Dialogo sul tempo relativistico: prima giornata*

E. Fabri

Istituto di Astronomia dell'Università – Pisa

——— ∘ ———

... Il giardino dei sentieri che si biforcano è un'immagine incompleta, ma non falsa, dell'universo quale lo concepiva Ts'ui Pên. A differenza di Newton e di Schopenhauer, il suo antenato non credeva in un tempo uniforme, assoluto. Credeva in infinite serie di tempo, in una rete crescente e vertiginosa di tempi divergenti, convergenti e paralleli.

J. L. Borges

A: Questa volta mi hai proposto di parlare del tempo: ma che cosa possiamo dire sull'argomento, che non sia già stato detto?

B: Forse niente, ma possiamo esaminare alcuni punti critici, che si riassumono in affermazioni piuttosto comuni e poco soddisfacenti.

A: Per esempio?

B: Per esempio queste: "Il tempo è relativo al sistema di riferimento." "Il tempo di un orologio in moto si dilata." "Spazio e tempo sono equivalenti." "Un orologio in un campo gravitazionale rallenta"...

A: Non voglio anticipare giudizi, perché ormai conosco il tuo metodo; però mi sembrano tutte affermazioni valide... Staremo a vedere. Ma adesso come procediamo? Non vorrai fare tutto un corso di relatività alla tua maniera!

B: No di certo: in primo luogo ci vorrebbe troppo; poi tu la relatività la conosci già, e ti annoieresti. Facciamo così: comincia tu a spiegare che cosa è secondo te il tempo in relatività.

A: Vediamo... Mi sembra che prima di tutto si debba rilevare che mentre nella fisica newtoniana il tempo è uno solo, assoluto ("senza relazione ad alcunché di esterno scorre uniformemente" dice Newton) in relatività c'è un tempo per ogni riferimento inerziale (RI). Per questo si può dire che il tempo è una coordinata, una delle 4 coordinate dello spazio-tempo. Un cambiamento di riferimento comporta una trasformazione di coordinate, che coinvolge sia le coordinate spaziali sia il tempo: in questo senso spazio e tempo sono equivalenti.

B: E che cos'è un orologio?

A: Uno strumento che misura il tempo... Vuoi discutere come si fa a dire se un orologio è "buono," cioè se segna un tempo uniforme?

* *La Fisica nella Scuola* **15** (1982), 57.

B: Per ora no. Prosegui pure.

A: Direi ancora che un orologio solidale con un sistema di regoli rigidi in un RI dà la definizione operativa della coordinata tempo.

B: E un orologio in moto?

A: Dipende. Se è in moto rettilineo uniforme rispetto a un RI, sarà fermo rispetto a un altro RI, e quindi darà la coordinata tempo di questo secondo RI.

B: E se invece è in moto qualsiasi?

A: Allora direi che — almeno nella relatività ristretta — non serve come coordinata; tutt'al più potrò usarlo per il paradosso dei gemelli...

B: Eccoci arrivati ai gemelli. Ma prima di guardarli più da vicino, lasciami riformulare in altro modo le cose che hai detto. Intanto noto che per te il tempo non è che una coordinata...

A: E che altro potrebbe essere?

B: Pensa alla geometria euclidea dell'ordinario, antico spazio tridimensionale. Il concetto di coordinata è tutt'altro che naturale, tant'è vero che si precisa solo con Cartesio, quasi 2000 anni dopo Euclide. La geometria dello spazio si fa prima di tutto con le distanze (e con gli angoli, che però ora preferisco lasciare da parte).

A: Non vorrai certo negare l'utilità e la fecondità dell'idea di coordinata: quanti problemi non si potrebbero non solo risolvere, ma neppure formulare, senza le coordinate!

B: Perfettamente d'accordo; resta però il fatto che le coordinate sono una costruzione artificiale, e lo sono ancora di più dal punto di vista fisico. Il fisico ha degli oggetti da studiare e degli strumenti disposti in vario modo nello spazio: ma dove trovi in natura o in laboratorio una terna cartesiana?

A: Credo di capire: tu vuoi dire che le coordinate sono un ausilio matematico per descrivere gli oggetti fisici, ma i punti dello spazio e le loro distanze sono più reali delle coordinate.

