di trattare la faccenda con impropria superficialità. Perché l'esame e la conferma delle conseguenze sinora effettuate del principio di gravità sono circondati di peculiari difficoltà.

La prima conclusione controllabile con l'esperimento riguarda la curvatura del raggio luminoso passante vicino ad una grande massa gravitazionale come quella del Sole. Sarebbe infatti di straordinaria importanza sapere se questa deviazione del raggio luminoso data da Einstein sussiste e se l'occasione di esaminarla nell'ultima eclisse di sole è stata adoperata a buon diritto e al meglio di come le circostanze hanno permesso. Qui però al riguardo non si deve dimenticare che si tratta del problema di sapere se l'osservata deviazione del raggio è realmente conseguenza del campo gravitazionale regnante sulla superficie solare e non, p.es., solo conseguenza d'una qualche altra causa collaterale, come p.es., l'inevitabile curvatura del raggio nella indubitabile atmosfera solare stessa. Fino a che quest'ultima questione non sarà meglio studiata e chiarita di quanto finora reso noto, si è rinviati ad ulteriore attesa. L'indagine accurata e soddisfacentemente plausibile non può essere qui facile perché si tratta solo di minuti e piccoli spostamenti al limite della misurabilità che le posizioni delle stelle nelle vicinanze del sole dovrebbero subire e poiché finora si è rinviati alla rara e di breve durata eclisse solare e le corrispondenti collezioni di nuovi dati. La medesima grande difficoltà dell'eliminazione delle circostanze accessorie e non pertinenti al fenomeno, è anche presente nell'altro caso del moto del perielio di Mercurio²⁴. Al riguardo qui si deve ricordare gli studi circostanziati di Seeliger²⁵, nei quali viene mostrato che l'osservato spostamento di perielio di Mercurio, che corrisponde alla equazione di Gerber, dovrebbe intervenire anche senza la validità del principio einsteiniano, se nei dintorni del sole fossero distribuite certe masse sulla cui presenza o meno è alquanto difficile decidere. Se è presente anche solo una parte consistente di queste masse supposte da Seeliger - cosa che a priori non è affatto improbabile nella loro opportuna piccolezza intorno alle vicinanze d'un così grande ammasso centrale, qual il Sole, che di fatto si porta appresso tante masse delle quali ancor oggi continuamente ne vengono scoperte di nuove - allora il principio

²⁴ Da notare che anche nel terzo caso esistente finora delle possibilità di provare il Principio di Gravità, cioè nel caso dello spostamento delle linee spettrali di grossi corpi celesti, si è nelle medesime condizioni. Anche qui fenomeni estranei (stavolta effetto Doppler, influenze di posizioni, influssi di interazioni di linee spettrali vicine) si frappongono parecchio ingombranti sulla strada di dirette conclusioni.

²⁵ R. Seeliger, "*La luce zodiacale e termini sensibili nel moto dei pianeti interni*", *Sitz Ber. Muench. Akad. d. Wissen.*, Bd 36, pag 595, 1906. Compara al riguardo anche E. Freundlich, *Astron. Nachr.*, Bd 201, pag 201, pag. 49, 1915 ed ancora R. Seeliger, *ibidem*, pag. 275.

gravitazionale non può essere corretto e tanto meno il PRG. Poiché il discusso principio, in combinazione con queste masse produrrebbe un altro valore, più grande, dello spostamento del perielio di Mercurio che quello in esso realmente osservato. Si vede da ciò lo speciale interesse del compito importante che gli astronomi dovrebbero dedicare ancora alla speciale attenzione ai dintorni del sole. Si riuscisse quindi a provare l'assenza di una sensibile parte delle supposte masse di Seeliger, allora ciò deporrebbe a favore del principio di gravità²⁶; ma venga provata la presenza ed esistenza di codeste masse vicine al sole, allora il principio deve essere errato o alternativamente in qualunque punto deve essere sfuggito qualche cosa di importante²⁷.

Poiché ora il principio di gravità deriva dalla proporzionalità alle masse nella gravitazione, volendo, si può anche procedere in modo tale che questa proporzionalità della massa venga supposta già abbastanza certa dalla esperienza cosicché allora anche questo principio - che è solo una parte del PRG - già fin dall'inizio potrebbe apparire fondato e sicuro²⁸. Anche le conclusioni che da esso ne deriverebbero sarebbero a priori abbastanza affidabili: la deviazione del raggio luminoso presso il sole senza quella, senz'altro da aspettarsi, compartecipazione dell'atmosfera solare e considerando certa l'assenza delle masse di Seeliger intorno al sole, c'è ancora da analizzare solo la tacita premessa della correttezza dei procedimenti matematici di Einstein a giocare ancora certo

²⁶ "Provato" il principio non lo sarebbe così affatto, cosa che qui in tanto sarebbe da rilevare; poiché è un grosso errore del pubblico profano supporre che complessa conoscenza scientifica della natura - Principi, leggi naturali - possa essere "provata" attraverso una singola conferma per quanto vistosa. Al contrario si tratta sempre solamente d'una costante crescita di fiducia e seria e grave affidabilità nella esclusione di confutazioni nel suo costante uso nei confronti dell'esperienza. Ciò si fonda sul fatto che corretti risultati e conseguenze possono ben essere ottenuti e dedotti anche da principi errati, cioè da principi che contengono mescolati il falso ed il vero (v. nota 22); solo la falsità d'un principio può essere provata ed in vero ciò accade con la comparsa d'un singolo irrefutabile e provato disaccordo con la esperienza.

²⁷ Di fatto si è supposta a volte la luce zodiacale qual conseguenza e dunque anche come prova di masse, come quelle di Seeliger, all'interno della traiettoria di Mercurio; pur tuttavia l'origine di questa luce non sembra ancora sufficientemente chiarita per poter essere senz'altro tirata in ballo come conseguenza di alcunché.

²⁸ I mezzi e gli strumenti di prova per la proporzionalità alle masse della gravitazione riposano negli studi ed esperienze di Galileo, Newton, Bessel e nella terza legge di Keplero come pure nelle raffinate esperienze di Eötvös degli ultimi tempi. Le sostanze diverse comparate le une con le altre in quest'ultime esperienze sono di larghissimo spettro; un caso ancora alquanto poco studiato è quello speciale dell'elio e dell'idrogeno. Questi due elementi offrono un caso estremo di costituzione atomica assai diversa una dall'altra; essi esibiscono la massima deviazione dalla proporzionalità di massa nell'assorbimento di raggi catodici. Si studierebbe la proporzionalità di massa del loro peso al meglio con misure possibilmente assai precise della velocità del suono, le densità calcolate dalla velocità del suono per i due gas dovrebbero risultare proporzionali ai loro pesi specifici misurati con la bilancia, v. pag. 21.

ruolo. Il merito di Einstein sarebbe allora in tanto la scoperta ed investigazione delle relazioni che si derivano dalla proporzionalità delle masse nella gravità fin a quei singoli risultati. Il PRG riferito a tutti i tipi di moto e di forze con le sue antipatiche pretese e sfide che urtano così tanto il senso comune delle cose, in tutto ciò, dopo la sopra spiegata separazione tra esso ed il principio di gravità, rimane ancora e tutto fuori gioco; che si ami mescolarlo con le dette conoscenze e prestazioni, sembra cosa riguardante certo gusto, sinché non venga provata la impossibilità di quella separazione e si dovrà ammettere che certo gusto alle difficoltà contorte del pensiero che non sono imposte dalla natura delle cose è lecito considerarlo contro natura.

Sarebbe alquanto diverso - e forse ciò può divenirlo in futuro - se venissero trovati fatti che non solo depongono a favore del principio di gravità bensì realmente per il PRG medesimo in maniera irrefutabile, fenomeni che si attagliano al particolare nocciolo di idee di quest'ultimo principio e si dimostrino come fenomeni realmente esistenti nella realtà fisica e lontani all'altro modo di pensare. Simili fenomeni sarebbero i supposti campi gravitazionali senza origine e centro di gravità, di cui abbiamo parlato prima (v. nota 21), e che dovrebbero essere la causa di quelle azioni inerziali che compaiono nei moti disuniformi sotto l'influsso di forze non proporzionali alla massa. Segni univoci della sussistenza e presenza di simili campi gravitazionali dovrebbero apparire da tempo già in massimo grado in ogni studio e ricerca - che qui ancora - così chiare e aperte domande.

Qui si potrebbe essere di fronte ad un caso simile a quello occorso al tempo di Maxwell nella elettrodinamica. Le equazioni di Maxwell contenevano pur sempre già campi di forze elettriche senza centri di elettrizzati, corrispondenti in sé stessi a linee di forza elettrica convergenti che fin ad allora nessuno aveva mai osservato; essi si sarebbero dovuti manifestare nelle onde elettriche, la cui esistenza a quel tempo era incerta, come oggi lo è quella di questi campi gravitazionali che simulerebbero la inerzia²⁹.

