

Regarding the Theoretical and Experimental Foundations of Special Relativity (SR)

Rocco Vittorio Macrì, Gruppo di Ricerca "Geometria e Fisica", Università di Perugia

Convegno Internazionale "Galileo back in Italy II" - Bologna 26, 27, 28 Maggio 1999

Abstract : The crucial points of relativity theory and their basic connections with einsteinian assumptions are investigated. Simultaneity, time dilation and twin paradox, "real" and "apparent" contractions are some of the questions re-examined. In particular the deep conceptual differences between the dynamic (Lorentz-Poincaré) and kinematic (Einstein) interpretations of the so-called relativistic effects are brought out as possible real physical differences: one can test and discriminate them as "relativity-violating asymmetries". It is proposed, moreover, a new method for clock synchronization and absolute simultaneity detection.

Esistono dei "punti oscuri" nella teoria della relatività speciale per una mente indipendente, slacciata dal "collare" dell'"autorità scientifica"¹ e incontaminata dalla "logica del successo"²: sono i "salti concettuali" lasciati come orme da Einstein lungo la "tela" dei fondamenti della teoria e smascherati, davanti al "fiuto" di una "rete epistemica"³ sufficientemente ampia e profonda, come contraddizioni logiche annidate internamente.

Ne esamineremo alcuni, essendo altrimenti in numero eccessivo per lo spazio della presente relazione, con la fiducia che ciò si dimostri sufficiente per lo sviluppo di una cartesiana serie di dubbi sulla linearità logica e semantico-epistemica della SR⁴.

1. Uno dei punti cruciali è la differenza concettuale tra la teoria di Lorentz e quella di Einstein. Queste, a nostro avviso e diversamente da quanto ritenuto fino ad oggi, sono discriminabili sia dal punto di vista teorico che da quello empirico⁵. Nonostante Lorentz avesse creato la sua teoria per "mimetizzare" gli effetti del primo e secondo ordine, e Einstein la sua per spiegare tale mancanza di effetti col minimo di ipotesi, queste sono – usando un termine di Popper – sorprendentemente piene di "falsificatori potenziali": le due teorie non sono solo diverse... ma opposte!⁶

¹ Ci ricorda Descartes, nelle sue *Regulae ad directionem ingenii*, che i più "spesso si astengono dall'esaminare molte cose [...] poiché stimano che possono esser comprese da altri forniti di maggior intelligenza, abbraccian[d]o il parere di coloro sulla cui autorità maggiormente confidano" (1622, p. 64). Dingle, su questo aspetto, sottolinea l'allarmante attualità di ciò nell'"ambiente relativistico": "It is the general view that relativity is beyond the understanding of most, but must be accepted because some mathematicians, who alone understand it, have endorsed it" (Dingle 1968, p. 19). Questa "filosofia del rimando" non risparmia nemmeno i grandi: "The great majority of physical scientists, including practically all those who conduct experiments in physics and are best known to the world as leaders in science, when pressed to answer allegedly fatal criticism of the theory, confess either that they regard the theory as nonsensical but accept it because the few mathematical specialists in the subject say they should do so, or that they do not pretend to understand the subject at all, but, again, accept the theory as fully established by others and therefore a safe basis for their experiments" (Dingle 1972, p. 16).

² Senza essere caduta, cioè, nella trappola di accettare che "non esiste in fisica altro criterio di verità che il successo" (Rizzi 1999, p. 2).

³ Un nostro neologismo per "codificare" il bagaglio delle cognizioni consce e inconscie gerarchicamente strutturato e connesso, insieme al "fiuto" o intuito (la "conoscenza tacita", per usare un termine di Michael Polanyi (1958)) che uno scienziato o un filosofo usa nella comprensione o rivelazione di una nuova conoscenza.

⁴ Per gli altri "punti" rimandiamo agli altri lavori in preparazione del presente autore.

⁵ Cfr. Macrì (1999a).

⁶ È bene meditare, a questo riguardo, anche sulle rispettive strutture concettuali che hanno generato le due teorie: Lorentz prese in considerazione la contrazione fisica degli oggetti in movimento rispetto ad un *aether-frame*, ritenendo la conseguente dilatazione del tempo locale e fittizia: Einstein, viceversa, diede priorità e realtà alla

Se tutto ciò non è stato mai chiarito fino ad oggi è perché, come chiarisce Dingle, “they did result in the same mathematical equations – those of the Lorentz transformation – and this fact, together with their common name, “relativity”, goes a long way towards accounting for their subsequent confusion with one another”⁷. Una confusione che ha catalizzato la vittoria della teoria di Einstein e che ha soffocato la presa di coscienza della diversità ontologica oltre che gnoseologica delle due, portando al “mistake of identifying two quite different theories”⁸.

Tra i numerosi possibili, prenderemo un esempio estremamente chiarificatore della loro discriminabilità. Utilizzeremo a questo scopo una modifica del sistema ideato da Herzfeld e Smallwood (1951) per selezionare le diverse velocità molecolari di un gas in base al tempo che esse impiegano a percorrere la distanza d (essi lo utilizzarono al fine di poter determinare la frequenza di queste in una verifica delle leggi di distribuzione di Boltzmann). Modificheremo l'apparecchiatura ponendo un laser (o qualunque altra sorgente di raggi di luce) al posto della sorgente di fasci molecolari collimati, e un rivelatore fotonico (come un fotomoltiplicatore o un qualunque altro indicatore di luminosità) come *detector* (Fig. 1).

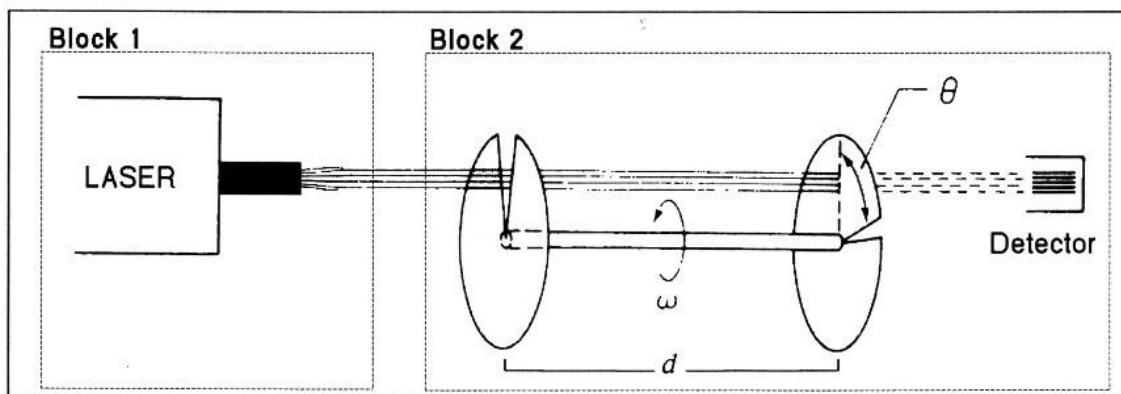


Fig. 1 - Schematic velocity selector apparatus

Il raggio laser incontra nel suo cammino una coppia di dischi coassiali rotanti fissati su un'asta avente lunghezza d , sui quali è stata praticata una fenditura. I dischi sono montati in modo che le due fenditure siano sfasate di un certo angolo. Se i dischi ruotano alla velocità di ω giri al secondo e le fenditure sono separate fra loro di ϑ radianti, la seconda fenditura viene a trovarsi nella posizione della prima dopo $\vartheta/(2\pi\omega)$ secondi: per cui solo ad una precisa velocità angolare ω di rotazione dei dischi la luce riuscirà ad attraversare le due fenditure e arrivare al detector (si tratta in pratica di un esperimento sulla scia di quelli di Fizeau). Secondo Einstein questa può essere esclusivamente $\omega = \vartheta c/(2\pi d)$ costante, a causa dell'invarianza (sia dalla

relatività della simultaneità posponendo che “la contrazione delle lunghezze è una conseguenza necessaria della dilatazione dei tempi” (Resnick 1968, p. 68).