B: Anche se vogliamo evitare questioni troppo filosofiche ("reali" in che senso?) diciamo almeno che punti e distanze sono più primitivi, più legati ai dati dell'esperienza. Del resto le coordinate sono arbitrarie, si possono cambiare; i punti e le distanze restano gli stessi.

A: E infatti la distanza è un invariante delle trasformazioni di coordinate! Ma questo che cosa ha a che fare col tempo? Perché non ti piace dire che il tempo è una coordinata?

B: Non nego che si possa vedere il tempo anche come coordinata, ma non è il suo ruolo più importante. Il tempo è quella cosa che segnano gli orologi, e ogni orologio ha il suo tempo. Dal punto di vista geometrico, il tempo è l'analogo della lunghezza di un arco di curva: ogni arco ha la sua lunghezza...

A: Un momento: che vuol dire "ogni orologio ha il suo tempo"? Allora come faccio a distinguere un orologio che va bene da uno che sbaglia?

B: In primo luogo, se due orologi sono in quiete nello stesso RI, si possono confrontare. Anche in questo caso non è sempre facile decidere: ricorda che per molto tempo il miglior orologio è stata la rotazione della Terra e sono solo 50 anni che si è potuto accertare che l'orologio Terra non è proprio esatto. Per arrivarci si sono dovuti inventare orologi migliori…

A: Se è per questo, oggi abbiamo gli orologi atomici, che sono assolutamente sicuri…

B: Questo non lo direi: un orologio atomico, come qualunque strumento, è sensibile a influenze esterne: variazioni di temperatura, campi magnetici, elettrici, ecc. Solo che la sua sensibilità alle influenze esterne è molto minore di quella ad es. di un pendolo. È invece giusto dire che gli orologi atomici forniscono campioni assoluti.

A: Se non sbaglio, ti riferisci al fatto che le frequenze delle transizioni atomiche sono sempre le stesse per una data specie atomica, perché dipendono dalla struttura degli atomi, che è sempre la stessa, e dall'identità delle particelle costituenti.

B: Esattamente. Tieni però presente che anche questo non è un dato a priori, ma una conseguenza delle attuali teorie sulla costituzione della materia. Se dovessimo rivedere questo punto, ci sarebbero ripercussioni su tutta la fisica. Allo stato delle nostre conoscenze, però, la teoria è così solida, ha tante conferme sperimentali che possiamo assumere quel fatto come postulato: un orologio atomico schermato da influenze esterne segna lo stesso tempo uniforme in qualunque epoca e luogo dello spazio-tempo.

A: Anche dentro una stella?

B: Se ti riuscisse di farlo funzionare là dentro, sì!

A: Anche dentro un "buco nero"?

B: Sarei tentato di risponderti ancora di sì. Ma i buchi neri non si possono esaurire in una battuta: potrebbero occuparci tranquillamente l'intero dialogo…

A: Allora sarà per un'altra volta. Ma se accettiamo il tuo postulato, che ne è di fenomeni accertati, come il redshift gravitazionale? Sappiamo che due orologi atomici, uno al livello del mare e uno su una montagna, non vanno d'accordo!

B: Ci arriveremo… Se è per questo, però, anche l'"effetto gemelli" è stato verificato (esperimento HK: di Hafele e Keating). Non contraddice anche questo il mio postulato?

A: In quel caso un orologio è fermo in un punto P di un RI, e un altro parte da P, se ne allontana e ci ritorna. Se non sbaglio, Hafele e Keating hanno fatto la prova montando un orologio su un aereo che ha fatto il giro del mondo.

B: Proprio così: un altro orologio è rimasto a terra, e all'arrivo segnavano tempi diversi. Ci sono alcune complicazioni, che però si possono mettere in conto (l'aereo volava a una certa quota; poi l'orologio a Terra non era in un RI perché la Terra gira): comunque questo esperimento è la più diretta dimostrazione che il "paradosso" dei gemelli non è un paradosso, ma un effetto reale. Come lo concilii col mio postulato?

A: Non c'è problema: il postulato vale solo per orologi in RI, e nel caso di HK almeno uno dei due orologi era accelerato.

B: Io veramente non avevo parlato di RI; questa è una tua restrizione del postulato che non è necessaria.