Fu Hertz, com'è noto, colui che dal dominio delle possibilità sollevò le onde elettriche in quello della realtà, e colui che attraverso questa impresa di ricerca trasformò la "teoria maxwelliana" da una interessante, nuova, ma secondo temperamento più o meno succedanea comprensione, nella allora unica

²⁹ Si osservi che il nostro confronto non dovrebbe essere inteso a significare alcuna obiezione contro la esistenza di onde gravitazionali che dovrebbero senza dubbio essere emesse dai centri di gravità mobili se alla gravità competesse una finita velocità di propagazione. Onde simili hanno sempre certamente centri di gravità come origine.

rappresentazione possibile della realtà che appariva utile e giovevole per tutto ciò che prima era avvenuto³⁰.

Si deve ancora attendere per sapere se la "Teoria della Relatività" troverà il suo Hertz - per quanto i suoi interventi nei particolari riescano o meno - e questa attitudine di attesa è qui tanto più in massimo grado giustificata perché si tratterebbe di pretese e sfide che mirano ad un radicale cambiamento della nostra profonda maniera di concepire i fenomeni naturali, come allora con la introduzione della teoria maxwelliana in luogo della teoria delle azioni a distanza.

Se i campi gravitazionali che mimano l'inerzia sono più e altro che semplici costruzioni matematiche ausiliarie per il mantenimento del suo PRG, allora ciò si deve mostrare negli esperimenti; allora nei fatti il naturale senso comune delle cose d'uno scienziato, finora usato, sarebbe bisognevole di grandi mutamenti per potersi realmente esso definire naturale e sano, concordante con la natura.

Qui è anche il luogo e l'occasione per dire perché io non trovi giusta e corretta la risposta del signor Einstein alle mie obiezioni contro il suo PRG derivate dal comune senso intellettuale³¹.

Einstein si appella anche al "sano discernimento" d'un macchinista del treno, il quale dichiarerebbe anche invalido ed errato il semplice e vecchio PR limitato ai moti uniformi, perché quegli affermerebbe "che è lui che deve alimentare la caldaia ed oliare la locomotiva e non la terra e perciò è certamente la prima a

³⁰ Allora si diceva che la teoria maxwelliana sarebbe "di colpo" diventata una certezza - similmente a come si fa oggi da parte di alcuni col PRG. E in realtà però fu solo con un colpo che divenne sicura - quando le vecchie teorie elettrodinamiche con le loro concezioni delle forze a distanza non corrisposero più alla realtà in senso rigoroso - cioè quando si parli di validità per tutti i casi - e quando perciò queste concezioni delle forze immediate non potè più essere fondamento d'una giusta concezione della Natura. Si sa oggi che anche la teoria maxwelliana ha i suoi limiti senza che ciò in verità richieda una modificazione del quadro complessivo della concezione della natura, poiché ciò che la teoria maxwelliana ha portato ai fondamenti di questo quadro complessivo, cioè l'idea delle forze a distanza mediate, rimane invariato.

³¹ Che la risposta appare del resto alquanto poco circostanziata è già stato detto. I punti troppo poco o niente affatto toccati in essa sono: l'illecito uso di esperimenti concettuali e la limitazione del PRG alla gravità proporzionale (v. nota 21). Concernente il *Gedankenexperiment* si veda del resto la nota 20 alla pag. 6 del presente scritto. La limitazione viene ammessa tacitamente in punti nascosti della risposta - e dunque forse inconsapevolmente - quando viene discusso solo della gravità qual oggetto della applicazione del principio; ma non giova a nulla fare la limitazione solo per applicazioni prevedibilmente verificabili quando certo si sviluppa la generale portata del Principio senza limitazione di sorta e la si presenti come rivoluzionaria (v. ancora nota 21.)

muoversi e non la terra", cosicché - quando noi accettiamo il semplice PR - il "sano discernimento" nei fatti si dimostrerebbe erroneo e bacato. Ma in tanto non viene osservato che quel "sano discernimento" (del macchinista giusto pensato) in realtà non lo è affatto perché quegli trascura cose note che ad una sana persona riflessiva ed intelligente nella pienezza della sua forza intellettuale e conoscitiva non accadrebbe. Il macchinista infatti trascura il semplice fatto che oliare la locomotiva ed alimentare la caldaia sarebbe anche necessario allorché l'ambiente fosse la cosa mobile sui binari, mentre la locomotiva resterebbe in quiete, perché le ruote del treno in ogni caso vengono tenute a terra dalla forza peso ed esse devono girare lo stesso che prima, c'è lavoro d'attrito per il quale il motore deve provvedere con l'alimentazione della caldaia e l'ingrassaggio delle parti mobili affinché il moto relativo continui ad esistere e non cessi - del tutto indipendentemente dalla questione del moto assoluto. Quel sano discernimento, per contro, che noi prima abbiamo opposto al PRG, non trascura alcun fatto noto e così conserva del tutto intatto e valido, al di là della risposta di Einstein, il suo buon diritto a valer e farsi valere fino a che nuovi fatti da scoprire non otterranno proprio un nuovo influsso che la ragione dovrà allora contemplare se vuol continuare a rimanere sana.

L'etere, il medium riempente lo spazio, nella demolizione che i banditori del PR credono di dover fare da ultimo si cerca ancora di eliminarlo, come fosse una palla al piede, come cosa accessoria per cui non si potrebbe più trovare alcun posticino. Tutto ciò a torto. Poiché l'etere non solo è stato - assieme alla materia - componente principale nell'immagine del mondo fisico di scienziati di gran valore ed ancora oggi potrebbe ancora esserlo; si è inoltre anche dimostrato un potente ausilio nella ricerca concreta, cosa che in ogni dettaglio la storia della scienza insegna, in modo particolare laddove essa permette di seguire da vicino la genesi degli avanzamenti della scienza. Si pensi alla fondazione e all'opera di rifinitura della parte principale dell'ottica moderna da parte di Huyghens³² e Fresnel, alla storia della nascita delle equazioni fondamentali della elettrodinamica di Maxwell, alla scoperta delle onde elettriche da parte di Hertz³³. Che altri nelle loro complessive vedute come anche nel loro lavoro

³² Huyghens nella introduzione al suo famoso *"Trattato sulla luce"* in cui esplicitamente introduce l'etere parla della "vera filosofia" (intendendo con ciò la ricerca naturale), "nella quale si riconduce l'origine di ogni azione naturale a ragioni meccaniche" ed afferma: "Si deve fare ciò, secondo il mio giudizio, oppure rinunciare del tutto ad ogni speranza di mai comprendere qualcosa sulla fisica (v. I Classici di Ostwald 20, pag. 10).

³³ Che Hertz nelle sue riflessioni abbia costantemente tenuto presente l'etere come cosa seria ed importante, lo posso testimoniare coi miei propri ricordi personali sugli ultimi anni della sua vita. Manifestamente fu anche l'etere che fece scoprire le onde elettriche senza che egli avesse ritenuto necessario prima leggersi tutti i volumi di Maxwell, bastò solo pensare e riflettere che le azioni d'induzione si propagassero nell'etere con velocità finita e conseguentemente pianificare gli esperimenti di rapide oscillazioni.

possano fare a meno dell'etere non prova nulla contro di esso, bensì è perfettamente comprensibile quando ci si ricordi della duplicità del carattere delle concezioni che l'umano intelletto ha imparato a costruirsi della natura inanimata. Mi sia permesso qui di spiegare codesta duplicità con le parole già altrove usate³⁴:

*"Ora queste vedute o concezioni dello scienziato sono però d'una duplice natura pur sempre rimanendo quantitative nella loro dominante valenza. Esse possono essere o persino esaurirsi in tutto e per tutto in relazioni quantitative tra grandezze osservabili: queste sono quelle di 1° specie. In tanto esse sono perfettamente rappresentabili in veste completamente matematica, in genere per lo più sotto forma di equazioni differenziali. Questa è la maniera che Kirchoff ed Helmholtz hanno privilegiato, dal primo definita la descrizione matematica della natura. Le conseguenze concettuali e logiche di queste, il cui sviluppo esita nell'utilizzo e nell'esame di esse, sono quindi le matematiche conseguenze di quelle equazioni e null'altro. Ma si può anche andare oltre ciò - e si entra così nel campo delle vedute di seconda specie - quando uno si lascia guidare da un convincimento senza di cui la scienza fisica certamente non sarebbe mai progredita, dalla convinzione cioè che tutti i fenomeni nella natura - quanto meno in quella inanimata - sono puri fenomeni del movimento, cioè solo cambiamenti di posizioni d'una data e fissata una volta per tutte sostanza. Allora si tratterebbe in ogni caso di meccanismi e le equazioni che ci si è costruite nel quadro delle vedute di 1° specie devono essere equazioni della meccanica che corrispondono perfettamente a determinati meccanismi e così noi infine possiamo contemplare direttamente questi meccanismi qual vedute ed immagini che noi ci siamo fatti dei fenomeni naturali. Si possiede allora modelli meccanici, modelli dinamici delle cose del mondo qual immagini degli stessi nel nostro intelletto. Modelli meccanici e le equazioni, dunque entrambi i tipi di immagini sono entrambe, quando corrette, affatto equivalenti nei loro risultati che esse producono"*³⁵.