⁷ Dingle (1972, pp. 166-167).

⁸ Dingle (1972, p. 167). Aggiunge con maggior precisione: “Strictly speaking, the name “relativity theory” should be applied only to a theory that regards motion as a purely relative phenomenon - i.e. a theory that, like Einstein’s, allows no ether. Lorentz’s theory demanded an ether” (*Ib.* p. 166). “Like Maxwell, who realised the necessity, if he was to satisfy his mathematical desires of postulating a “displacement current” to justify them, so Lorentz, in order to justify his transformation equations, saw the necessity of postulating a physical effect of interaction between moving matter and ether, to give the mathematics meaning. Physics still had de jure authority over mathematics: it was Einstein, who had no qualms about abolishing the ether and still retaining light waves whose properties were expressed by formulae that were meaningless without it, who was the first to discard physics altogether and propose a wholly mathematical theory” (*Ib.* pp. 165-166). Un approfondimento, per quanto riguarda l’assetto matematico esasperato nel quadro attuale della scienza, si trova in Bartocci - Macri (1999).

sorgente che dall'osservatore) della velocità cinematica della luce. Da ciò consegue che per un osservatore stazionario rispetto al *blocco 2*, ma in moto rispetto al *blocco 1*, la velocità angolare ω non necessita riaggiustamenti affinché si verifichi il passaggio del raggio luminoso fino al *detector*, in quanto c è invariante, così come localmente lo sono ϑ e d . La precisione consentita dall'esperimento non è determinante in quanto stiamo ragionando in linea di principio. Vogliamo invece dimostrare le asimmetrie che la teoria di Lorentz comporta e come queste siano necessarie e violanti la relatività di Einstein, la quale si basa viceversa su un'impalcatura rigidamente simmetrica e simmetrizzante⁹, costruita sul principio di ragion sufficiente¹⁰.

Supponiamo che tra il *blocco 1* – costituito dal laser – e il *blocco 2* la distanza aumenti in modo continuo e uniforme: ci sia, in altri termini, un allontanamento dei due blocchi. Secondo la teoria di Einstein è impossibile che si possa decidere quale dei due sia in moto: a causa della simmetria intrinseca della teoria gli effetti sono del tutto identici¹¹. Idem se il *blocco 1* e il *blocco 2* si avvicinano (“relatività” sta appunto per impossibilità gnoseologica di decidere quale dei due si muove, e ciò per identità ontologica in quanto l'essenziale sta nel rapporto spaziale (relativismo) dei due blocchi, come se fossero le sole cose al mondo esistenti¹²). Cercheremo ora di dimostrare la discriminabilità empirica delle due teorie¹³ nonché l'inconsistenza logica della SR.

- L1. Partiamo da un sistema di riferimento inerziale con i due blocchi a riposo rispetto ad esso e tarati in modo tale da far rilevare al detector il passaggio del raggio luminoso. Se muoviamo il *blocco 1* in modo da diminuire costantemente la distanza (cioè avvicinandolo) rispetto al *blocco 2*, secondo la struttura concettuale di Lorentz (d'ora in avanti, per brevità, SCL¹⁴) il *blocco 2* non subisce nessuna contrazione spaziale e nessuna dilatazione temporale, ma, semplicemente, spostando la sorgente, la velocità della luce rispetto al *blocco 2* rimane invariata in quanto questa è una perturbazione del campo preesistente. Dal fatto che non esiste variazione di moto relativo tra campo (o etere) e *blocco 2*, la luce possiede l'identica velocità che aveva prima: da cause e circostanze invariate (parametri d , ω e velocità della luce) risultano effetti invariati. Il *detector* continuerebbe a segnalare il passaggio di luce tra le due fenditure. Viene qui sottolineato che le considerazioni appena esposte sono valide sia per un osservatore

⁹ Un approfondimento si trova in Macri (1999b e, anche, 1999a).

¹⁰ Si veda Macri (1999c).

¹¹ E ciò in contraddizione con la rottura della simmetria nel caso della dilatazione del tempo del famoso “paradosso dei gemelli”. In altri termini, da una parte Einstein contraddice la simmetria della sua teoria - oltre che il principio di ragion sufficiente sulla quale si basa - nel caso della dilatazione del tempo (“paradosso dei gemelli”), dall'altra sia lui che i relativisti fino ad oggi hanno contraddetto questa rottura della covarianza non realizzando simmetricamente quella della contrazione spaziale (ancora una volta andando a infrangere il principio suddetto, pilastro della teoria). Un'analisi di ciò si trova in Macri (1999f e 1999g).

¹² Cfr. Macri (1999a).

¹³ Utilizzeremo a tale scopo, più che le formule (le quali possono trarre facilmente in inganno), la struttura concettuale, lo “sfondo descrittivo enorme” (per usare le parole di Bridgman): “Ogni sistema di equazioni può comprendere solo una piccolissima parte della situazione fisica effettiva: dietro le equazioni vi è uno *sfondo descrittivo enorme*, tramite il quale esse stabiliscono legami con la natura” (P.W. Bridgman 1965. pp. 83-84, corsivo aggiunto).

¹⁴ L'SCL (Struttura Concettuale di Lorentz) viene qui presa in considerazione in modo “largo”, logico-filosofico-concettuale e non matematico, al fine di evidenziare il “fondo epistemico” sottostante alle teorie in questione. Il cuore della SCL è che esiste una perturbazione del campo in modo del tutto indipendente dalla sorgente e dall'osservatore, dove simmetria e isotropia dei fronti d'onda si verificano unicamente se il sistema di riferimento è ancorato all'*aether-frame*, e che inoltre dei regoli in moto rispetto a quest'ultimo subiscono una contrazione reale in direzione del moto. Che poi la contrazione abbia come coefficiente proprio γ^{-1} , ha significato fisico-matematico ma non filosofico-concettuale. Interpretaremo pertanto la contrazione come capace di “recuperare uno scarto”, così come era nelle intenzioni di Lorentz, tenendo comunque presente che è sempre possibile modificare la taratura dell'esperimento in modo da evidenziare un particolare coefficiente di contrazione pseudo-lorentziano, come verrà chiarito in seguito.

solidale col *blocco 1* (*Ob.1*), sia per un osservatore stazionario col *blocco 2* (*Ob.2*) che per un terzo osservatore (*Ob.3*)¹⁵.