A: Spiegati meglio: a me il tuo postulato sembrava una conseguenza del principio di relatività…

B: Il principio di relatività mi assicura che il funzionamento di due orologi atomici in due diversi RI è lo stesso, e perciò i due orologi sono entrambi buoni, e danno lo stesso campione di tempo…

A: Appunto! Ma se il mio riferimento non è inerziale, come posso ancora fidarmi del mio orologio?

B: Basandoti su un'altra idea fondamentale di Einstein: il principio di equivalenza.

A: Per quanto ne so, il principio di equivalenza dice che gli effetti di un riferimento accelerato sono indistinguibili da quelli di un campo gravitazionale. Ma così hai solo spostato il problema: come faccio a sapere se un orologio atomico è o no sensibile a un campo gravitazionale? E poi c'è una difficoltà logica. Facendo appello al principio di equivalenza tu rendi la relatività ristretta logicamente dipendente dalla relatività generale…

B: Quanto alla seconda obiezione, io non direi "logicamente dipendente": direi solo che a ben guardare si tratta di una sola teoria, anche se la sua evoluzione ha avuto diversi stadi. Invece l'effetto del campo gravitazionale sugli orologi atomici è tutt'altra faccenda: per deciderla non ho che da studiare come funzionano quegli orologi. È evidente che se si trattasse per es. di orologi a pendolo non potrei aspettarmi niente di buono…

A: Lo credo bene! Un orologio a pendolo non funziona addirittura senza campo gravitazionale! Ma un orologio atomico? Io non vedo ragioni di principio perché debba essere insensibile.

B: Infatti hai ragione, ma l'influenza si può calcolare, e risulta piccolissima; nel caso che c'interessa è di molti ordini di grandezza al di sotto delle altre cause di errore.

A: Dunque possiamo assumere con buona approssimazione che il tuo postulato valga anche per orologi atomici accelerati, almeno finché non si vada oltre certi limiti (limiti che sospetto sarebbero superati dentro un buco nero). Ma allora?

B: Prima di procedere, vorresti fare il punto della situazione?

A: Volentieri. Credo di aver capito in che senso tu consideri il tempo — quello segnato da un buon orologio — come una grandezza fisica più primitiva di una coordinata. Abbiamo anche discusso il "postulato degli orologi atomici," che ci autorizza a prendere per buono (con le normali precauzioni della fisica sperimentale) il tempo segnato da un orologio affidabile, qualunque sia il suo moto, e dovunque esso si trovi. A questo punto però non vedo come uscire dal paradosso costituito da esperimenti come quello HK, e quelli sul redshift gravitazionale.

B: In fisica c'è un solo modo per sfuggire a questo tipo di paradossi: se non si può contestare gli esperimenti, bisogna modificare la teoria…

A: Ma quale teoria? Qui ci sono soltanto due orologi, entrambi affidabili, che sono sincronizzati all'inizio dell'esperimento e non lo sono più alla fine! Torno a pensare che sia necessario concludere che uno dei due ha rallentato…

B: Ma abbiamo visto che questa spiegazione non regge: i fisici sull'aereo non saprebbero a che cosa attribure l'ipotetico rallentamento. Però c'è un'altra via d'uscita, e per vederla rispondi a questa domanda: quant'è la distanza fra Roma e Milano?

A: T'interessa la distanza in linea d'aria o su strada?

B: Perché, sono diverse?

A: Ci risiamo col tuo strano modo di discutere… Non lo sai anche tu che sono diverse?

B: Questo significa che se potessi misurare le due distanze riportando uno stesso campione di lunghezza, una volta in linea retta, e un'altra volta sull'autostrada, troverei due risultati diversi: il campione entrerebbe più volte nell'autostrada che sul segmento di retta. Allora debbo concludere che quando riporto il campione sull'autostrada, esso si accorcia…

A: Non dire assurdità! La geometria c'insegna che l'autostrada, essendo curva, è più lunga del segmento. Ma anche se non conoscessimo la geometria, non vedo come potremmo giustificare fisicamente questo tuo misterioso accorciamento.

B: È proprio quello che pensavo…

A: Adesso ho capito! Tu vuoi farmi dire che il paradosso degli orologi dipende dal fatto che io non conosco la geometria dello spazio-tempo!

B: In realtà la conosci, come lo schiavo del *Menone* di Platone conosce la geometria euclidea; e ora te lo dimostro. Indichiamo con t il tempo segnato dagli orologi di un certo RI (la tua coordinata). Se un altro orologio si muove a velocità v rispetto a quel RI, che intervallo segnerà mentre gli orologi fermi segnano t?