Ne consegue certa luce anche sulla questione della giustificazione della concezione dell'etere o di quella che lo dichiara "un punto di vista superato". Si vede così che le vedute, dette sopra di 1° specie, possono benissimo fare a meno dell'etere fin tanto che esse si vogliono limitare al fatto di fornire nelle loro

³⁴ "Dell'etere e della materia", Heidelberg, Winter, 1911, pag. 5.

³⁵ Si nota da questa spiegazione che io considero le concezioni di 2° specie superiori a quelle di 1° specie, perché quando complete e rifinite sono una continuazione delle ultime benché esse agli inizi, all'incontrario, spesso anticipino in modo introduttivo queste ultime. In verità ciò succede in alcuni punti, per ragioni inerenti allo sviluppo, quando già buone concezioni della prima specie sono esistenti, quando la produzione di complete concezioni della seconda specie ancora non è riuscita e ciò conferisce superiorità alle concezioni di prima specie in tali casi.

equazioni solo relazioni tra grandezze osservabili direttamente. Le concezioni di 1° specie hanno la possibilità di questa limitazione che quelle di 2° specie non hanno; poiché in queste è loro essenziale l'aggiunta tutta obbligatoria d'un "attore nascosto" (l'etere, atomo materiale, l'elettrone) alla loro immagine resa comprensibilmente chiara ed intuitiva. E' facile vedere nelle due vedute o attitudini intellettuali punti di forza e di debolezza³⁶: la possibilità dianzi citata del limitarsi nelle loro equazioni a grandezze direttamente osservabili e dunque così scansare cose poco sicure e complicate è chiaramente un punto di forza delle concezioni di 1° specie, ma anche una loro debolezza: Infatti per il sano discernimento d'uno scienziato odierno con la complessa ed ampia conoscenza attuale non c'è il minimo dubbio che di gran lunga la maggior parte delle cose esistenti pur anco nella puramente materiale natura rimane nascosta ai nostri poveri 5 o 6 sensi e che dunque quella limitazione, che esclude completamente questi attori nascosti, risulta in una angustia di portata veramente terribile. Simile limitazione all'immediatamente osservabile può essere umanamente comprensibile e ben modellata ed adattata all'uomo, quando essa fin dappprincipio riduce tutto ai sensi dell'uomo; ma è anche d'altra parte inumana ed innaturale perché essa rigetta e rifiuta la capacità dell'intelletto umano, ed il suo inestirpabile anelito creativo, ad evocare in maniera propria e pertinente i nascosti attori del dramma naturale. La limitazione in pratica è comoda e leggera da portare perché essa esclude ciò che non è immediatamente controllabile e verificabile, ma anche gravemente limitante e paralizzante quando essa permette ed usa spesso vuote immagini e lascia crepe e lacune nelle immagini sottese la cui portata risulta, come prima notato, terribile e che però devono essere riempite e colmate con corrispondenti artifici matematici.

In queste circostanze e condizioni s'è avuta l'impressione nella, per così dire, eliminazione dell'etere da parte di singoli ricercatori seguaci delle concezioni di 1° specie, d'una incomprensibile arroganza; si dichiara qualcosa per un "punto di vista superato" e di cui - in certe situazioni si dice di poter fare a meno senza poter essere fin dappprincipio sicuri di farne a meno. O si dichiara un abisso

³⁶ Naturalmente entrambe si trovano spesso mescolate assieme, ed è raro che la possibile rinuncia, solo nelle concezioni di 1° specie, all'"attore nascosto" arrivi ad una piena e completa esecuzione. Pure è notevole che ai tempi d'oggi si creda di dover evitare l'etere - come qualcosa di particolarmente sospetto - mentre si è così disinvolti nel tirare in ballo gli elettroni - così come certo tempo fa al contrario si credette di dover evitare le cariche elettriche per limitare meglio le osservazioni alle direttamente osservabili "forze elettriche". In simile attitudine a scansarsi da pur ben dimostrate concezioni si tratterebbe di una specie di bizzarro puritanesimo a vantaggio d'una momentanea direzione nel proscenio degli interessi attuali, cosa che in sé non sarebbe proprio affatto così cattiva, ma che porta facilmente a non badare abbastanza alle cose concrete che di certo sono importanti ed essenziali per il progresso scientifico. Così, p. es., la esplicita ammonizione di Maxwell, allora, contro le cariche elettriche senza dubbio fu d'ostacolo ed impaccio all'avanzata verso l'elettrone.

essere senza importanza e contenuto perché si è stati nella situazione di saltarlo o ignorarlo³⁷.

Notevole è in tanto il fatto che proprio il PRG che sembra contrapporsi all'etere con particolari capacità di esclusione, giunge a "coordinate spaziali" che sono così essenzialmente proprie e caratteristiche a quel principio, ma che - secondo

³⁷ La scoperta dei quanti di luce al suo tempo potrebbe ben apparire come il saltare per un precipizio: Da un lato c'erano le onde di luce, sull'altro i nuovi e misteriosi quanti di luce e l'abisso tra questi e quelle venne lasciato vuoto, cosa che nessuno potrebbe mai biasimare all'ardito saltatore. Ma fu considerevole, nel suo aspetto negativo, la sentenza collegata a quella scoperta (Assemblea Scienz. Tedeschi, Salzburg, 21/09/1909, Verh. d. Deut. Phys. Ges., pag. 482, *Phys. Zeit.*, Bd 10, pag 817, 1909): "*Ma oggi dobbiamo noi ben considerare l'ipotesi dell'etere qual un punto di vista superato*", cosa che per un'attesa composizione delle discrepanze, di interesse nella comunità scientifica, non fu certo rincuorante. Tuttavia io mi sono provato a cercare questa composizione e sono giunto al risultato che i quanti di luce sarebbero la stessa cosa di ciò che da lungo tempo s'è contemplato qual treni coerenti di luce, in vero con la nuova caratteristica aggiuntiva della concentrazione dell'energia lungo un raggio di fissata direzione; quest'ultima proprietà io l'avrei spiegata con l'ipotesi, per altro comprensibile solamente d'un anello di forze elettriche (pensato come discreto anello vorticoso dell'etere) in ognuna delle onde luminose emesse per oscillazioni d'un singolo elettrone (v. "*Dell'etere e della materia*", Heidelberg, 1911, pag. 19 e segg., e lo studio sulla fosforescenza, *Heidelberg Akad.*, 1913, a 19, pag. 34 e ivi nota 61). Qual treni d'onda, come ho con ritardo saputo, anche Lorentz spiega i quanti di luce (*Phys. Zeitschr.*, Bd 11, pag. 369, 1910). Si vede da una simile possibilità di spiegazione, di certo non senza rilevanza per il complessivo impianto della scienza fisica, che i quanti di luce non sarebbero poi infine nulla di così sconvolgente per la teoria della luce, cioè anche riguardo al fatto che essi non provano nulla contro l'ipotesi dell'etere, bensì che essi in essenza concernono una speciale fin allora sconosciuta proprietà degli atomi che emettono luce, cioè quella di essere dotati con dei coerenti treni d'onda di fissata energia collegata alla durata delle oscillazioni. L'idea che il quanto di luce sarebbe un treno d'onde coerente la cui lunghezza d'onda, secondo ciò, in ogni caso sarebbe constatabile con esperimenti di interferenza, ha trovato una evidente conferma nei nuovi esperimenti di W. Wien (*Ann. d. Phys.*, Bd 60, pag. 597, 1919) quando la durata della emissione del quanto di luce venne misurato abbastanza bene. Assai notevole al riguardo è qui la constatabile conoscenza qual immediato risultato osservativo che la energia del quanto di luce è distribuita irregolarmente sulla lunghezza del treno d'onde quando si verifica uno smorzamento graduale dell'atomo emittente (secondo una funzione esponenziale, come accade nel treno d'onde acustico d'una campana colpita con un martelletto), cosicché si produce una fissata lunghezza del treno d'onde solo allorquando si fissa in che stadio dello smorzamento si vuol considerare come raggiunta la fine del processo. Si supponga p. es. la fine del processo a $5/7(?)$ (o più precisamente $1/e^2$) l'intensità iniziale, allora secondo le misurazioni di Wien ne risulta una lunghezza del quanto di luce di circa 10 m, e questa lunghezza in vero - cosa che appare assai notevole - è valida secondo le misurazioni sinora fatte per quanti di luce di ogni lunghezza d'onda. Ne risulterebbe (se è lecito già da adesso fare generalizzazioni in codesti nuovi esperimenti) che la energia di ogni singola onda d'un qualunque quanto di luce è la stessa ad eguale distanza dall'inizio del treno d'onda. Il differente contenuto energetico delle diverse onde smorzantisi lontano dall'origine, nella nostra concezione consisterebbe in differentemente più estese larghezze, misurate perpendicolarmente al raggio, degli anelli delle linee di forza elettriche di queste onde.

variabilità delle loro proprietà - possono ben apparire qual componenti di stati spaziali; per cui si ha l'impressione come se qui l'etere buttato via dalla finestra rientri poi da sé stesso per la porta principale, ma con il nome mutato in "spazio"³⁸.