- L2. Se moviamo il *blocco 1* in verso contrario a quello precedente, facendolo allontanare dal *blocco 2*, dovremmo avere – secondo Lorentz – l’identica fenomenologia del punto precedente. *Ob.1*, *Ob.2* e *Ob.3* vedrebbero ancora un’identità di effetti. Il detector continuerebbe a segnalare il passaggio di luce tra le due fenditure.
- L3. Moviamo adesso il *blocco 2* tenendo “fermo” il *blocco 1*, in modo che la distanza aumenti. Si ha, a questo punto, una contrazione della distanza d del *blocco 2*. A rigore, secondo la SCL, la dilatazione del tempo non entrerebbe in gioco per le due fenditure: la velocità angolare ω dovrebbe rimanere immutata. Tuttavia prenderemo in considerazione entrambi i casi¹⁶. Se ω non muta (caso $\omega_e = \omega_0$; $d_e < d_0$) allora si ha ancora una volta il passaggio del raggio luminoso tra le fenditure con la conseguente segnalazione del *detector*. Infatti, l’accrescimento del tempo di transito dei fotoni da una fenditura all’altra a causa del movimento contemporaneo e concorde del *blocco 2*, viene neutralizzato dalla contrazione della distanza d : si ha così il passaggio del raggio di luce fino al detector. Se, d’altra parte, ω rallenta (caso $\omega_e < \omega_0$), il *detector* non segnalerà più il passaggio del raggio (è questo il risultato anche nel caso in cui $d_e = d_0$ per ω_e minore o uguale a ω_0). Ci preme qui precisare che, in entrambi i casi ($\omega_e = \omega_0$ e $\omega_e < \omega_0$), la velocità della luce rispetto al *blocco 2* è minore di c_0 ¹⁷. Se così non fosse non sarebbe necessaria la contrazione della distanza d (caso $\omega_e = \omega_0$). Ciò viene rivelato anche dal fatto che *Ob.1* e *Ob.3* misurano una contrazione per il *blocco 2* (nel caso $d_e < d_0$) contemporaneamente ad una diminuzione della velocità della luce rispetto ad esso, mentre *Ob.2* non avverte nessun cambiamento.
- L4. Se mettiamo in moto il *blocco 2* in verso opposto, facendolo cioè avvicinare al *blocco 1*, si ha una fenomenologia totalmente diversa dal caso precedente: sia nel caso $\omega_e = \omega_0$ che nel caso $\omega_e < \omega_0$ (così come nel caso $d_e < d_0$ che in quello $d_e = d_0$) non si avrà passaggio della luce attraverso le due fenditure, a causa dell’aumento della velocità della luce rispetto al *blocco 2* ($\omega_e < \omega_0$ e $d_e < d_0$ in questo caso servono solo a far ingigantire le discrepanze). *Ob.1* e *Ob.3* stavolta misurano una contrazione del *blocco 2* (caso $d_e < d_0$) contemporaneamente ad un aumento della velocità della luce rispetto al *blocco 2*.
- L5. Mettendo in moto ambedue i blocchi in verso, direzione e modulo identici, realizziamo un *co-moving* del tutto incontemplato o fenomenologicamente inerte per la SR¹⁸. Supponiamo di mettere in moto l’insieme del sistema *blocco 1* + *blocco 2*, muovendolo verso destra (facendo riferimento alla Fig. 1), ponendo cioè il *blocco 2* “in prua” e il *blocco 1* “in poppa”. Per la SR una tale situazione è priva di significato, in quanto l’unica

¹⁵ Il lettore non mancherà di notare a questo punto che le cosiddette trasformazioni di Lorentz esigono una simmetria che in questo caso risulterebbe non solo forzata ma addirittura in antitesi con la struttura concettuale del loro stesso creatore. Per un approfondimento rinviamo a Macri (1999b).

¹⁶ Segnaliamo qui un’altra possibilità esterna alle strutture concettuali sia di Lorentz che di Einstein: assenza di contrazione con o senza diminuzione di ω . Bisogna ammettere, come sottolineato da Franco Selleri durante la Conferenza nazionale *Nuove risposte ai problemi della relatività* (Cesena, Centro di Epistemologia, 15/2/1999), che a tutt’oggi non si ha nessuna dimostrazione incontrovertibile della contrazione di Lorentz. Indicheremo d’ora in avanti questa eventualità come $d_e = d_0$.

¹⁷ A patto che la verifica venga fatta diversamente dal solito metodo. In fondo il nostro dispositivo potrebbe fare da *velocity tester*.

¹⁸ Per un approfondimento del *co-moving* e dei suoi effetti antirelativistici a causa della realtà del *campo* come *terzo corpo* indipendente, si veda Macri (1999a).

cosa che conta è il movimento relativo tra i due blocchi. D'altra parte, se esiste un campo o un qualunque concetto di etere, così come avviene nella SCL, esiste un terzo corpo di riferimento indipendente che non si lascia “ingabbiare” da un puro relativismo machiano e, cosa assai importante, si manifesta anti-relativisticamente in situazioni apparentemente inoffensive e simmetriche per la SR, come nel caso del *co-moving*. A causa dell'indipendenza del campo e delle sue perturbazioni, rispetto alla sorgente e al ricevitore, la SCL prevede per questo tipo di *co-moving* una fenomenologia che somma i punti L1 e L3 visti precedentemente. In sintesi, si deve manifestare un passaggio di fotoni verso il *detector* (caso $d_e < d_0$).

L6. Se il *co-moving* avviene in verso opposto al precedente, con il *blocco 1* “in prua” e il *blocco 2* “in poppa”, per la SCL si ha una fenomenologia opposta, data dalla somma dei punti L2 e L4. Nessun passaggio di fotoni verso il detector (e questo qualunque sia d_e e ω_e).

L7. Per completezza descriviamo qui di seguito anche i casi in cui il moto viene impresso ad entrambi i blocchi con verso opposto. Esaminiamo per primo il caso in cui i due blocchi si allontanano tra loro. A causa dell'indipendenza della velocità della luce dalla sorgente, si avrà una fenomenologia identica ai punti L3 e L5: passaggio del raggio luminoso al detector (caso $d_e < d_0$).

L8. Nel caso in cui i due blocchi si avvicinano tra loro, per le stesse ragioni viste nel caso precedente, si ha una fenomenologia identica ai punti L4 e L6: nessun passaggio del raggio luminoso verso il detector (qualunque sia d_e e ω_e).