A: Questo è un problema classico della relatività; la risposta è

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

ed esprime la dilatazione del tempo: l'orologio in moto rallenta.

B: Benissimo. Adesso se consideri che $v\,\Delta t$ è lo spazio Δx percorso dall'orologio in moto, portando Δt sotto radice che cosa trovi?

A: Presto fatto:

$$\Delta t' = \sqrt{\Delta t^2 - \Delta x^2/c^2}.$$

B: Ora vorrei soltanto cambiare il simbolo t' da te usato, perché richiama troppo la coordinata, mentre a me interessa ricordare che è il tempo proprio dell'orologio in moto; perciò userò τ. In secondo luogo vorrei liberarmi di quella c, che dipende solo dalla nostra abitudine a usare unità indipendenti per le lunghezze e i tempi. Se facciamo $c = 1\ldots$

A: Scusa se t'interrompo. A me questi giochetti con le unità piacciono poco: c è una velocità, non un numero puro. So che i teorici amano fare $c = 1$ (e anche $\hbar = 1$) ma a me resta sempre un dubbio...

B: Non hai tutti i torti, ma possiamo cavarcela così. Supponi che la prossima Conferenza Generale dei Pesi e Misure, dopo aver confermato la vigente definizione del secondo, stabilisca di definire l'unità di lunghezza come segue:

"unità di lunghezza (*secondo-luce*) è lo spazio percorso dalla luce nel vuoto in un secondo."

Non sarebbe affatto diversa, come principio, dall'attuale definizione dell'ampere, tanto per fare un esempio.

A: E perché questo non è ancora successo?

B: Direi per due ragioni. Una pratica: il secondo-luce è un'unità un po' grande (quasi la distanza Terra–Luna). L'altra metrologica: l'attuale definizione del metro è — per ora — più accurata e meglio riproducibile.

A: Va bene, andiamo avanti.

B: Ecco qui: con τ al posto di t' e con $c = 1$ la nostra formula diventa:

$$\Delta\tau = \sqrt{\Delta t^2 - \Delta x^2}$$

che ricorda molto da vicino la formula della distanza in coordinate cartesiane (c'è solo il segno meno a creare una differenza su cui torneremo). Vedi anche tu che la geometria comincia a fare capolino. Ma ora dimmi: se il nostro orologio, anziché in moto uniforme, viaggia con legge oraria $x(t)$ qualsiasi, che tempo segnerà?

A: Potrò sempre approssimare il moto vario con tanti tratti di moto uniforme e sommare:

$$\Delta\tau = \sum_i \sqrt{\Delta t_i^2 - \Delta x_i^2}$$

dove

$$\Delta x_i = v_i\,\Delta t_i$$

e poi fare il limite:

$$\Delta\tau = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \sqrt{dt^2 - dx^2}$$

con

$$dx = v(t)\,dt.$$

B: E questa non ti ricorda niente?

A: Che cosa dovrebbe… Ma certo: la lunghezza di un arco di curva $y = y(x)$ nel piano (x, y):

$$\Delta l = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

con

$$dy = y'(x)\, dx.$$

Adesso capisco che cosa volevi dire con quella frase sibillina: "il tempo è l'analogo della lunghezza di un arco di curva"! Ma il paradosso degli orologi?

B: Pensa che due orologi seguano due diverse leggi orarie: $x = x'(t)$ e $x = x''(t)$; che partano insieme a t_1 e si ritrovino a t_2:

$$x'(t_1) = x''(t_1), \qquad x'(t_2) = x''(t_2) \ldots$$

A: Lascia concludere me; non c'è ragione che le due "lunghezze" cioè i due integrali, cioè i due $\Delta\tau$, siano uguali; e perciò alla fine i due orologi segneranno tempi diversi.

B: Come vedi, ne sapevi più di quanto credevi…

A: È vero, ma adesso vedo una difficoltà. Se un orologio è fermo, la sua linea oraria nel piano (x, t) è una retta. Ora la retta è la linea più breve, quindi l'orologio fermo dovrebbe avere un $\Delta\tau$ minore dell'altro; invece l'esperimento HK prova che accade il contrario.

