

Presentismo e Teoria della Relatività

Emiliano Boccardi

Macerata, 6 Novembre, 2013

(0) Introduzione: La Fisica Pre-relativistica

- Trasformazioni Galileiane

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

- Relatività Galileiana (1639)

Le leggi fisiche sono invarianti rispetto alle trasformazioni Galileiane.

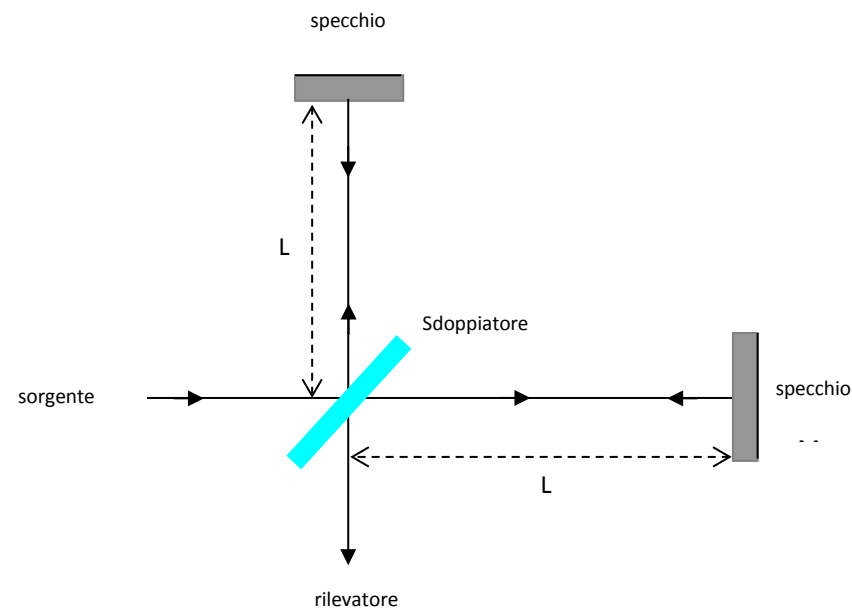
- Teoria di Maxwell (1861)

La teoria di Maxwell prevede che il campo elettrico e magnetico si propaghino nello spazio vuoto ad una velocità finita e costante:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

... rispetto a cosa?

- La costanza di c e l'esperimento di Michelson-Morley (1887)



- Contrazione delle lunghezze e dilatazione dei tempi
- Lorentz (1892)
- George FitzGerald (1889)
- Larmor (1897) : “I singoli elettroni descrivono le parti corrispondenti delle loro orbite in tempi più brevi nel sistema [dell’etere]”

- Le trasformazioni di Lorentz

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right)\end{aligned}\quad \text{dove } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

(1) La Fisica Relativistica

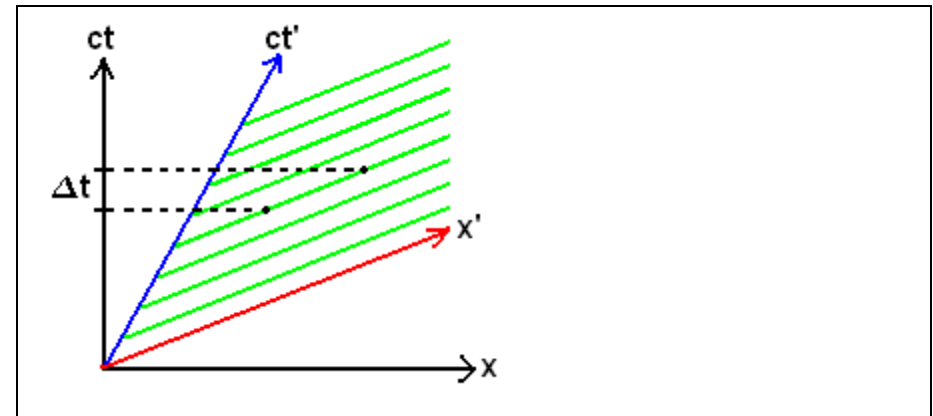
- Poincaré (1905)
- Einstein (1905)
- **Principio di Relatività Ristretta:** Le leggi fisiche sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali
- **Principio di Costanza della Velocità della Luce:** La velocità della luce è la stessa in tutti i sistemi di riferimento inerziali
- I due principi sono necessari per derivare le trasformazioni di Lorentz, come avevano capito anche Lorentz e Poincaré. Einstein ha notato che sono anche sufficienti (non necessitano di un sistema di riferimento preferenziale).
- “As regards the mechanical nature of Lorentz’s aether one might say of it, with a touch of humor, that immobility was the only mechanical property which H. A. Lorentz left it” (Einstein 1920: 7).