Però s'è anche intrufolato qualcosa di speciale nella spesso rimarcata e crescente antipatia o ripulsa contro questo medium riempente lo spazio: la manifesta incompletezza delle presenti concezioni dell'etere. Queste concezioni sarebbero complete e l'etere sarebbe provato e consistente senza contraddizioni solo quando se ne disvelasse un intimo meccanismo dei suoi costituenti, grosso modo come è stato svelato il meccanismo interno della materia dopo lo sviluppo della teoria cinetica dei gas. Le equazioni di Maxwell, dunque - secondo qualche loro aspetto - la quintessenza della fisica dell'etere (Luce, elettricità e magnetismo), si dovrebbe poterle derivare da qualche meccanismo dell'etere all'incirca come le equazioni di stato della materia sono state derivate dalla teoria cinetica della medesima. Ma sotto questo aspetto, come è stato sottolineato negli ultimi decenni, con le equazioni di Maxwell non si è riusciti in nulla³⁹. Ciò ha condotto, come sembra, ad una attitudine abbastanza diffusa e comune di rinuncia, di rifiuto verso l'etere forse all'incirca simile a quella visione delle cose esistenti prima del 1878 per i tanti insuccessi nella liquefazione dell'aria ottenibile solo per mezzo di alte pressioni che voleva e chiamava in causa la presenza di gas "permanenti" ed "incoercibili", in contrapposizione ad altri che invece potevano essere liquefatti. Oggi da tempo si sa che ciò allora era un errore di comprensione per il cui instaurarsi s'ha da ringraziare solo l'eccessivo peso di giudizi angusti e miopi; perché - già da tempo, prima che il fatto della

³⁸ La definizione di moto assoluto può essere data al meglio con l'aiuto dell'etere, cioè come movimento relativo all'etere. Il contenuto del PR può essere allora espresso come il fatto che solo moto relativo della materia rispetto alla materia può essere constatato, non però moto relativo uniforme di materia rispetto all'etere (PR originario o speciale). Moto relativo disuniforme della materia rispetto all'etere è però in generale constatabile (attraverso le con essi collegate azioni inerziali, come vedemmo, oppure nei singoli quanti elettrici qual componenti fondamentali della materia attraverso le onde che questi eccitano nell'etere); solo in caso della gravitazione qual forza agente non è possibile realizzare moto relativo disuniforme alcuno della materia rispetto all'etere (ché allora le azioni inerziali qual indicatori vengono a mancare); PRG limitato o meglio detto Principio di Gravitazione.

³⁹ E' da considerare come già prodotta la prova che queste equazioni non sono riconducibili ad equazioni del moto d'un medium, l'etere, riempente lo spazio. Ma anche le equazioni di stato della materia non sono affatto riconducibili a moti d'una materia continuamente diffusa, bensì solo ai moti degli atomi distribuiti discontinuamente e le equazioni di Maxwell sono - come queste equazioni di stato - da considerare solo come equazioni statistiche che valgono unicamente per l'azione complessiva di così tanti elettroni e perdono il loro significato sì tosto che li si volesse applicare ai fenomeni elementari che si svolgono in modo discontinuo (v. *"Dell'etere e della materia"*, 1911, pag. 34). Sull'etere discontinuo parleremo nel prossimo paragrafo.

liquefazione dell'ossigeno facesse aprire gli occhi a tutti quanti - c'erano lavori orientati verso altri punti di vista e concetti che noi oggi associamo al concetto di "temperatura critica". Sarà il futuro ad istruirci in che misura si è qui per lo sviluppo della questione dell'etere in una situazione simile. Quanto a me io escluderei che alla lunga si voglia rinunciare ad una meccanica dell'etere perché ciò sarebbe una rinuncia alla seria e profonda - non solo come ausilio - valorizzazione della concezione geometrica e dinamica nella ricerca ed investigazione della natura. Una rinuncia dunque proprio a quel supporto che finora ha prodotto le cose più grandi, si può dire quasi tutto, nella ricerca di fisica naturale - come si dimostra quando si risale all'origine delle scoperte dei più grandi scienziati ed inventori, oppure anche si prova e rintraccia nella serie temporale delle loro pubblicazioni - ove ciò sia possibile - accanto al quale la pura astrazione matematica, non associata alla capacità di pensiero a generare idee nello spazio tridimensionale, capacità che produce concezioni di 1° specie, di certo per la più parte ha svolto un ruolo sussidiario di rifinitura e completamento, quando essa aiutò a disvelare il già maturo nocciolo che proteggeva la scoperta, ed in verità però in tanto anche prima altrettanto intangibile, come pure a renderlo rigoroso e adoperabile in tutta la generalità.

In certa misura accadde così anche nell'avanzamento verso i primi studi di successo nella ricerca sulla gravità con la legge del quadrato della distanza. Poiché il parto del pensiero della propagazione con velocità finita, ed invero quella della luce, ad opera di Gerber, nonostante tutti i giudizi contrari dell'epoca, in fondo si basava solo sulla concezione dell'etere⁴⁰ ed ebbe pure la conseguenza, quando la relazione col moto di Mercurio venne trovata concordante con l'esperienza, pur non essendo ancora provata, prima che il pensiero matematico negli studi di Einstein attaccasse la questione per poi produrre e mostrare ulteriori e generali connessioni e relazioni.

Il modello elettromagnetico della gravitazione a cui sono arrivato sulla base della propagazione delle azioni gravitazionali con velocità della luce, procede dallo "*Schizzo d'una cinetica dell'etere permeabile*"⁴¹, che ancora oggi mi sembra foriero di sviluppi e cioè anche accessibile ad un necessario

⁴⁰ La procedura matematica di Gerber viene considerata non fondata.

⁴¹ "*Sui quanti positivi di elettroni circolanti*": P. Lenard, *Ann. d. Phys.*, 12, pag. 573 e segg., 1903, in seguito chiamati poi Magnetoni (v. anche "*Quantitative über Kathodenstrahlen*", Heidelberg, Winter Ed., 1918, spec. Parte III F e la nota 24 nel seguito). Che la gravitazione nella nostra concezione non possa essere una forza elettrica - una ipotesi usualmente ascritta a H.A. Lorentz, che però, come mi sembra, già si troverebbe in W. Weber (*Gesam. Werke*, IV, pag. 479) - l'ho già detto e citato (v. "*Dell'etere e della materia*", 1911, pag. 39 nota a p.p.); qual impedimento contro l'ipotesi ch'essa sia una forza magnetica, mi sembra, finché non presi visione dell'articolo di Gerber, solo la presumibile velocità di propagazione di gran lunga più alta di quella della luce.

completamento e rifinitura matematici, e per questo motivo io qui ne voglio accennare, benché il modello della gravitazione ne è in certa misura indipendente. In esso la gravitazione appare immediatamente qual forza magnetica agente attraverso le *dynamidi*, da cui sono formati gli atomi materiali. Nella detta *Cinetica* ho abbandonato l'idea d'un etere continuo e mobile - la cui concezione è oggi riconosciuta abbastanza impraticabile ed è così fuori campo - e sono giunto all'immagine, al concetto dell'etere mobile, spazialmente discontinuo e "penetrabile"⁴². Le parti di questo etere "permeabile" si muoverebbero con velocità della luce ed esse possono attraversarsi liberamente le une con le altre⁴³; inoltre esse sono dominate dal tendere ad una concentrazione spaziale uniforme e procedere secondo le più rettilinee traiettorie possibili. In spazi liberi da forze il moto di queste particelle è dunque rettilineo, epperò disordinato per direzione. In codesto etere sono presenti un certo numero di fili vorticosi (non nel senso idrodinamico di Helmholtz) ognuno estendendosi da ogni preesistente elettrone negativo al proprio corrispondente quanto positivo; inoltre ci stanno anche in mezzo un certo numero di anelli di vortici chiusi legati assieme da tali fili.