B: Tutto dipende dal fatto che ti sei lasciato trascinare troppo dall'analogia geometrica…

A: Ma il $\Delta\tau$ non è l'analogo di una distanza?

B: Sì, ma è solo "analogo": chi ti ha detto che anche nello spazio-tempo la linea retta sia la più corta? In realtà si può dimostrare che per colpa di quel segno meno succede il contrario: *la linea retta è la più lunga*, e così tutto torna.

A: Scusami, ma ho un altro problema. Che succede se $|\Delta x| > |\Delta t|$? La "lunghezza" diventa immaginaria!

B: Vero, ma per l'orologio questo non è un problema: $|\Delta x| > |\Delta t|$ significherebbe velocità maggiore di 1, e come tu sai questo la relatività non lo permette…

A: A meno che non si tratti di tachioni!

B: Ti rispondo con una battuta che ho sentito tempo fa: "I tachioni sono oggetti molto interessanti. Hanno un solo difetto: quello di non esistere."

A: Ciò significa solo che se due punti dello spazio-tempo sono separati da un Δx e da un Δt con $|\Delta x| > |\Delta t|$, nessuna linea oraria di un corpo materiale potrà passare per entrambi i punti; ma la distanza fra i due punti sarà immaginaria?

B: No: in quel caso la distanza (che si dirà di tipo "spaziale" anziché "temporale") va ridefinita cambiando di segno al radicando. Se vogliamo, questa è una scomodità della geometria dello spazio-tempo, ma non c'è niente da fare: tra l'altro ti mostra anche in che senso spazio e tempo non sono equivalenti.

A: A dire il vero questo lo sapevo già.

B: Non ne dubito; ma parlando di equivalenza si finisce per mettere in ombra una proprietà essenziale di questa geometria. Tuttavia il problema ora non ci riguarda da vicino: a noi interessano solo le distanze temporali.

A: Va bene... Dunque finora abbiamo acquisito che il $\Delta\tau$, cioè il tempo di un orologio in moto qualsiasi, è la grandezza fondamentale dello spazio-tempo; l'analoga (con qualche differenza) della lunghezza nella geometria euclidea dello spazio ordinario... A proposito, un altro motivo di analogia è che anche $\Delta\tau$, come la lunghezza, è invariante!

B: Come lo vedi?

A: Cambiando sistema di riferimento tutti i Δx e i Δt cambiano valore, secondo le trasformazioni di Lorentz; ma l'espressione $\Delta t^2 - \Delta x^2$ resta invariata. Vorrei aggiungere che mi sembra di vedere un parallelismo fra il tuo atteggiamento a proposito del tempo e quello a proposito della massa. Anche in quel caso tu ci tenevi a mettere in evidenza l'invariante, più che (o accanto a) le grandezze dipendenti dal riferimento.

B: È vero, e del resto si tratta proprio della stessa cosa: Δt e Δx (o meglio Δt, Δx, Δy, Δz, per ricordare una volta tutte le dimensioni dello spazio) sono le componenti di un quadrivettore, come lo sono E, p_x, p_y, p_z; $\Delta\tau$ è la "lunghezza" del primo quadrivettore come la massa è la "lunghezza" del secondo. E infine per un oggetto in moto i due quadrivettori sono anche proporzionali:

$$m : \Delta\tau = E : \Delta t = p_x : \Delta x \ \cdots$$

A: Avrei ancora una domanda: come si spiegano dal tuo punto di vista gli esperimenti sulla dilatazione del tempo? Intendo per es. quelli con i mesoni μ?

B: Ci sono due diversi esperimenti, come sai. Quello fatto con l'anello di accumulazione non è in linea di principio diverso dall'esperimento HK, salvo che l'orologio anziché essere atomico è "muonico." I muoni che girano nella macchina sono l'analogo dell'orologio sull'aereo; l'orologio fermo è sottinteso perché la vita media dei μ in quiete è ben nota...

A: Vedo: il μ che fa un giro ha una linea oraria molto più breve di quella che avrebbe un μ fermo, e perciò ci saranno meno decadimenti per giro di quelli che darebbero i muoni fermi. Ma come si fa a sapere che l'orologio muonico non è sensibile alle accelerazioni, che in quell'esperimento sono enormi (oltre 10^{16} m/s^2, se non erro)?