- La relatività della simultaneità

È impossibile fondare una teoria delle leggi di trasformazione dello spazio e del tempo sul solo principio di relatività. Come sappiamo, questo è connesso alla relatività dei concetti di “simultaneità” e di “forma dei corpi in movimento”. Per colmare questa lacuna, ho introdotto il principio di costanza della velocità della luce, che ho mutuato dalla teoria dell’etere luminifero stazionario di H. A. Lorentz, e che, come il principio di relatività, contiene un’ipotesi fisica che pareva essere giustificata dai soli esperimenti rilevanti (quelli di Fizeau, Rowland, etc.)

[Albert Einstein (1912)]

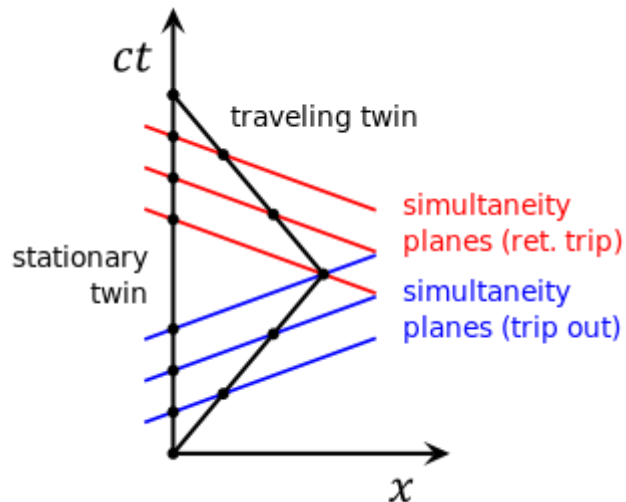
- Spaziotempo di Minkowski
- Il cono di luce



Le linee con t' costante (verdi) sono parallele all'asse x' e rappresentano eventi simultanei rispetto al sistema (x', t') .

“D’ora in avanti, lo spazio e il tempo, considerati separatamente, sono destinati a scomparire come ombre, e solo una sorta di unione dei due preserverà una realtà autonoma”.

- Il Paradosso dei Gemelli



Nota: le accelerazioni, di per se, non hanno alcun effetto sugli orologi (Bailey et al. 1997: 301–5).

$$\Delta t' = \gamma \left(\frac{u}{c^2} x \right)$$

- La correzione GPS (Van Flandern)

(2) Interpretazioni Einsteniana e Minkowskiana della relatività (Craig 1991)

- Spiegazioni causali vs/ spiegazioni strutturali

(3) Interpretazioni Neo-Lorentziane della Relatività

Una teoria si dice Lorentziana se afferma che:

- (i) gli oggetti fisici sono entità n-dimensionali che “endurano” nel tempo;

- (ii) il percorso di andata e ritorno della luce nel vuoto è isotropico in un sistema di riferimento preferenziale assoluto R_0 ;
- (iii) le distanze si contraggono e i tempi si dilatano come prescrive la relatività speciale solo nei sistemi in moto rispetto a R_0 .

- Interpretazione Neo-Lorentziana del Paradosso dei Gemelli
- Sottodeterminazione empirica delle tre interpretazioni

(4) Argomenti contro la teoria Neo-Lorentziana

- Il rasoio di Ockham (Einstein)
- La teoria del complotto (D’Abro, Zahar)

Se la natura fosse cieca, quale incredibile coincidenza potrebbe fare sì che la velocità attraverso l’etere ci venga sistematicamente nascosta? E se invece vi fosse della saggezza nella natura, sicuramente avrebbe questioni più importanti di cui occuparsi, e non sarebbe interessata a intralciare i nostri timidi tentativi di filosofare. La natura, quando vogliamo leggerci tutti questi straordinari accorgimenti ad hoc, ci pare maliziosa; fù troppo difficile accettare l’idea che il piano universale contenga aspetti tanto umani (d’Abro 1950: 138).

E’ improbabile che la Natura contenga allo stesso tempo profonde asimmetrie e fattori compensatori che le annullano perfettamente. Tale circostanza non è impossibile logicamente, e considerarla non è insensato; ma è inverosimile, o improbabile, nello stesso senso intuitivo in cui è inverosimile che una serie di coincidenze accidentali abbia un singolo effetto globale (Zahar 1973: 39)

(5) Argomenti a favore della teoria Neo-Lorentziana

- I presupposti verificazionisti della relatività Einsteniana

La tesi che vi sia un sistema di riferimento privilegiato venne scartata da Einstein per ragioni verificazioniste. Ma le ragioni verificazioniste non sono buone ragioni (per es. Craig 1990 and Swinburne 1983).