Questi fili vorticosi dell'etere costituiscono le forze elettriche; le loro parti legate sono le onde elettriche. Ogni persistente movimento d'un filo di vortice produce una corrente trasversale dell'etere e le correnti eteree che ne nascono e che circolano lungo le già da tempo note linee di forza magnetiche formerebbero le forze magnetiche. Tutto ciò riposa sull'anzidetta ipotesi fondamentale sull'etere permeabile e discontinuo in quanto queste correnti non riguarderebbero all'incirca tutto l'etere nel campo di forze dato, bensì solo le sue parti discontinue e diffuse in corrispondente numero secondo la forza del campo magnetico stesso, mentre il resto dell'etere non ne viene toccato (o può appartenere ad altri campi magnetici). Queste parti dell'etere formanti le correnti trasversali del movimento di elettricità, sono quelle, a loro volta, che generano le azioni dinamiche magnetiche, p. es. anche l'azione motrice ruotante e orientante contro

⁴² Anche W. Nernst adopera l'etere con "struttura atomica" (per quanto potei vedere dapprima nella IV Edizione del suo "*Chimica Teorica*", 1903, pag. 391); egli cerca poi col suo aiuto di risolvere questioni come quella della conservazione dell'energia atomica interna (*dynamidale*) o quella della rigenerazione di elementi radioattivi (V.W. Nernst, *Verh. d. Deut. Phys. Ges.*, 18, particolarmente pag. 8588, 1916). Il tentativo di sciogliere questi problemi è in vero del tutto diverso dal mio modo di procedere, per quanto io possa vedere, più vecchio ("*Über Aether und Materie*", pag. 44, *Heidelb. Akad.*, 1910 A, 17, pag. 8); tuttavia è forse lecito rallegrarsi del comune punto d'attacco ai problemi. Da osservazioni sui raggi catodici io avrei da recente derivato una assai chiara indicazione sulla struttura dell'etere (v. "*Quantitative über Kathodenstrahlen*", Heidelberg, Winter Edi. 1918, pag. 83, nota 917).

⁴³ Oppure esse sono straordinariamente piccole, cosicché fenomeni di urti non si rendono sensibilmente apprezzabili.

la posizione parallela e poi nel senso dell'azione che genera mutua attrazione, l'una con l'altra, tra due correnti circolari.

Ora poiché tutta la materia è fatta da dynamidi, che sono correnti circolari e agiscono come tali in quanto esse producono tanto la propria corrente trasversale di etere (il campo magnetico della corrente circolare), come pure, nel senso dato, vengono stimulate dalle correnti trasversali di altre dynamidi, l'attrazione gravitazionale appare comprensibilmente qual proprietà generale della materia, sì tosto che - come segue immediatamente - venga spiegata la non cancellazione a zero delle opposte azioni delle dynamidi orientate in maniera contraria. La proporzionalità alle masse si dedurrebbe dalla proporzionalità alle masse del numero totale di dynamidi⁴⁴, la legge del quadrato delle distanze da ragioni puramente geometriche è causata dalla puntiforme piccolezza e dalla disordinata disposizione di tutti i misurabili ammassi di dynamidi; la velocità di propagazione è data dalla velocità della luce con cui si muovono le parti d'etere nella corrente trasversale⁴⁵. La premessa non cancellazione delle azioni delle dynamidi orientate oppostamente - per cui solo risulterebbe infine una non nulla azione totale complessiva dei disordinati ammassi di dynamidi - si deduce dal fatto che noi abbiamo supposto le correnti trasversali distribuite discontinuamente quanto nello spazio tanto nel tempo e le parti dell'etere come mutuamente penetrabili. Secondo questo modello ogni dynamide può agire indipendentemente. Poiché ora le correnti trasversali che originano da due dynamidi contigue l'una coll'altra e orientate oppostamente agiranno in commutazione temporale su una terza lontana dynamide, alla fine le singole azioni si sommano indisturbate col loro valore assoluto (non geometrico) ad un valore medio temporale della forza.

In tutto ciò c'è la premessa che le dynamidi siano capaci di seguire abbastanza velocemente con l'orientazione dei loro piani di correnti, ove risiedono le traiettorie delle correnti, le singole parti di etere, le quali poi, con l'intervento dell'orientazione (in virtù della curvatura della loro traiettoria) agiscono movendosi nel senso dell'attrazione. Codesto rapido adeguarsi nella orientazione deve venire supposto per le dynamidi di tutti gli atomi in sufficientemente eguale modo quando si volesse spiegare la proporzionalità di massa della gravità costatata sperimentalmente; e su ciò non si vede anche obiezione alcuna.

⁴⁴ La proporzionalità da me originariamente supposta tra numero di dynamidi e massa (non il numero ordinale) dell'atomo risulterebbe ancora valida nei modelli atomici di E. Gehrcke.

⁴⁵ Azioni ed effetti qual lo spostamento di perielio di Mercurio seguono, quando, oltre la propagazione con la velocità della luce, ancora si supponga che le dynamidi del mobile (Mercurio) risentano di cambiamenti della velocità relativa rispetto all'etere, cosa però che è nel senso della validità del PR (semplice e generalizzato) e dunque fin dappprincipio deve essere contenuto nella dinamica dell'etere, sì tosto che la medesima è compresa giustamente e completamente.

L'adeguamento può verificarsi anche solo con assai piccole ampiezze; grandi ampiezze contraddirebbero la straordinariamente bassa, la estrema piccolezza della forza di gravità risultante tra tutte le masse di non straordinariamente grande valore e così anche il fatto che intensi campi magnetici comuni e ordinati non esercitano alcuna sensibile forza gravitazionale, bensì solamente quella corrispondente alla permeabilità magnetica, specialmente nota qual forza "magnetica" che deriva dalle correnti circolari del materiale, le quali possono seguire per un tempo sufficientemente lungo e con grande ampiezza l'azione orientante del campo. Corrispondentemente a ciò viene esclusa la rivelazione delle forze magnetiche delle singole dynamidi, quando si veda la gravità come loro risultato, per mezzo di aghi magnetici, pezzi di ferro o circoli d'induzione, poiché tutti questi apparati non possiedono la sufficiente rapidità o sensibilità di reagire alle singole parti dell'etere poste in moto dalle dynamidi; essi reagiscono solo ad azioni sufficientemente durature di moltissimi elettroni circolanti ed egualmente orientati⁴⁶.

Essenziale è nel quadro concettuale della gravitazione ora schizzato solo quanto segue:

1. La materia consiste di circolanti elettroni (dynamidi),
2. in ogni coppia di dynamidi esse interagiscono come correnti circolari,
3. i piani di queste correnti possono eseguire piccole rotazioni,
4. il campo magnetico di queste elementari correnti circolari non riempie continuamente lo spazio bensì è intermittente spazialmente e temporalmente.

Per rendere intuitivi questi essenziali tratti del quadro proposto può giovare il seguente modello. Il corpo attrattore sia rappresentato da una corrente circolare di 60 cm in diametro in posizione verticale con all'incirca 400 fitti avvolgimenti di filo conduttore. Il corpo attratto sia rappresentato attraverso una corrente circolare, comunque più leggero, e fatto di filo più sottile e sospeso in modo da renderlo mobile. La sospensione prevede due tipi possibili di movimento: 1. rotazione attorno al diametro come asse di rotazione, 2. variazione della distanza rispetto al corpo attrattore (la bobina, o solenoide) mantenuto fisso. Le posizioni iniziali d'entrambi i corpi relativamente l'uno all'altro sono arbitrarie, la loro distanza sia di alcuni metri. Se l'anzidetta mobilità del corpo sospeso è rimossa

⁴⁶ Questo si mostra ad un tempo anche nel fatto che le equazioni di Maxwell non bisogna affatto di includere la gravitazione - benché noi spieghiamo la stessa qual forza magnetica - poiché queste equazioni rappresentano in modo esaustivo proprio e solamente questi fenomeni, nei quali un gran numero di elettroni agiscono in modo egualmente correlato (v. *"Dell'etere e della materia"*, 1911, pag. 34).

per mezzo d'un apparato di fissaggio, allora può solo risultare o attrazione o repulsione secondo la direzione delle correnti circolanti nei due conduttori.