B: Speravo che non te ne accorgessi, perché questo è un punto veramente delicato. Non ti posso rispondere che lo prova l'esperimento, senza cadere in un circolo vizioso; debbo perciò dirti che la teoria del decadimento dei μ, nella quale la relatività entra in modo determinante, prevede che nelle condizioni dell'esperimento l'accelerazione abbia effetto trascurabile. L'esperimento conferma la teoria.

A: Dunque si tratta di una prova tutt'altro che diretta... E l'altro esperimento?

B: L'altro è quello con i μ prodotti dai raggi cosmici. In questo caso basta osservare che quelle particelle hanno velocità vicina a 1, quindi Δx è poco minore di Δt. Di conseguenza $\Delta\tau \ll \Delta t$, e di nuovo si hanno meno decadimenti di quelli previsti per le particelle ferme, nel rapporto $\Delta\tau/\Delta t = \sqrt{1-v^2} \ll 1$. Come vedi, non è necessario ricorrere alla "dilatazione" del tempo.

A: A proposito, mi devi ancora spiegare perché anche la dilatazione del tempo è un'espressione che non ti piace.

B: Perché, come al solito, è un'espressione sintetica e comoda per chi ha capito le cose, ma sembra fatta apposta per confondere le idee ai profani e ai principianti.

A: Ma corrisponde a un fenomeno reale!

B: Sì, però il fenomeno può essere descritto in altro modo, come hai visto, e secondo me ci si guadagna in chiarezza. Facciamo ancora l'esempio geometrico. Nel solito piano (x, y) considera un segmento obliquo, che forma un angolo α con l'asse x. Il segmento ha una lunghezza l, e la sua proiezione sull'asse x è più corta: $\Delta x = l \cos\alpha < l$. Parleresti per questo di "contrazione" della lunghezza del segmento?

A: Scusami se te lo dico, ma la tua tesi mi sembra veramente troppo radicale. Non si deve parlare di "dilatazione del tempo"; non si deve parlare di "tempo come coordinata": con tutte queste censure che cosa resta della relatività?

B: Polemica per polemica, risponderei che resta la fisica. Ma io non ho mai detto che non si deve parlare di questo o di quello: ne faccio solo una questione di opportunità didattica. Del resto, quando insegni la meccanica newtoniana o l'elettromagnetismo, tu ti senti in dovere di ripresentare tutti i problemi che si sono dovuti superare per arrivare alla forma attuale dei concetti? Io sono convinto che gran parte delle difficoltà che s'incontrano a insegnare la relatività siano il risultato di una specie di "incrostazione" storica che non ha più ragione di essere, e che negli allievi non ci sarebbe, se non ce la mettessimo noi.

A: Sarà, però un vero e proprio progetto didattico dalle tue idee io non riesco ad estrarlo...

B: Lo credo bene: questo è solo un dialogo, non un libro di testo!

A: In gergo calcistico, codesto lo chiamerei salvarsi in angolo. Tuttavia abbiamo già discusso abbastanza, e ci sono altri argomenti che ancora non abbiamo trattato, come il redshift gravitazionale: aspetto ancora la "tua" spiegazione!

B: Non temere: ne parleremo la prossima volta.

* * *

Nota aggiunta nel 2006:

Questo *Dialogo* ha 24 anni, e in qualche punto si sente; ma ho preferito lasciarlo inalterato, e aggiungere qui un paio di precisazioni.

1. Si parla di μ, "muoni," e anche "mesoni" μ. Quest'ultima espressione è antiquata e ormai scorretta. Senza stare a farne la storia, ricordo che il termine "mesone" è oggi riservato a particelle composte di un quark e un antiquark, legati dall'interazione forte. I mesoni appartengono dunque alla famiglia degli *adroni*. Invece i muoni sono della stessa famiglia degli elettroni e dei più recenti τ: insieme coi vari neutrini, formano i *leptoni*, che hanno solo interazione elettrodebole.

2. L'accenno a una nuova definizione del metro, scritto nel 1982, fu invece profetico. Giusto l'anno dopo, la citata conferenza stabiliva la definizione del metro tuttora in vigore:

"il metro è la lunghezza dello spazio percorso dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di 1/299 792 458 di secondo."

A parte la frazione, scelta per conservare con ottima approssimazione la definizione di metro valida in precedenza, si tratta proprio della stessa idea.