(anche Sklar 1981 argomenta che il verificazionismo svolge un ruolo fondativo nella teoria della relatività, però non ne trae la conclusione che sia per questo errata o incompleta).

“Per quanto concerne il sottoscritto [Lorentz], mi trovo soddisfatto dalle vecchie interpretazioni, secondo le quali l’etere possiede almeno qualche sostanzialità, lo spazio e il tempo possono essere separati nettamente, e si può parlare della simultaneità senza ulteriori precisazioni. In quanto a

quest'ultimo punto, si potrebbe appellarsi alla nostra capacità di immaginare velocità arbitrariamente alte. Così facendo, giungiamo molto vicini alla nozione di simultaneità assoluta. Infine, va notato che la sorprendente affermazione che non si possono osservare velocità più alte di quella della luce contiene una restrizione ipotetica di ciò che ci è accessibile, [una restrizione] che non posso accettare senza riserve" (Lorentz 1920a: 23)

- Argomenti derivanti dalla Meccanica Quantistica (Bell 1987: 279; Bell 1984: 66–76)

- Il paradosso EPR (Bell 1984)

What Michelson and Morley failed to detect using visible light radiation, twentieth century physicists discovered using microwave radiation.²² I think it's a deep dilemma, and the resolution of it will not be trivial; it will require a substantial change in the way we look at things. But I would say that the cheapest resolution is something like going back to relativity as it was before Einstein, when people like Lorentz and Poincare thought that there was an aether – a preferred frame of reference – but that our measuring instruments were distorted by motion in such a way that we could not detect motion through the aether. . . . that is certainly the cheapest solution. Behind the apparent Lorentz invariance of the phenomena, there is a deeper level which is not Lorentz invariant. . . . what is not sufficiently emphasized in textbooks, in my opinion, is that the pre-Einstein position of Lorentz and Poincare', Larmor and Fitzgerald was perfectly coherent, and is not inconsistent with relativity theory. The idea that there is an aether, and these Fitzgerald contractions and Larmor dilations occur, and that as a result the instruments do not detect motion through the aether – that is a perfectly coherent point of view. . . . The reason I want to go back to the idea of an aether here is because in these EPR experiments there is the suggestion that behind the scenes something is going faster than light. Now if all Lorentz frames are equivalent, that also means that things can go backward in time. . . . [this] introduces great problems, paradoxes of causality, and so on. And so it is precisely to avoid these that I want to say there is a real causal sequence which is defined in the aether.

("John Bell," (1986) interview in Davies and Brown; cf. Bell 1987: 279; see also Bell 1984: 66–76)

- Il collasso della funzione d'onda (Maudlin 1994)

Nello spaziotempo di Minkowski questa teoria del collasso non ha senso. Il collasso può essere istantaneo al Massimo in un sistema referenziale, il che lascia aperte due possibilità: o qualche aspetto della situazione individua un sistema di riferimento preferenziale, rispetto al quale il collasso è istantaneo, oppure il collasso non è affatto istantaneo (Maudlin 1994: 196; cf. pp. 137–38, 144).

- La radiazione cosmica di fondo e il vuoto quantistico (Smoot et al. 1977 e Dirac 1951)

Smoot, Gorenstein, e Muller hanno scoperto che la terra si muove rispetto alla radiazione di fondo con una velocità di 390+60 km/sec nella direzione della costellazione del leone. Gli autori commentano:

"L'anisotropia è opportunamente interpretabile come dovuta al moto della terra rispetto al sistema di riferimento in cui la radiazione cosmica di fondo è a riposo – ciò che Peebles chiama 'il nuovo etere'" (Smoot et al. 1977: 899).²¹

Munsouri and Sexl: "La scoperta della radiazione di fondo ha dimostrato che in cosmologia esiste un sistema di riferimento preferenziale. Quale candidato per un 'sistema di riferimento dell'etere', questo sistema è definito e individuato in modo molto meno ambiguo di quanto non fosse il sistema a riposo del sole ai tempi di Einstein (Munsouri and Sexl 1997: 497–98).

Dirac ha osservato che lo stato ideale del vuoto quantistico è un candidato adeguato per l'etere (Dirac 1951: 906–7).