Si alterni ora la corrente nel corpo fisso a regolari intervalli (non troppo grandi) eguali di tempo, p.es., ogni 5 secondi, (con la corrente circolante continuamente nel conduttore mobile), allora qual risultato non ne segue alcuna alterazione della distanza relativa d'entrambi i corpi. Ma riguadagni il corpo sospeso la sua piena e completa libertà di movimento, allora esso ad ogni alternanza di corrente nel corpo fisso esegue una piccola rotazione in senso opposto alla posizione parallela d'entrambe le correnti, per cui la azione attrattiva prevale e ne risulta un costante avvicinamento dei due corpi fin a venire a contatto. Qui l'alternanza della corrente nel corpo fisso è una immagine della intermittenza dei campi delle dynamidi e nello stesso tempo della tutta arbitraria orientazione d'entrambe le dynamidi una rispetto all'altra rappresentate dalle correnti circolari nei corpi.

Non dovesse ancora bastare, in quanto detto sopra, il dettagliato meccanismo sviluppato dell'etere, così delineato anche per la gravità, cioè non si dovesse esso rendere ancora traducibile in equazioni che producano tutte le qualitative e quantitative potenzialità ascritte già a codesto meccanismo in modo tale da comprendere e contenere le equazioni di Maxwell come caso particolare⁴⁷, allora non per questo io dubiterei che si desisterà da ulteriori completamento e rifinitura di esso o di un meccanismo dell'etere affine. Poiché rinunciando ad un meccanismo dell'etere si rinunciarebbe in principio a tutte le concezioni di 2° specie e così alla comprensibilità meccanica della natura in genere. *"non credo che questo avverrà anche allorquando si fosse costretti per schiarirsi la meccanica dell'etere ad introdurre accanto o dietro l'etere e le sue parti ancora un altro etere"*⁴⁸. Tale "Metaetere"(o preetere), come io vorrei definirlo, sarebbe il medium riempiente tutto lo spazio che costringerebbe le parti di etere a soddisfare le condizioni che noi abbiamo dato per i loro moti. Si dovrebbe credere che pensieri simili di carattere positivo, in punto di fecondità, potrebbero pur sempre essere superiori ad affermazioni negative - quali le posizioni di superfluità ed impraticabilità della concezione dell'etere - e che in vista delle sorprese che la natura apparecchia al ricercatore di nuovo e continuamente, è meglio tenere ancora aperta una porta, anziché senza stringenti ragioni dichiararla chiusa, vicolo cieco. Non s'è dovuto credere fin a qualche tempo fa, non lontano in vero, di dover evitare gli atomi della materia possibilmente

⁴⁷ Sono dell'avviso che ciò a matematici sufficientemente abili ed armati con tutti i mezzi della loro scienza già adesso dovrebbe essere possibile. Fossero le risultanti equazioni ancora equazioni non meccaniche, ciò allora non sminuirebbe il loro valore e ci si dovrebbe ricordare che anche le equazioni di Maxwell, il cui valore è noto, si sono sviluppate da idee su certi meccanismi dell'etere e che esse parimenti non sono equazioni della meccanica.

⁴⁸ Periodo conclusivo di op. cit..

troppo ipotetici⁴⁹? E non si studia tuttavia oggi con gran successo i movimenti degli atomi in tutti gli stati di aggregazione della materia? E non solo! Ma anche i movimenti dei suoi componenti interni, la cui ipotesi - specialmente nella odierna e corrente ampiezza di dettagli - non molto tempo fa, prima, erano valsi, ancora per assai remoti e strani, come di fatto le premature osservazioni e considerazioni di W. Weber sulle "positive e negative particelle elettriche", come costituenti atomici, erano allora apparse ai suoi colleghi del tempo chiaramente così alieni e senza speranza di portare a risultati, mentre poi in seguito li si dovette disseppellire, quando queste particelle dimostrarono la loro esistenza attraverso imprevisi fenomeni?

Appendice concernente la discussione sul PR avvenuta a Bad Nauheim

Durante la preparazione della presente nuova edizione è avvenuta, il 23 Settembre di quest'anno (1920), la discussione sul PR nell'assemblea dei ricercatori di fisica a Bad Nauheim. In essa il signor Einstein ha cercato di addentrarsi nelle difficoltà e nei problemi sollevati in questo scritto e di rispondere alle domande che ne derivano, dopo che il signor Weyl ed il signor Mie nelle loro presentazioni su Elettricità e Gravitazione avevano suscitato un diffuso interesse e speciale attenzione. L'impressione che la discussione ha lasciato, alla quale hanno preso parte oltre i detti signori altri rappresentanti della matematica e della fisica, secondo il mio giudizio, in generale, si è conclusa in modo che di fatto alle difficoltà e questioni che qui sono state presentate nei passaggi indicati, nel dibattito dico, non si sia riusciti affatto in modo soddisfacente a schiarirli e che dunque la loro messa in luce e risalto erano anche prima più che giustificati.

Può ben sembrare che l'ulteriore addentrarsi e discutere su questi stessi temi dovesse risultare nel superamento dei presenti ostacoli ad un ulteriore sviluppo della teoria con l'eliminazione delle sue presenti lacune ed inconsistenze, come anche in particolare i contributi presentati dal signor Mie verso un successivo sviluppo, in vero, in parte, non senza alcuni strappi dalla strada originariamente intrapresa dal signor Einstein, facevano pensare⁵⁰.

Gli impedimenti ed ostacoli verso un pieno e completo dialogo sui punti da me sollevati e sulle questioni poste stanno, come anche si riconosceva ancora nella

⁴⁹ Bunsen evitava affatto di parlare di atomi - ed Helmholtz e Kirchhoff in ciò gli erano molto vicini - egli evitava anche di parlare di peso atomico quando si serviva esclusivamente delle formule degli equivalenti per indicare i composti chimici.

⁵⁰ V. anche E. Wiechert in senso molto affine, *Astron. Nachr.*, Bd 211, nr. 50, 54, pag. 275, 1920, dove anche si viene rimandati ad una precedente ed ampia pubblicazione dello stesso autore sulla gravità negli *Ann. d. Phys.* (apparso durante la stampa del presente scritto in Bd, 63, pag. 301).

discussione, nell'abisso che di solito esiste tra ricercatori che aderiscono all'una o all'altra delle specie di concezioni qui spiegate a pag. 12 del presente scritto. I ricercatori professanti concezioni di 1° specie, cui appartiene in particolare il signor Einstein, per lo più sembrano non inclini a portarsi vicini al punto di vista dei ricercatori di 2° specie, per sentire e considerare da vicino le difficoltà e le questioni che emergono nella maniera più chiara da colà. Indubbiamente però una teoria, sia essa fondata su premesse e concezioni di 1° o 2° specie, può solo essere considerata a valere correttamente e completamente quando essa soddisfi tutti e due i criteri e punti di vista, poiché tutt'e due si sono mostrati e dimostrati pienamente giustificati nell'avanzamento della scienza naturale, e tutte le teorie finora ben dimostrate sono apparse da entrambi i punti di vista consistenti e senza contraddizioni. Ma chi in vero promulga e rappresenta "l'eliminazione dell'etere"⁵¹, questi in vero smentisce e sprezza le concezioni della 2° specie e non può essere così nella situazione di accostarsi al loro punto di vista, e dunque non ci si può da lui aspettare la soluzione delle difficoltà ed il progresso con questa connesso che si può sperare di ottenere. Sarebbe qui inutile volersi addentrare più a fondo e fu anche benvenuta la fine della discussione su questo punto a Bad Nauheim che infatti si esaurì da sé⁵²; qui si percepirebbero le straordinarie sfide poste alle capacità intellettuali del ricercatore con un ammonente invito alla modestia. Qui il grande talento matematico, che maneggia con facilità e disinvoltura immagini e concetti delle vedute di 1° specie, sembra così spesso incapace di collegarsi nella stessa mente con facilità all'interna e dinamica intuizione fisica, la quale è più incline a lavorare per immagini e concetti della seconda specie - e viceversa⁵³.

⁵¹ "L'eliminazione dell'etere" venne ancora una volta annunciata nella seduta d'apertura in Nauheim, quale risultato acclarato (per il precedente annuncio a Salisburgo, fatto ancora dal signor Einstein medesimo, v. nota 37). Nessuno ne ha riso. Non saprei che cosa sarebbe accaduto quando invece si fosse annunciata l'eliminazione dell'aria.

⁵² La questione del concetto quadridimensionale dello spazio-tempo, fin dappprincipio, venne tenuta fuori dalla discussione. In presenza di così tanti matematici (che spesso allo strumento matematico assegnano pari significato che al senso fisico) non sarebbe stato utile sottolineare il mio punto di vista di ricercatore che però non vuole vedere solo il mondo materiale, poiché ciò può ben essere considerato come cosa di gusto, quanta libertà di pensiero può e si vuol sacrificare a vantaggio della "relativizzazione del tempo".