E1-8. La SR dovrebbe rilevare in tutti i casi esaminati un'identità di effetti: il passaggio del raggio luminoso verso il detector. Ciò a causa dell'aspetto simmetrizzante della teoria. Infatti questa non prevede differenza alcuna tra moto del *blocco 1* e moto del *blocco 2*. *Ob.2* può sempre pensare che è il *blocco 1* a muoversi. La simmetria, cuore della SR, porta alla totale indipendenza dal verso della velocità per quanto riguarda contrazione delle lunghezze e dilatazione dei tempi (conseguentemente alle trasformazioni di Lorentz focalizzate dalla struttura concettuale einsteiniana invece che da quella lorentziana¹⁹). In particolare la fenomenologia del *co-moving* nei casi L5 e L6 traccia un percorso epistemico difficilmente percorribile dalla SR: a causa della totale indipendenza del moto perturbatorio del campo dalla sorgente e dal ricevitore²⁰, questo (il campo) assume i contorni di un terzo corpo di riferimento, simile al *corpo Alfa* di C. Neumann. Si veda la Tabella 1 per una visione complessiva dei punti toccati, dove oltre alle voci “SR” e “SCL” è stata aggiunta anche “LR” (Relatività di Lorentz) al fine di non evidenziare soltanto il carattere concettuale dell'esperimento. Il relativista in disaccordo sui valori della colonna “SR” non ci coglierebbe di sorpresa²¹: ci dovrebbe dimostrare però che i nuovi valori non cadono in contraddizione con la logica

¹⁹ “Osserviamo che le equazioni [di Lorentz] scritte sono identiche per i due sistemi, se si tiene conto del segno della velocità relativa. Così infatti deve essere, perché il principio di relatività vuole che non sia possibile distinguere tra l'uno e l'altro, ossia decidere quale dei due sia in moto e quale fermo” (Levi 1981, p. 24, corsivo aggiunto).

²⁰ Cioè a causa della *proprietà beta* del campo, come è stato analizzato in Macri (1999a), al quale rimandiamo per un approfondimento.

²¹ Sono state ricevute risposte contraddittorie, ad esempio, ad alcune domande lanciate via e-mail dal presente autore ai grandi luminari del territorio italiano sul tema “relatività”. Sembra che questa sia riuscita a frantumare anche il Mondo 3 di Popper: se la teoria è oggettiva dovrebbe dare risposte univoche; d'altra parte il relativista viene giustificato per l'anti-intuitività data dal “mastery instead of the servitude of mathematics in relation to physics” (Dingle 1972, p. 130). Ci chiediamo se questa “Physics in the shadow of Mathematics” (Pyenson 1985, p. 101) non porti anche ad un affievolimento della semantica tale da far credere di aver capito ciò che invece sarebbe incomprensibile.

dell'esperimento. La voce "CLASSIC" identifica i risultati dell'esperimento in assenza assoluta di contrazione lorentziana.

		SR	SCL	LR ($\omega_0 < \varepsilon$)*	LR ($\omega_0 > \varepsilon$)**	CLASSIC
L1		on	on	off	off	on
L2		on	on	off	off	on
L3		on	on	on	off	off
L4		on	off	off	on	off
L5		on	on	on	off	off
L6		on	off	off	on	off
L7		on	on	on	off	off
L8		on	off	off	on	off

Tabella 1 - Risultati qualitativi del passaggio di luce al detector

* La velocità angolare ω viene posta minore di ε (dove con ε si intende il valore di ω necessario affinché il raggio luminoso passi fino al *detector* nelle condizioni di settaggio iniziale) in modo da far passare il raggio ad una determinata velocità di allontanamento (del nostro *velocity selector* o del solo *blocco 2*) dal *centro dei fronti d'onda* (CFO). Si noti che la velocità angolare ω non viene misurata (ad esempio tramite orologi) né riaggiustata (l'utilizzo di un motore per ottenere ω porterebbe a nuove problematiche): in altri termini, l'importante qui è rilevare soltanto se il detector segnala passaggio di luce oppure no.

** La velocità angolare ω , contrariamente alla voce precedente, viene posta maggiore di ε , in modo da far passare il raggio luminoso ad una determinata velocità di avvicinamento del *blocco 2* o dell'intero *velocity selector* rispetto al CFO.

Si noti la comparsa di un "terzo corpo" di riferimento antirelativistico: il centro dei fronti d'onda (CFO)²².

La discriminabilità appena analizzata tra teoria di Lorentz e teoria di Einstein crea un terreno epistemico capace di evidenziare elementi di auto-contraddittorietà di quest'ultima. Per

²² Il laser del *blocco 1* va qui concettualizzato come una fonte luminosa emanante fronti d'onda perfettamente sferici e non simmetrici rispetto alla sorgente se non in un *aether-frame*. È questo il contrasto più evidente tra la teoria di Lorentz e quella di Einstein. Possiamo quindi pensare per analogia col *sistema C di riferimento* in meccanica (cioè il sistema di riferimento del centro di massa) ad un centro dei fronti d'onda (CFO), equivalente ad un micro *aether-frame* (sarebbe forse più esatto definire il CFO come il centro dei fronti d'onda in atto di misura, in quanto viene preso in considerazione il centro di quei particolari fotoni che stanno per essere misurati o analizzati nell'istante considerato). Supponiamo che ad uno stesso istante t_1 un doppio-laser sfasato a 180° (in modo da lanciare due fotoni simultaneamente in direzioni opposte) spari due fotoni, uno in direzione del *blocco 2* e uno nel verso opposto. A causa dell'indipendenza della perturbazione del campo dalla sorgente (quello che altrove abbiamo chiamato *proprietà beta* del campo: cfr. Macrì, 1999a) o - che è equivalente - del "volo fotonico" rispetto al laser, possiamo immaginare in un istante t_2 successivo a t_1 che l'intero *velocity selector* riceva un impulso - di durata trascurabile rispetto al tempo di volo del fotone verso il *detector* - nella stessa direzione o in direzione contraria al fotone, in modo da aumentare o diminuire la velocità del *velocity selector* rispetto al CFO. Quale strategia possono ipotizzare i relativisti per non ammettere una caduta o un aumento di velocità del fotone rispetto al *blocco 2*? I fotoni successivi, lanciati dopo t_2 nel moto perfettamente inerziale del *velocity selector*, subiranno la stessa sorte dei fotoni lanciati in t_2 ? Per l'SCL la risposta è sì. Se il relativista risponde no allora il nostro diventa un possibile esperimento cruciale per decidere tra le due teorie: se risponde sì allora dovrà anche ammettere che il CFO non è più simmetrico rispetto alla sorgente, ossia non può più essere identificato con quest'ultima, forzando allora una genesi identificatoria del moto e rimettendo in discussione il cosiddetto sistema di riferimento inerziale come classicamente inteso e relativisticamente sottinteso, oltre che accettare variazioni della velocità della luce rispetto al *blocco 2*. Si rimanda a Macrì (1999e) per un'analisi approfondita sul concetto di *moto gnoseologicamente determinato*.

il fatto [1] che per la SR non esiste differenza alcuna tra “movimento del *blocco 1* in un verso” o “movimento del *blocco 2* nel verso opposto”, [2] che il movimento di entrambi i blocchi in un verso o nel verso opposto (*co-moving*) non ha per la SR significatività²³, [3] che il campo con la sua perturbazione (o l'insieme dei fotoni lanciati) è completamente indipendente sia dal movimento della sorgente che dal ricevitore, [4] che il significato profondo di quest'ultimo punto è la comparsa di un “terzo corpo” di riferimento, sostitutivo localmente dell'ipotetico “corpo Alfa” di C. Neumann²⁴, [5] che nel tempo di transito dei fotoni dalla prima alla seconda fenditura del *blocco 2* deve anche essere considerato lo spostamento contemporaneo dei due dischi (si pensi ad un “terzo osservatore”²⁵ ancorato al CFO), [6] che ciò porta a considerare una velocità della luce diversa da quella relativistica e in particolare non invariante²⁶, la SR cade in contraddizione per la presunta simmetria che non esiste e non può esistere²⁷.

