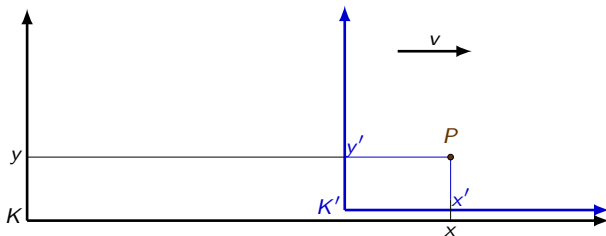


RELATIVITÀ SPECIALE

parte prima

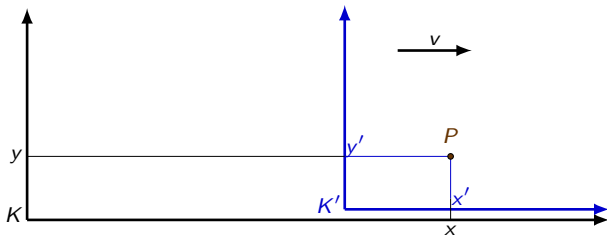
Principio di relatività galileiana

Siano K e K' due sistemi di riferimento dotati entrambi di orologio.



- I due orologi sono **sincronizzati** (quando K e K' sono sovrapposti entrambi gli orologi indicano 'tempo zero'.)
- K' si muove, rispetto a K , con **velocità uniforme** pari a \mathbf{v} (la direzione è quella dell'asse x).

Principio di relatività galileiana

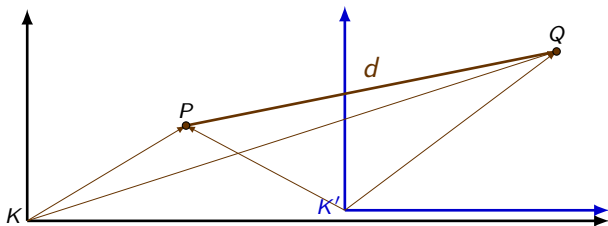


Il **principio di relatività galileiana** esprime il legame tra le coordinate del punto P nei due diversi sistemi di riferimento

$$\begin{cases} x = x' + vt' \\ y = y' \\ t = t' \end{cases} \quad (1)$$

Principio di relatività galileiana. Osservazioni.

- 1 Se gli orologi posti in K e in K' sono stati sincronizzati, essi misurano il medesimo tempo, più precisamente, la durata di un intervallo di tempo nei due sistemi di riferimento è la stessa $\Delta t = \Delta t'$. Il tempo è **assoluto**,.
- 2 La **distanza** tra due punti qualsiasi è **la stessa** nei due sistemi di riferimento (**lo spazio è assoluto**). .



Principio di relatività galileiana. Osservazioni.

- 3 Un punto mobile P , che all'istante t' , ha coordinate x', y', z' rispetto a K' , avrà allo stesso istante coordinate x, y, z rispetto a K ; il legame tra le coordinate è espresso dall'uguaglianza: $x = x' + vt$.

Dopo un intervallo di tempo $\Delta t' = \Delta t$ le coordinate spaziali di P saranno cambiate sia rispetto a K che rispetto a K' . Si ottiene:

$$\Delta x = \Delta x' + vt' \quad (2)$$

Dividendo per Δt e passando al limite per $\Delta t \rightarrow 0$ si ottiene:

$$V_x = V'_x + v \quad (3)$$

Quindi, le **velocità si sommano** cioè *la velocità del punto mobile P relativa al sistema K è data dalla velocità di P rispetto a K' sommata alla velocità di K' rispetto a K* . Quella qui enunciata è la cosiddetta **legge di composizione della velocità**.

Principio di relatività galileiana. Osservazioni.

- 4 L'accelerazione di un corpo misurata in K è la stessa che si misura in K' .
- 5 Conseguenza del punto precedente: **non è possibile stabilire con esperimenti di meccanica se un sistema di riferimento è in moto rettilineo uniforme rispetto ad un altro.**

I due principi della relatività speciale

Primo postulato (principio di relatività speciale)

Le leggi della fisica sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento "inerziali".

Il principio (ristretto) di relatività adottato in fisica classica, affermava che:

le leggi della fisica sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento "inerziali" per quanto riguarda esperimenti di dinamica.

Einstein estende questo principio a tutte le branche della fisica: *qualunque esperimento (di dinamica, ottica, elettromagnetismo, eccetera) obbedisce alle stesse leggi, purché il sistema di riferimento rispetto al quale si descrive il fenomeno, sia un sistema di riferimento inerziale.*

I due principi della relatività speciale

Secondo postulato (costanza della velocità della luce)

La velocità della luce è la stessa in tutti i sistemi di riferimento “inerziali” .