⁵³ Da qui si può ben dimostrare quanto poco senso abbia allorché in scritti popolari gli autori o i conferenzieri portano dinanzi al pubblico il PR da un punto di vista unilaterale e partigiano, ove è anche difficile spegnere il sospetto che il pregiudizio unilaterale sia amato e prediletto per desiderio del sensazionalismo che ne deriverebbe. Questo però è un fenomeno sgradevole ed antipatico; ma è così, e sarebbe un segnale malsano e come tale certamente ancora più sgradevole e spiacevole se non vi si opponesse resistenza, reagendo. I "relativisti" dovrebbero quindi accettare infine, e con calma, una reazione in ultimo da loro stessi innescata.

Nel dettaglio il dibattito si svolse all'incirca in questo modo: furono discusse due questioni separate, la cui connessione però si dimostrò essenziale e che qui noi per ragioni di brevità possiamo in parte sintetizzare insieme così:

1. La questione (v. pag. 6) di com'è che nell'esempio del treno frenato di colpo, ove le conseguenze del moto accelerato si manifestano solo all'interno, com'è possibile voler dichiarare la sede del movimento accelerato non rilevabile nonostante questa unilateralità del fenomeno, come invece pretende la teoria della relatività generale?,

e 2. La questione degli illeciti, vietati "*Gedankenexperimenten*" (v. note a pag. 6 e 7).

Nel caso d'una rotazione dell'intero universo attorno, p. es., alla Terra in quiete, che nella teoria della relatività generale è considerata perfettamente equivalente con una rotazione della Terra e l'universo fisso, non è ciò una interna contraddizione, quando nella stessa teoria le velocità superluminali sono escluse, così si giunge ad ammettere velocità maggiori della velocità della luce che la teoria stessa vuole una velocità limite?

Naturalmente da parte del signor Einstein venne sottolineata l'importanza dei campi gravitazionali che nella sua teoria devono accompagnare necessariamente i moti disuniformi, ma tuttavia si rimase al punto che questi campi dapprima sarebbero stati introdotti per far apparire generalmente valido il principio di relatività e poterlo così applicare a tutti i casi, da cui però non deriva che questi campi abbiano ulteriori relazioni e connessioni con la realtà, che dimostrino la necessità della loro introduzione rispetto alle lacune e debolezze che li accompagnano. In ciò non si dovrebbe dubitare che ogni comparsa d'un moto disuniforme dovrebbe essere connesso con certi stati dell'etere (dello *spazio* ama dire la teoria della relatività, v. nota 38) nelle sue vicinanze; ma finché i campi di gravità einsteiniani, con tutta la loro ridda di ipotesi e principi, non soddisfano il sano discernimento, sarà lecito dubitare che essi descrivano questi stati dell'etere correttamente in tutta la loro generalità. Su ciò il signor Einstein ha invano ammonito a diffidare del sano senso comune; ma una teoria che non è in condizioni, su così facili questioni, come lo sono entrambe quelle appena prima riportate, di fornire una corrispondentemente facile risposta che soddisfi la comune e usuale ragione non è irrefutabile. Essa può avere e cogliere successi che si possono anche ammirare e può essere suscettibile di miglioramenti, sì, essere forse sulla strada di miglioramenti, ma non è lecito che essa appaia con le sue use rincarate pretese che si sono biasimate in questo scritto e ancora meno le è concesso farlo soprattutto dinanzi al generale pubblico, il quale come profano può essere facilmente manipolato e portato ad abbagli. E' meglio presentare al

pubblico accanto ai risultati anche i dubbi per mostrargli la gravità e serietà della ricerca fisica - oppure ancora meglio non farlo.

Sulla seconda questione, del resto, non venne fuori⁵⁴, in genere, alcuna decisiva risposta e si può perciò ben dire che le velocità superluminali implicate nel vietato "*Gedankenexperiment*" della teoria della relatività generale di fatto costituiscono un grave problema⁵⁵. Ciò però significa, quanto meno, che questa teoria - indipendentemente o meno dalla sua concordanza o discrepanza con la realtà - dal punto di vista della logica non è in buon stato. La contraddizione interna che essa contiene, svanisce però quando un certo "ragionevole" sistema di coordinate, come proposto dal signor Mie, viene dichiarato privilegiato⁵⁶ e si escludano gli altri possibili sistemi di coordinate⁵⁷. In questo modo anche la prima domanda non sussisterebbe più; basta solo non adoperare un sistema di coordinate solidale col treno, considerato in quiete, ed in sua vece prenderne uno solidale con il suolo terrestre per eliminare la difficoltà della questione. Ma questa scelta non significa un salvataggio del PR, ma al contrario una sua distruzione nella forma più generale assunta dal signor Einstein, come corrispondente ad una semplice ed onnicomprensiva legge naturale e con ciò perdere quella pretesa ad uno speciale interesse filosofico. Poiché il principio in

⁵⁴ Per altro anch'io fui infine stupito di quanto poco preparato sembrò apparire il signor Einstein nel rispondere alle mie domande - che certo già stampate erano apparse un paio d'anni prima - mentre prima da parte sua e da un altro specialista al lettore di giornali era stata destata l'impressione della assoluta superiorità dei suoi ragionamenti rispetto ai miei. Ora io poiché non sono un seguace né un oppositore di un qualsivoglia principio, bensì desidero solo essere uno scienziato - come è stato mostrato a pag. 5 - io avrei dovuto accettare come risultato la prova di come ed in che punto le mie riflessioni non fossero sufficientemente fondate ed approfondite, se essa fosse stata data specialmente nella pura forma focalizzata sulla faccenda, nella quale infine la discussione a Nauheim si concluse. L'unico schiarimento che io ho ricevuto dal dibattito è provenuto dal signor Mie; esso nel seguito verrà opportunamente richiamato.

⁵⁵ Ci si ricordi bene che ogni qualsivoglia corpo ruotante sulla terra può anche effettuare in 3000 anni una sola rotazione. Velocità superluminali già si danno con la stella Orione, 400 volte la velocità della luce l'avrebbero le galassie più vicine ma che distano 400 volte più lontane che Orione, sì tosto che non si voglia ascrivere la rotazione assoluta al corpo stesso ma bensì a tutto l'universo.

⁵⁶ V. G. Mie, *Phys. Zeitschr.*, 18, pag. 551, 574, 596, 1917 ed *Ann. d. Phys.*, Bd 62, pag. 46, 1920.

⁵⁷ Detto tutto nel senso di quanto esposto a pag. 6 del presente scritto; v. in particolar la nota 20. Ciò è anche realmente il suo e più semplice significato secondo l'origine del Principio, se mai uno è esistente. Non giova a nulla nell'aspetto filosofico introdurre complicate e causidiche concezioni; se queste sono necessarie allora il principio così non ha mostrato in vero il suo possibile valore qual strumento ed ausilio nella ricerca, ma per certo ha anche perduto le sue pretese all'importanza per il pensiero in genere ed in tutto per le concezioni fisiche della natura.

quella forma afferma che lo svolgimento di tutto l'accadere della natura - la formulazione delle leggi naturali - è indipendente dalla scelta del sistema di riferimento, e per cui in tutti i casi sarebbe del tutto impossibile attraverso osservazioni naturali decidere in maniera assoluta sull'esistenza dello stato di quiete o di moto. Tutti i sistemi di riferimento dovrebbero essere perfettamente equivalenti riguardo alle conclusioni e deduzioni che essi producono (per questo il signor Einstein insiste sempre a dichiarare come equivalenti in linea di principio anche quei diversi sistemi di coordinate che pur portano a tanto evidenti difficoltà o contraddizioni interne)⁵⁸. Cosa però che non è il caso, come gli esempi delle nostre due questioni e le ricerche del signor Mie mostrano in modo rigoroso. Allora non si può dunque accettare - per come stanno oggi le cose - il PRG qual legge di Natura in senso stretto e rigoroso, come sembra anche potersi dedurre dagli studi del signor Mie - e cosa che qui attraverso queste pagine d'appendice è particolarmente da rimarcare - neanche quando si volesse limitare la sua affermata generale validità alle forze proporzionali alle masse (Principio di Gravitazione, v. pag. 8)⁵⁹; bensì esso può - volendo evitare inganni e incomprensioni - essere considerato un principio euristico la cui applicazione deve essere sorretta e accompagnata dall'aggiunta di puntelli non contenuti nel principio stesso o di ipotesi aggiuntive e collaterali di speciale carattere e valore, per evitare di concludersi in falsi risultati; come un principio dunque che sotto certe circostanze può consegnare giuste e valide, anche tutte nuove, relazioni sulle cose osservate, laddove però la reale prova per la correttezza delle così previste dipendenze e relazioni sarebbe ancora tutta da ricercare e studiare nelle esperienze da farsi e svilupparsi con cui esse devono essere particolarmente controllate e non secondo deduzione, pur così, matematica irrefutabile dal principio medesimo⁶⁰.