2. La realtà del paradosso dei gemelli (che chiameremo effetto gemelli, a causa della probabile fondatezza empirica dell'effetto²⁸) porta alla rottura della simmetria relativistica: la rottura della covarianza nel comportamento asimmetrico dei due orologi. Ora ciò porta a delle conclusioni, sfuggite dal controllo di Einstein e dei successivi relativisti, che in qualche modo si ritorcono contro “l'anima” (la *simmetria*) della stessa SR. A rigore, infatti, questa rottura della covarianza dovrebbe essere presente non solo nel caso della dilatazione del tempo, ma anche nella contrazione delle lunghezze e in tutti gli altri casi, come nell'*effetto Doppler*.

Se fino ad oggi si è pensato che il gemello in partenza su un'astronave sarebbe rimasto più giovane del gemello rimasto sulla Terra, a nessuno è venuto in mente che questa rottura della simmetria delle trasformazioni di Lorentz porta necessariamente ad una diversa fenomenologia sperimentabile dal gemello in moto. Infatti, l'asimmetria determinata dall'accelerazione non è soltanto collegata col gemello fermo o col pianeta Terra, ma con tutti i moti inerziali dell'Universo. Ciò significa che la dilatazione del tempo che avviene per il gemello in moto è oggettiva e universale. Ma questo significa anche che “l'asimmetria inversa” che il gemello in moto avverte, lo porta a “vedere” l'intera “sequenza fenomenica” che cade sotto i suoi sensi con una velocità aumentata, inversamente proporzionale alla dilatazione del tempo (si dovrebbe, a rigore, parlare di *contrazione del tempo* per il sistema di riferimento solidale col gemello in astronave)! In altri termini, a parte l'“ambiente” circostante (la navicella) che ha subito le stesse accelerazioni, tutto scorre più velocemente per gli occhi del gemello in moto! L'asimmetria non è soltanto in una direzione e nel confronto finale fra i *gemelli*, ma in ambedue le direzioni e durante tutto il viaggio²⁹.

Analogamente, per quanto riguarda la contrazione delle lunghezze, bisogna convenire su un'identica asimmetria: il razzo sarà realmente più corto, e per esso tutto il resto diventerà più lungo (bisognerebbe quindi parlare di *dilatazione delle lunghezze* per un riferimento solidale col *gemello* in moto). Tutto ciò porta ad un'incompletezza di calcolo, oltre che epistemico-semanticamente,

²³ La SR contempla la relazione tra sorgente e osservatore astraendo dal mezzo, considerando cioè quest'ultimo superfluo. In particolare non esiste e non può esistere alcun “terzo corpo” di riferimento per la SR. Cfr. Einstein (1905) e Macrì (1999a).

²⁴ Cfr. Macrì (1999a).

²⁵ Cfr. Macrì (1999e).

²⁶ R.L. Smith (1970) classifica addirittura 7 diverse velocità. Esisterebbe a nostro avviso un'ottava, cruciale per lo smascheramento dei “salti concettuali” einsteiniani. Si veda, a questo riguardo, Macrì (1999e).

²⁷ Per un approfondimento si veda Macrì (1999b, 1999c, 1999f). Vogliamo qui rilevare che è possibile ipotizzare l'esistenza di una classe di esperimenti sulla scia di quello sopra analizzato, capaci di mettere in discussione il *principio di equivalenza* di Einstein o, in alternativa, di porre quest'ultimo in “rotta di collisione” con la SR. Per un'analisi dimensionata su quest'aspetto si rimanda a Macrì (1999i).

²⁸ Cfr. Selleri (1998), Macrì (1999f, 1999g).

²⁹ Un approfondimento si trova in Macrì (1999f e 1999g).

su tutti i paradossi delle contrazioni spaziali, come quello dello “sciatore e la buca”, o quello dell’“auto e il garage”³⁰.

Ma l’applicazione più interessante del “doppio senso” dell’asimmetria è sicuramente nel campo dell’effetto Doppler. Il famoso *effetto Doppler trasversale*, vanto della SR, in realtà è una dimostrazione chiara ed evidente di questo tipo di asimmetria. Infatti bisogna considerare che *si ha una dilatazione del tempo (effetto gemelli) se è la sorgente ad essere in moto*, mentre, viceversa, *si ha una “contrazione del tempo” se è il ricevitore ad essere in moto*. Una conferma di ciò si ha con l’esperimento di Hay, Schiffer, Cranshaw e Egelstaff (1960)³¹: tramite una sorgente di raggi gamma montata nel centro di un rotore e di un assorbitore di tali fotoni posto sul perimetro di questo (e viceversa, assorbitore al centro e sorgente sul perimetro) si eseguono misure in funzione della velocità angolare del rotore. La sorgente radioattiva (nuclei radioattivi di Fe⁵⁷) viene messa, in un intervallo molto stretto di frequenza tramite *effetto Mössbauer*, in risonanza con l’assorbitore. I risultati di questi esperimenti possono venire facilmente interpretati con quanto appena esposto³².

Infine, il concetto di velocità deve essere rivisitato. Troppi salti concettuali da Galileo a Einstein!³³ Tutto ciò, volendolo sintetizzare in poche parole, significa che “il milione per anno”³⁴ di conferme sperimentali che i relativisti adducono alla SR, sono praticamente tutte di “rottura della covarianza”, cioè spuntano quando la SR perde il “cuore”: la *simmetria*. Se si aggiunge che l’analisi appena esposta è estensibile fino ai “confini” della teoria, lasciando intatto nulla (si pensi, ad esempio, alla dinamica relativistica: la massa di un oggetto, per “rottura”, aumenta realmente e oggettivamente con la velocità...³⁵), e che molte volte i relativisti aggiungono a ciò errori in modo del tutto gratuito (come ad esempio nel calcolo della quantità di combustibile per lanciare un razzo a velocità relativistiche: vengono fuori dai calcoli valori sproporzionati in quanto viene trascurato il fatto che, a rigore, anche il combustibile aumenta di massa durante il moto...), ci si chiede cosa rimane del relativismo machiano-einsteiniano...

3. Il punto, ancor più che fondamentale, fondante per la SR è la relatività della simultaneità. I relativisti non si limitano solo ad un uso costruttivo, ma nelle loro mani la relatività della simultaneità diventa lo strumento di difesa più potente che hanno contro ogni possibile attacco. Invalidare questo punto significa far crollare l’intera teoria.