- Incompatibilità dell'interpretazione Minkowskiana con le teorie A del tempo (Craig 1991)

(5) Conclusioni: Presentismo e teoria della relatività

- L'esistenza del futuro
 - La non relatività dell'esistenza (Putnam 1967)
 - L'argomento in favore dell'eternalismo
1. Se la relatività è vera, allora l'eternalismo è vero
 2. Se l'eternalismo è vero, il presentismo è falso
 3. Quindi se la relatività è vera il presentismo è falso

Risposta 1: La premessa 1 dipende da un'interpretazione Minkowskiana della relatività (cf. Rea, p. 226)

- L'argomento dalla similitudine fra spazio e tempo

1. Se la relatività è vera, lo spazio e il tempo hanno una natura fondamentalmente simile.
2. Perciò non vi è motivo per pensare che gli oggetti si relazionino al tempo diversamente da come fanno con lo spazio.
3. Quindi se gli oggetti sono estesi nello spazio essendo solo parzialmente presenti in ciascun punto in cui esistono, allora analogamente devono essere estesi nel tempo in quanto parzialmente presenti in ciascun punto del tempo in cui esistono.
4. Gli oggetti sono estesi nello spazio essendo solo parzialmente presenti in ciascun punto in cui esistono
5. Quindi se la relatività è vera l'endurantismo è falso.

Bibliografia

Aspect, Alain and Philippe Grangier (1986) 'Experiments on Einstein-Podolsky-Rosen-type correlations with pairs of visible photons', in R. Penrose and C. J. Isham (eds.), *Quantum Concepts in Space and Time*, Oxford: Clarendon Press, pp. 1–15.

Balashov, Y. (2000), 'Relativity and persistence', *Philosophy of Science* 67, S549–62.

Balashov, Y. (2002), On stages, worms and relativity, in C. Callender, ed., 'Time, Reality and Experience', Cambridge University Press, Cambridge, pp. 223–52.

Bell, J. S. (1983) 'On the Einstein Podolsky Rosen Paradox', *Physics* (1964) 1, 195–200, reprinted in *Quantum Theory and Measurement*, John Archibald Wheeler and Wojciech Hubert Zurek (eds.), Princeton Series in Physics, Princeton: Princeton University Press, pp. 403–8.

—— (1984) 'Quantum, Space and Time – The Quest Continues', in Asim O. Barut, Alwyn van der Merwe, and Jean-Pierre Vigiér (eds.), *Cambridge Monographs on Physics*, Cambridge: Cambridge University Press.

—— (1986) 'John Bell', interview in P. C. W. Davies and J. R. Brown, *The Ghost in the Atom*, Cambridge: Cambridge University Press.

—— (1987) 'The paradox of Einstein, Podolsky, and Rosen: action at a distance in quantum mechanics?' *Speculations in Science and Technology* 10, 279.

Bergson, Henri (1965) *Duration and Simultaneity*, trans. Leon Jacobson, Library of Liberal Arts, 1922; rep. ed., Indianapolis: Bobbs-Merrill.

Craig, W. L. (2001), *Time and the Metaphysics of Relativity*, Kluwer, Dordrecht.

Dainton, B. (2001), *Time and Space*, Acumen, Chesham.

Dickson, M. (1998), *Quantum Chance and Non-Locality : Probability and Non-Locality in the Interpretations of Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge.

Dirac, P. A. M. (1951) 'Is There an Aether?' *Nature* 168, 906–7.

—— (1980) 'Discussion', in Harry Woolf (ed.), *Some Strangeness in the Proportion*, Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Co., pp. 110–11.

Einstein, A. (1905), Zur Elektrodynamik bewegter Körper, *Annalen der Physik* 322 (10): 891–921

Einstein A. (1916), *Relativity: The Special and General Theory*, Springer

Einstein, Albert (1920), *Ether and the Theory of Relativity*, London: Methuen & Co.

Einstein, A. (1912), "Relativität und Gravitation. Erwiderung auf eine Bemerkung von M. Abraham", *Annalen der Physik* 38 (10): 1059–1064.

Hawley, K. (2001), *How Things Persist*, Oxford University Press, Oxford.

Hinchliff, M. (2000), 'A defense of presentism in a relativistic setting', *Philosophy of Science* 67, S575–86.