⁵⁸ Solo ragioni pratiche e non di principio, secondo il signor Einstein, dovrebbero decidere la scelta del sistema di coordinate. Qui starebbe (quand'anco celato) l'indicazione sulla nullità delle più elevate pretese teoriche del principio; rimanendo naturalmente intatto, grosso modo, il suo valore euristico assieme alle sue potenzialità di svilupparsi.

⁵⁹ Il PRG senza limitazione fallisce se preso realmente in modo serio, su tutt'e due le questioni qui dianzi espresse. Il Principio di Gravitazione (la limitazione del PRG da me qui proposta) è al contrario in vero scevro da ogni difficoltà inerente la prima questione (perché esso non si riferisce al caso di questa), epperò rispetto alla seconda questione mostra contraddizione interna che diviene pericolosa in ogni applicazione del PR a moti disuniformi se non protetta da artifici appropriati. Si potrebbe allora dire che il PR appare in vero in più alto grado irrefutabile che il PRG, ma che esso comunque non è parimenti in modo pieno e completo irrefutabile. Tuttavia la differenza nelle lacune d'ambo i principi sembra essere grande abbastanza per giustificare nel presente scritto la sua introduzione ed il rilievo qua e là datone.

⁶⁰ Si osservi qui una differenza rispetto agli altri principi fisici; p. es., il Principio dell'energia. Le conclusioni dedotte matematicamente in modo corretto in una giusta considerazione dei concetti pertinenti si può considerare senz'altro parimenti buona come la totalità delle esperienze che stanno a fondamento del principio stesso e con le quali esso si è dimostrato già in accordo. La differenza può ben risiedere nella novità del PR (v. pag. 14), che ancora non ha

Il PR è dunque possibilmente un prezioso principio pratico, ma non uno su cui si può fondare una nuova concezione o che si possa definire tale da permettere di far apparire dimostrate strade della ricerca fisica di diversa natura ora d'un colpo finite, superate, anche quando ha inaugurato un nuovo e al presente assai frequentato filone di ricerca⁶¹.

Il possibile valore pratico del principio può essere tanto più valutato di quanto l'assistano le forse giuste relazioni che ha finora fornito, che ancora e solo si riferiscono alla gravitazione, quindi ad una forza che da Newton e Cavendish, dunque da più di 100 anni non s'è potuta sistematicamente confutare⁶².

permesso di assumere sufficiente chiarezza sul suo ambito di validità o sulle sue condizioni aggiuntive che devono essere soddisfatte nelle applicazioni e quindi sono da considerare essenziali e proprie al principio medesimo. In ogni caso con questo stato di fatto delle cose mi pare di poter rimanere nel caso del moto di perielio di Mercurio ancora sul punto di vista riguardo la "derivazione" di Gerber del giusto risultato quantitativo (sia pur stata solo una derivazione apparente, valevole da ricordare e considerando la sua precocità rispetto alla derivazione del signor Einstein, dedotta da una, solo apparentemente rigorosa, applicazione del principio), per quanto detto prima (v. pag. 7 e 14). Del tutto indipendentemente da ciò, in riferimento a Gerber poi gli è che mi par completamente inaccettabile accusare una persona deceduta da tempo di essere acciarpone e cose simili, com'è purtroppo accaduto, una persona che ha apportato una relazione ritenuta corretta (cioè la equazione finale per lo spostamento di perielio), e dunque qualcosa di utile (con la sfortuna dell'aggiunta d'una dimostrazione impugnabile, ma anche senza alcuna voglia di metterla sul proscenio). Credo che il teorema di Pitagora, quando Pitagora l'avesse solo pubblicato e non dimostrato, certamente ancora oggi lo si sarebbe chiamato secondo il suo nome - supponendo l'allora divenire noto e pubblico del teorema sufficientemente veloce - perché esso è corretto e prezioso.

⁶¹ Si può anche ben dire che col PRG si tratterebbe d'un sistema d'indovinare fenomeni naturali arginato però su binari quantitativi per mezzo della matematica. Una tale divinazione con l'impegno e l'impiego d'un vasto apparato matematico svolge un ruolo anche importante nella fisica contemporanea in una misura tale che mai si era verificato prima; p. es., nelle considerazioni quanto-teoretiche, e simile procedura si è dimostrata molto necessaria nella misura in cui il controllo con le procedure sperimentali è divenuto assai rigoroso e preciso. Ma sarebbe certo sbagliato quando - come fanno alcuni matematici - ora si volesse immaginare e desiderare di vedere una trasformazione della fisica in un collaterale ramo della matematica quale mèta del suo attuale e futuro sviluppo. La natura, il cui studio è compito della fisica, con le sue meraviglie, che in ogni epoca hanno sorpreso anche i più fini e profondi suoi indagatori, non giungerà a fine così presto. Evidentemente è anche solo questione di gusto se ci si lascia portare a nuove tesi che sembrano valide nella loro conferma ed esame con l'esperienza privilegiando o meno la derivazione matematica, quando essa non produce l'esatta connessione alle tesi secondo esperienza ed ipotesi di facili e semplici significati fisici.

⁶² Perché allora, quando simili prestazioni e risultati sono questionabili - guardando le cose meglio - porre così esagerate pretese?

Al riguardo ci stanno tre risultati; l'equazione dello spostamento di perielio (già data da Gerber), la deviazione del raggio luminoso e lo spostamento verso il rosso delle linee spettrali nei centri di gravità, e qui si tratta del confronto con le esperienze che devono decidere anche sul valore più o meno grande della teoria. Lo stato attuale di questo confronto con gli esperimenti, per entrambi i primi punti di queste relazioni, lo spostamento di perielio e la deviazione dei raggi luminosi è stato discusso in questo scritto (pag. 5 e 8) e qui si può ben essere nella situazione fattuale che nuovi esperimenti non verranno tanto presto. La questione della terza relazione, quella dello spostamento verso il rosso (v. nota 26) è, per contro, al momento più fluida. In essa sembra quasi che le osservazioni finora condotte con i migliori mezzi e da parti assai competente concordino verso un risultato negativo⁶³. In ogni caso è sembrato nella discussione di Nauheim concernente questo punto che non si sia stati nelle migliori condizioni per una panoramica completa ed approfondita, poiché solo gli sperimentatori di Bonn poterono colà prendere la parola coi loro risultati positivi; ma le loro dotazioni sperimentali, come largamente noto, sono alquanto inferiori a quelle degli astronomi americani il cui risultato, come quello aggiuntosi da ultimo di Julius in Utrecht⁶⁴, era negativo⁶⁵. Al momento presente dunque non si può ancora parlare di nessuna conferma sperimentale dello spostamento verso il rosso. Entrambe le altre due relazioni sono state in vero confermate - come spiegato a pag. 9 e 10 - cosicché rimane ancora e solo da questionare se questi dati sperimentali confermati si possano in genere riferire al principio di Gravitazione. Altro lo mostrerà il futuro. Si vedrà allora in che misura il principio di Gravitazione - accanto al PRG, contraddetto dalle più semplici esperienze quotidiane - dimostrerà quantomeno il suo valore euristico.

⁶³ V. la numerosa bibliografia delle pertinenti pubblicazioni nel lavoro di E. Wiechert, citate a pag. 36, ora apparso negli *Ann. d. Phys.*.

⁶⁴ W Julius e P. van Kittert, *Kon. Akad. van Wetenschappente Amsterdam*, 29 Maggio 1920.

⁶⁵ I dubbi ancora esistenti in riferimento alle osservazioni sperimentali del gruppo di Bonn mi richiamano alla mente due casi che indicherebbero esserci stata non molta fortuna all'istituto di fisica di Bonn riguardo a osservazioni sperimentali analitiche sulle linee spettrali di fiamma negli alcali che ancora oggi esercitano un certo ruolo negativo nei lavori non abbastanza sviluppati criticamente (v. su ciò, *Heidel. Akad.*, 1914, nota 94, pag. 48 ed anche *Starks Jahrbuch*, 13, pag. 234, 1916) e parimenti le osservazioni su distribuzioni spettrali per eccitazioni delle bande di fosforescenza, quando si prese l'abbaglio di aver superato in risoluzione le già esistenti misure e i dati sperimentali (v. *Heidel. Akad.*, 1913 A, 18, note pag. 1 e pag. 3).