La prima cosa da osservare è che, contrariamente a quanto è stato detto fino ad oggi, la simultaneità non è in rapporto biunivoco con la dilatazione del tempo. Le due cose sono del tutto indipendenti. In particolare, può esistere un tempo locale relativo fianco a fianco con una simultaneità assoluta³⁶.

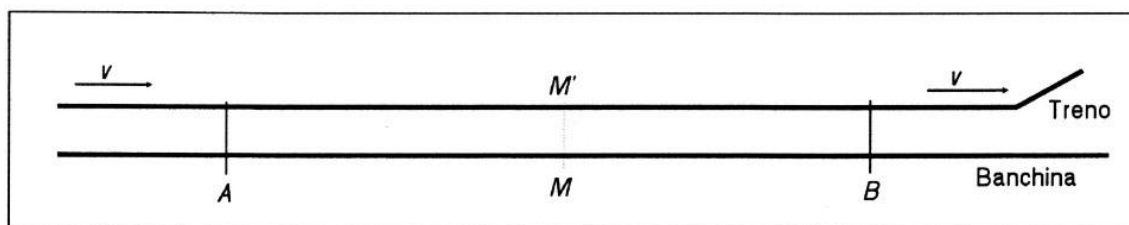


Fig. 2 - Einstein's train

³⁰ Si veda, ad esempio, Boniolo-Dorato (1977, § 2.4.2). Si cfr. anche Rindler (1961 e 1977) e Wald (1977). Per un’analisi dettagliata si veda Macrì (1999b).

³¹ Si veda anche Bronowski (1963) e Kundig (1963).

³² Per un’analisi dettagliata si veda Macrì (1999h).

³³ Si rimanda a Macrì (1999e).

³⁴ Bergia (1980, p. 133).

³⁵ Si veda Macrì (1999b).

³⁶ Cfr. Macrì (1999d).

Prendiamo in esame l'esperimento mentale del treno più volte proposto da Einstein (si veda Fig. 2). Viene affermato che, siccome l'osservatore sul treno si muove rapidamente verso il raggio di luce che proviene da B , quest'ultimo giungerà all'occhio dell'osservatore prima di quello proveniente da A . Ora questo è vero solo a patto di ammettere anche che l'osservatore sul treno avrà "l'impatto" con il bagliore proveniente da B non nel punto M' coincidente con M , ma spostato di una distanza $\Delta s (= v\Delta t)$ equivalente ad un tempo Δt di anticipo rispetto all'osservatore della banchina³⁷. Quando però viene detto che "gli osservatori che assumono il treno come loro corpo di riferimento debbono perciò giungere alla conclusione che il lampo di luce B ha avuto luogo prima del lampo di luce A " si cade, a nostro avviso, in un grave errore. Perché gli osservatori dovrebbero fidarsi del segnale arrivato alle loro retine, a tal punto da inferire che i fulmini (che non sono il segnale) abbiano toccato simultaneamente i punti A e B ? Come mai la simultaneità di due eventi deve coincidere con la simultaneità di ricezione dei due segnali?³⁸

Vorremmo qui far notare che i segni (le "bruciacchiature") lasciate dai fulmini sulla banchina e sul treno sono prioritarie e potenzialmente sufficienti per discriminare una reale simultaneità. Infatti, al di là dei bagliori in arrivo (che chiaramente non possono arrivare simultaneamente per la semplice ragione che gli osservatori si spostano nel frattempo), è sufficiente che esista una velocità relativa tra il treno e la banchina diversa da zero, oltre ai segni A e B (dove A e B in questo caso corrispondono alle bruciacchiature), per poter stabilire l'esistenza di una reale simultaneità a livello ontologico. La sovrapposizione dei punti A e B del treno con quelli della banchina (cioè l'identica distanza tra le bruciacchiature del treno e quelle della banchina per un "terzo osservatore") ammette un'unica soluzione: la *simultaneità assoluta*. Si noti che – contrariamente a quanto potrebbe essere pensato dagli epistemologi operazionisti – il *livello ontologico* è sufficiente a "occludere" *a priori* percorsi metodologico-concettuali altrimenti chimericamente aperti (come ad esempio la linea operativa adottata da Einstein).

Il livello operativo viene raggiunto utilizzando semplicemente le misure delle due distanze $A \rightarrow B$ del treno e della banchina effettuate da un unico sistema di riferimento, terzo osservatore o treno o banchina che sia. Viene quindi utilizzato per questi ultimi due il confronto tra una misura propria (effettuata all'interno del proprio sistema) e una impropria (effettuata esternamente all'altro sistema): se le misure coincidono siamo allora in presenza di una simultaneità assoluta³⁹.

Nella Fig. 3 viene proposto un diverso sistema di rilevamento della simultaneità.

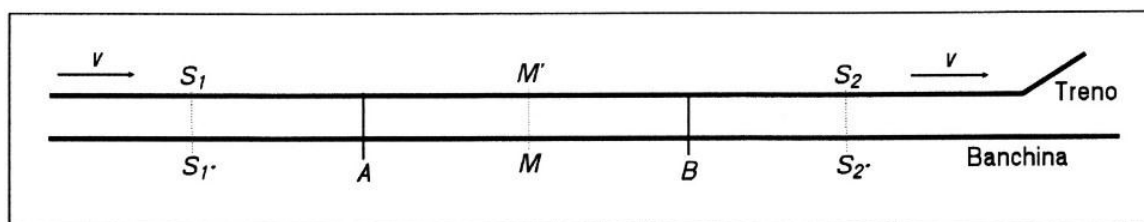


Fig. 3 – *New Einstein's train*

³⁷ Segnaliamo qui un errore logico di Einstein, mentre nella nota seguente viene evidenziato un errore filosofico. Scrive nel 1916 (Cap. 1, § 9, p. 62) a proposito della relatività della simultaneità: "Proprio quando si verificano i bagliori (giudicato dalla banchina) del fulmine, questo punto M' coincide naturalmente con il punto M ".

³⁸ Ed è questo il tremendo errore semantico-concettuale: "Allorché diciamo che i colpi di fulmine A e B sono simultanei rispetto alla banchina intendiamo: i raggi di luce provenienti dai punti A e B dove cade il fulmine si incontrano l'uno con l'altro nel punto medio M dell'intervallo $A \rightarrow B$ della banchina." (Einstein, 1916, cap. 1, § 9, pp. 61-2).

³⁹ Viene evitato il confronto tra le due misure proprie o improprie al fine di eliminare nella misura la possibilità di una contrazione lorentziana dovuta al moto del sistema in questione rispetto ad un *aether-frame*. Si noti che, essendo la simultaneità (e la relativa sincronizzazione degli orologi) a fondamento della misura della contrazione einsteiniana, ciò non sarebbe necessario per la struttura concettuale di Einstein (equivalente in questo caso alla pre-lorentziana assenza di contrazione).