Lorentz, Hendrik Antoon (1886), "De l'influence du mouvement de la terre sur les phénomènes lumineux", *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* 21: 103–176

Lorentz, Hendrik Antoon (1892a), "La Théorie électromagnétique de Maxwell et son application aux corps mouvants at the Internet Archive", *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* 25: 363–552

Lorentz, Hendrik Antoon (1892b), "De relatieve beweging van de aarde en den aether" [The Relative Motion of the Earth and the Aether], *Zittingsverlag Akad. V. Wet.* 1: 74–79

Lorentz, Hendrik Antoon (1895), *Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern* [Attempt of a Theory of Electrical and Optical Phenomena in Moving Bodies], Leiden: E.J. Brill

Lorentz, Hendrik Antoon (1899), "Simplified Theory of Electrical and Optical Phenomena in Moving Systems", *Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences* 1: 427–442

Lorentz, Hendrik Antoon (1900), "Considerations on Gravitation", *Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences* 2: 559–574

Lorentz, Hendrik Antoon (1904a), "Weiterbildung der Maxwellschen Theorie. Elektronentheorie.", *Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften* 5 (2): 145–288

Lorentz, Hendrik Antoon (1904b), "Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light", *Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences* 6: 809–831

Lorentz, Hendrik Antoon (1910/1931), *Lecture on theoretical physics*, Vol.3, London: MacMillan

Lorentz, Hendrik Antoon (1914), *Das Relativitätsprinzip. Drei Vorlesungen gehalten in Teylers Stiftung zu Haarlem, Leipzig and Berlin*: B.G. Teubner

Lorentz, Hendrik Antoon (1914), "La Gravitation", *Scientia* 16: 28–59

Lorentz, Hendrik Antoon (1921), "Deux Mémoires de Henri Poincaré sur la Physique Mathématique" [Two Papers of Henri Poincaré on Mathematical Physics], *Acta Mathematica* 38 (1): 293–308, doi:10.1007/BF02392073

Lorentz, Hendrik Antoon; Lorentz, H. A.; Miller, D. C.; Kennedy, R. J.; Hedrick, E. R.; Epstein, P. S. (1928), "Conference on the Michelson-Morley Experiment", *The Astrophysical Journal* 68: 345–351, Bibcode:1928ApJ....68..341M, doi:10.1086/143148

Maxwell, N. (1985), 'Are probabilism and special relativity incompatible?', *Philosophy of Science* 52, 23–43.

Maxwell, N. (1993), 'On relativity theory and openness of the future', *Philosophy of Science* 60, 341–8.

Merricks, T., 1995, On the Incompatibility of Enduring and Perduring Entities, *Mind*, 104, pp. 523–31;

Minkowski, H. (1952) 'Space and Time', in W. Perrett and G. B. Jeffery (eds.), *The Principle of Relativity*, New York: Dover Publications

Munsouri, Reza and Roman U. Sexl (1997) 'A Test Theory of Special Relativity: I: Simultaneity and Clock Synchronization', *General Relativity and Gravitation* 8, 497–98.

Poincaré, Henri (1898/1913), *The Measure of Time, The foundations of science*, New York: Science Press, pp. 222–234

Poincaré, Henri (1905), *Sur la dynamique de l'électron* [On the Dynamics of the Electron], *Comptes Rendus* 140: 1504–1508

Putnam, H. (1967), 'Time and physical geometry', *Journal of Philosophy* 64, 240–7.

Rea, M., C., 1998, Temporal Parts Unmotivated, *Philosophical Review*, 1 07, pp. 225–60.

Rietdijk, C. W. (1966), A rigorous proof of determinism derived from the special theory of relativity', *Philosophy of Science* 33, 341–4.

Saunders, S. W. (1995), 'Time, quantum mechanics, and decoherence', *Synthese* 102, 235–66.

Saunders, S.W. (1998), 'Time, quantum mechanics, and probability', *Synthese* 114, 405–44.

Saunders, S.W. (2000), 'Tense and indeterminateness', *Philosophy of Science* 67, S600–11.

Saunders, S. (2002), How relativity contradicts presentism, in C. Callender, ed., 'Time, Reality and Experience', Cambridge University Press, Cambridge, pp. 277–92.

Sider, T. (2001), *Four Dimensionalism*, Oxford University Press, Oxford.

Stein, H. (1968), 'On Einstein–Minkowski space–time', *Journal of Philosophy* 65, 5–23.

Stein, H. (1991), 'One relativity theory and openness of the future', *Philosophy of Science* 58, 147–67.

Tooley, M. (1997), *Time, Tense and Causation*, Oxford University Press, Oxford.

Van Flandern, T., 2008, Global Positioning System and the twins' paradox, in Einstein, Relativity and Absolute Simultaneity, William Lane Craig and Quentin Smith (eds.), 212–228, Routledge