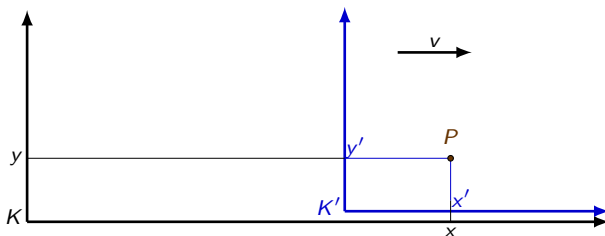
In altre parole, Einstein postula che:

Ogni raggio di luce si muove in un qualsiasi sistema inerziale con la stessa velocità c , indipendentemente dal fatto che il raggio di luce sia emesso da un corpo a riposo o in moto.

La velocità della luce non si “somma”!. Bisogna trovare nuove regole.

Trasformazioni di Lorentz

Siano K e K' due sistemi di riferimento dotati entrambi di orologio.



- Gli orologi di K e K' sono stati preventivamente **sincronizzati**.
- La velocità v di K' rispetto a K ha direzione e verso coincidenti con quello dell'asse x .

Trasformazioni di Lorentz

Le uguaglianze che esprimono le trasformazioni di Lorentz sono:

$$\begin{cases} x = \gamma (x' + vt'), & y = y' \\ t = \gamma \left(t' + \frac{v}{c^2} x' \right) \end{cases}$$

dove

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

è detto **fattore di Lorentz** o **fattore γ** .

Per ottenere le trasformazioni inverse che esprimono le coordinate spazio-temporali misurate rispetto al sistema di riferimento K' bisogna sostituire, nelle uguaglianze scritte sopra, i simboli con apice con quelli senza apice e viceversa, e la velocità v con $-v$ (che fornisce la velocità di K rispetto a K'). Si ottiene:

$$\begin{cases} x' = \gamma (x - vt), & y = y' \\ t' = \gamma \left(t - \frac{v}{c^2} x \right) \end{cases}$$

Trasformazioni di Lorentz. Osservazioni

- Spazio e tempo NON sono più assoluti e indipendenti. Inoltre, **la misura di una delle due grandezze condiziona la misura dell'altra!**
- Le trasformazioni di Lorentz assegnano, per un dato fenomeno, un tempo dato nel sistema di riferimento 'a riposo', ma anche un'infinità di tempi diversi nel sistema di riferimento in movimento (addirittura uno per ogni punto dello spazio).
- Conseguenza importantissima del punto precedente: le trasformazioni di Lorentz decretano la **fine della simultaneità**, cioè due eventi che risultano simultanei in un sistema di riferimento inerziale, possono non esserlo in un altro! Il futuro può precedere il passato!

Ossevazioni sul fattore γ

- Dal fattore $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ segue che $|v| < c$, ossia **la velocità relativa di un sistema inerziale rispetto a ogni altro è sempre minore della velocità della luce.**
- Una particella non può essere accelerata fino a farle raggiungere una velocità uguale o superiore a quella della luce (perché? Spiegare).
- Il fattore γ ci dice quanto rapidamente ci si muove: se $\gamma \sim 1$ allora le velocità sono molto basse, più γ è grande più ci si avvicina alla velocità della luce.

Ossevazioni sul fattore γ

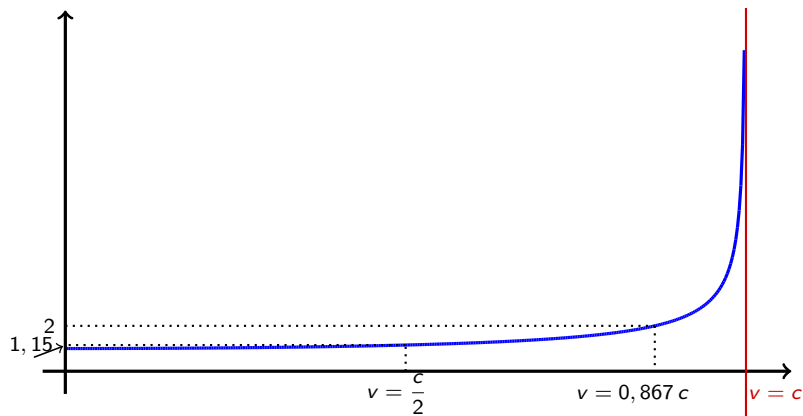


Figure: Il grafico di $\gamma = \gamma(v)$ cresce lentamente. Quando v è la metà di c il fattore γ vale 1,15; γ raddoppia quando $v = 0,867 c$.