Come si vede, è l'esperimento di partenza suggerito da Einstein con una variante: A e B si trovano questa volta, rispettivamente, nel punto medio dell'intervallo $M' \rightarrow S_1$ e $M' \rightarrow S_2$ dove S_1 e S_2 sono due specchi posti a identica distanza dal punto medio M' . Per quanto riguarda la loro simmetria, questa può essere ottenuta lanciando due raggi di luce verso i due specchi simultaneamente dal punto medio M' e verificando che ritornino ad M' analogamente in modo simultaneo: infatti per ragioni di simmetria il tempo totale di andata e ritorno di ogni singolo raggio deve essere necessariamente uguale all'altro.

All'arrivo dei due colpi di fulmine nei punti A e B stavolta, oltre allo scarto di tempo (che al limite sarà uguale a zero) dei due segnali in arrivo al punto medio M' , che chiameremo Δt_{AB} (specificando di volta in volta se ci riferiamo al Δt_{AB} del treno o a quello della banchina), avremo anche i Δt_A e Δt_B (specificando sempre se appartengono al treno o alla banchina) relativi rispettivamente alla sequenza dei due segnali consecutivi al colpo di fulmine (che d'ora in avanti chiameremo CdF) nel punto A e ai due del fulmine in B (ad es.: quando arriva il CdF in A , il punto medio M' riceverà due segnali relativi ad A . Il primo è quello che parte da A per arrivare ad M' mentre il secondo è quello che da A arriva ad S_1 e consecutivamente a M'). Quindi Δt_A corrisponde all'intervallo di tempo trascorso fra il segnale arrivato ad M' da A e quello che ha percorso $A \rightarrow S_1 \rightarrow M'$).

La caratteristica peculiare di Δt_A e Δt_B è che il loro rapporto è uguale al rapporto degli intervalli spaziali $A \rightarrow S_1$ e $A \rightarrow S_2$ indipendentemente dalla velocità del sistema inerziale (nel nostro caso il treno), cosicché se $\Delta t_A / \Delta t_B$ è uguale ad 1 significa, in modo univoco, che le distanze dei due CdF con i relativi specchi sono esattamente uguali (e, in ultima analisi, che $A \rightarrow M' = B \rightarrow M'$)⁴⁰.

Ora, riguardo l'arrivo dei segnali in M' (esattamente in numero di quattro: due relativi ad A e due relativi a B), noi definiamo simultanei due eventi i cui segnali in arrivo, sia nel punto medio del treno che in quello della banchina, abbiano $\Delta t_A / \Delta t_B = 1$. Se poi si ha $\Delta t_{AB} = 0$ per uno dei due sistemi di riferimento, significa che questo è equivalente ad un *aether-frame* (o a un *field-frame*⁴¹). Vorremmo far notare a questo riguardo che per la rivelazione della simultaneità sono necessari i $\Delta t_A / \Delta t_B = 1$ sia del treno che della banchina (a meno di non usare un generatore di impulsi luminosi localizzato nel punto medio del sistema inerziale analizzato⁴²). Inoltre, se ad esempio il treno misura $\Delta t_{AB} = 0$ ma $\Delta t_A / \Delta t_B$ diverso da 1, necessariamente i CdF non sono alla stessa distanza da M' e questo invalida la simultaneità. Si comprende con chiarezza così come il ragionamento di Einstein cade: infatti non ha senso definire simultanei due eventi perché i loro segnali in arrivo lo sono. La simultaneità dei due segnali non garantisce quella dei due eventi (e viceversa, la simultaneità dei due eventi non garantisce quella dei due segnali). Errore logico-filosofico⁴³ non indifferente quello di non considerare che l'effettiva simultaneità di due eventi ha la caratteristica di poter essere analizzata anche non necessariamente "all'istante", di poter essere discriminata cioè a posteriori, in un secondo momento (la velocità dei segnali, in altre parole, non è essenziale per confermare o confutare la simultaneità).

"Numerous so-called tests [about relativity] have been made, and have all given results which have been held to prove the truth of the postulate. The failure to perceive that they are all invalid is, I think, one of the most remarkable examples of the paralysis of the intellect by which physics has been afflicted through the abandonment by the "experimenters" of the use

⁴⁰ Si vedano i relativi calcoli in Appendice.

⁴¹ Cfr. Macri (1999a).

⁴² Cfr. Macri(1999d).

⁴³ Cfr. Macri(1999f).

of their intelligence and their submission to the dictation of “mathematicians”, for the invalidity of these “tests” is so easy to see when one looks at them with an unprejudiced mind that it could not possibly have been over-looked by anyone of even moderate intelligence had he used that modest gift”⁴⁴.

Se l’affermazione di Herbert Dingle appena citata risultasse vera anche solo in parte, avremmo davanti un caso clamoroso nella storia del pensiero scientifico: una massa sterminata di “cervelli”, indagatori di una precisa teoria scientifica - la relatività speciale - sarebbe stata affetta da una sorta di “daltonismo cognitivo”, quasi un virus paralizzante annidato tra i “files nascosti” della matematica “asemantica”, che avrebbe immobilizzato la facoltà di giudizio degli scienziati di questo secolo. Dovremmo allora dire insieme a Dingle che: “Unless faith in reason is restored, and prejudice determinedly uprooted, the outlook in the present age is black indeed”.

Appendice

Calcoliamo il tempo necessario affinché il raggio di luce arrivi direttamente da A a M' :

$$t_{A \rightarrow M'} = \frac{\overline{AM'}}{c} + \frac{v}{c} t_{A \rightarrow M'} = \frac{\overline{AM'}}{c - v}$$

Per quanto riguarda l’equivalente del punto S sarà invece:

$$t_{B \rightarrow M'} = \frac{\overline{BM'}}{c} - \frac{v}{c} t_{B \rightarrow M'} = \frac{\overline{BM'}}{c + v}$$

Definiamo l’intervallo di tempo tra i primi due lampi diretti che arrivano ad M e M' (specificheremo di volta in volta) come:

$$\Delta t_{AB} = t_{A \rightarrow M'} - t_{B \rightarrow M'}$$

Risulta evidente che qualora esista una simultaneità dei segnali nel punto M' o M allora $\Delta t_{AB} = 0$. Per calcolare il tempo impiegato dal secondo raggio riflesso dallo specchio sommeremo i singoli tempi dei due stadi. Per $A \rightarrow S_1 \rightarrow M'$ sarà

$$t_{A \rightarrow S_1} = \frac{\overline{AS_1}}{c} - \frac{v}{c} t_{A \rightarrow S_1} = \frac{\overline{AS_1}}{c + v}$$

$$t_{S_1 \rightarrow M'} = \frac{\overline{S_1 M'}}{c} + \frac{v}{c} t_{S_1 \rightarrow M'} = \frac{\overline{S_1 M'}}{c - v}$$

$$t_{A \rightarrow S_1 \rightarrow M'} = t_{A \rightarrow S_1} + t_{S_1 \rightarrow M'} = \frac{\overline{AS_1}}{c + v} + \frac{\overline{S_1 M'}}{c - v} = 2 \frac{\overline{AS_1}}{c} \frac{1}{1 - \beta^2} + \frac{\overline{AM'}}{c - v}$$

⁴⁴ H. Dingle (1972, p. 205).

dove abbiamo posto $\beta = \frac{v}{c}$

Per quanto riguarda il punto B analogamente:

$$t_{B \rightarrow S_2} = \frac{\overline{BS_2}}{c} + \frac{v}{c} t_{B \rightarrow S_2} = \frac{\overline{BS_2}}{c - v}$$

$$t_{S_2 \rightarrow M'} = \frac{\overline{S_2 M'}}{c} - \frac{v}{c} t_{S_2 \rightarrow M'} = \frac{\overline{S_2 M'}}{c + v}$$

$$t_{B \rightarrow S_2 \rightarrow M'} = t_{B \rightarrow S_2} + t_{S_2 \rightarrow M'} = \frac{\overline{BS_2}}{c - v} + \frac{\overline{S_2 M'}}{c + v} = 2 \frac{\overline{BS_2}}{c} \frac{1}{1 - \beta^2} + \frac{\overline{BM'}}{c + v}$$

Quindi l'intervallo di tempo in relazione a M' o M (verrà specificato di caso in caso) tra il raggio diretto e quello riflesso rispettivo ad A è

$$\Delta t_A = t_{A \rightarrow S_1 \rightarrow M'} - t_{A \rightarrow M'} = 2 \frac{\overline{AS_1}}{c} \frac{1}{1 - \beta^2} + \frac{\overline{AM'}}{c - v} - \frac{\overline{AM'}}{c - v} = 2 \frac{\overline{AS_1}}{c} \frac{1}{1 - \beta^2}$$

rispetto a B risulta

$$\Delta t_B = t_{B \rightarrow S_2 \rightarrow M'} - t_{B \rightarrow M'} = 2 \frac{\overline{BS_2}}{c} \frac{1}{1 - \beta^2} + \frac{\overline{BM'}}{c + v} - \frac{\overline{BM'}}{c + v} = 2 \frac{\overline{BS_2}}{c} \frac{1}{1 - \beta^2}$$

In particolare risulta $\frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} = 1$ quando A e B e i due specchi S_1 e S_2 sono posti simmetricamente rispetto a M . Se A risulta spostato rispetto all'immagine speculare di B (rispetto ad M) allora necessariamente sarà $\Delta t_A \neq \Delta t_B$

Da notare infine che qualora assumessimo le velocità dei sistemi inerziali rispetto al sistema dei CFO (= *aether-frame*), allora sarebbe valida anche

$$v = \frac{\Delta t_{AB}}{\Delta t_A} c$$

dove v è la velocità del sistema inerziale rispetto a questo, a patto che si sia verificata una simultaneità "reale".

References

- U. Bartocci - R.V. Macrì, *Il linguaggio della matematica*, preprint 1999.
- S. Bergia, *Einstein e la relatività*, Roma-Bari 1980.
- G. Boniolo - M. Dorato, *Dalla relatività galileiana alla relatività generale*, in *Filosofia della fisica*, Boniolo (Ed.), Milano 1997.
- P.W. Bridgman, *The Logic of Modern Physics*, New York 1927 (citazioni prese dalla trad. italiana *La logica della fisica moderna*, Torino 1965).
- J. Bronowski, *The Clock Paradox*, "Scientific American". Feb. 1963.
- R. Descartes, *Regulae ad directionem ingenii*, 1622, in *Cartesio, Opere filosofiche*, E. Garin (ed.), 4 voll., Vol. I, Roma-Bari 1991.
- H. Dingle, *The case against Special Relativity*, "Nature", October 14, 1967, riportato in Dingle (1972).
- H. Dingle, *The case against the Special Theory of Relativity*, "Nature", January 6, 1968.
- H. Dingle, *Science at the Crossroads*, London 1972.
- A. Einstein, *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, "Annalen der Physik", XVII, 1905, pp. 891-921.
- A. Einstein, *Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie*, 1916 (citazioni prese dalla trad. italiana *Relatività: esposizione divulgativa*, Torino 1967).
- J.J. Hay - J.P. Schiffer - T.E. Cranshaw - P.A. Egelstaff, "Phys. Rev. Letters", 4, 165, 1960.
- K.F. Herzfeld - H. Smallwood, *A Treatise on Physical Chemistry*, 3^a ed., Vol. 2, Princeton, New Jersey 1951.
- W. Kundig, "Phys. Rev.", 129, 2371, 1963.
- F.A. Levi, *Esplorazione del tempo e dello spazio*, Milano 1981.
- R.V. Macrì, *Asimmetrie antirelativistiche del campo (Field's Relativity-violating Asymmetries)*, preprint 1999a.
- R.V. Macrì, *Simmetrie forzate e simmetrie infrante nella Teoria di Einstein (Forced Symmetries and Broken Symmetries in Einstein's Theory)*, in prep. 1999b.
- R.V. Macrì, *Einstein e il principio di ragion sufficiente (Einstein and the Sufficient Reason Principle)*, in prep. 1999c.
- R.V. Macrì, *Simultaneità assoluta e tempo locale relativo (Absolute Simultaneity and Relative Local Time)*, in prep. 1999d.
- R.V. Macrì, *Il terzo osservatore: analisi critica di relatività del moto e di sistema inerziale (The Third Observer: Critical Analysis of Motion Relativity and Inertial Frame)*, in prep. 1999e.
- R.V. Macrì, *Sillogismo di Dingle, "Twin and Clock Paradoxes" e analfabetismo filosofico (Dingle's Syllogism, "Twin and Clock Paradoxes" and Philosophical Illiteracy)*, in prep. 1999f.
- R.V. Macrì, *Effetto gemelli: il "cavallo di Troia" della teoria della relatività speciale (Twin Effect: The Troy Horse of Special Relativity Theory)*, in prep. 1999g.
- R.V. Macrì, *L'effetto Doppler antirelativistico (The Antirelativistic Doppler Effect)*, in prep. 1999h.
- R.V. Macrì, *Sul principio di equivalenza di Einstein (On the Einstein's Principle of Equivalence)*, in prep. 1999i.
- L. Pyenson, *The young Einstein - The advent of relativity*, Bristol and Boston 1985.
- M. Polanyi, *Personal Knowledge. Towards a Post-Critical Philosophy*, London 1958.
- R. Resnick, *Introduction to Special Relativity*, New York-London 1968 (citazioni prese dalla trad. italiana *Introduzione alla relatività ristretta*, Milano 1979).
- W. Rindler, *Length contraction paradox*, "Am. J. Phy.", pp. 365-366, 1961.
- W. Rindler, *Essential relativity*, New York 1977.
- G. Rizzi, *Dalla cinematica classica a quella relativistica: nascita di un paradigma*, relaz. del conv. *Nuove risposte ai problemi della relatività*, Cesena 15 febbraio 1999.
- F. Selleri, *Preface*, in *Open Questions in Relativistic Physics*, F. Selleri (Ed.). Montreal 1998.
- R.L. Smith, *The Velocities of Light*, "Am. J. Phy.", Vol. 38, N. 8, August 1970.
- R. Wald, *Space, time and gravity*, Chicago 1977.