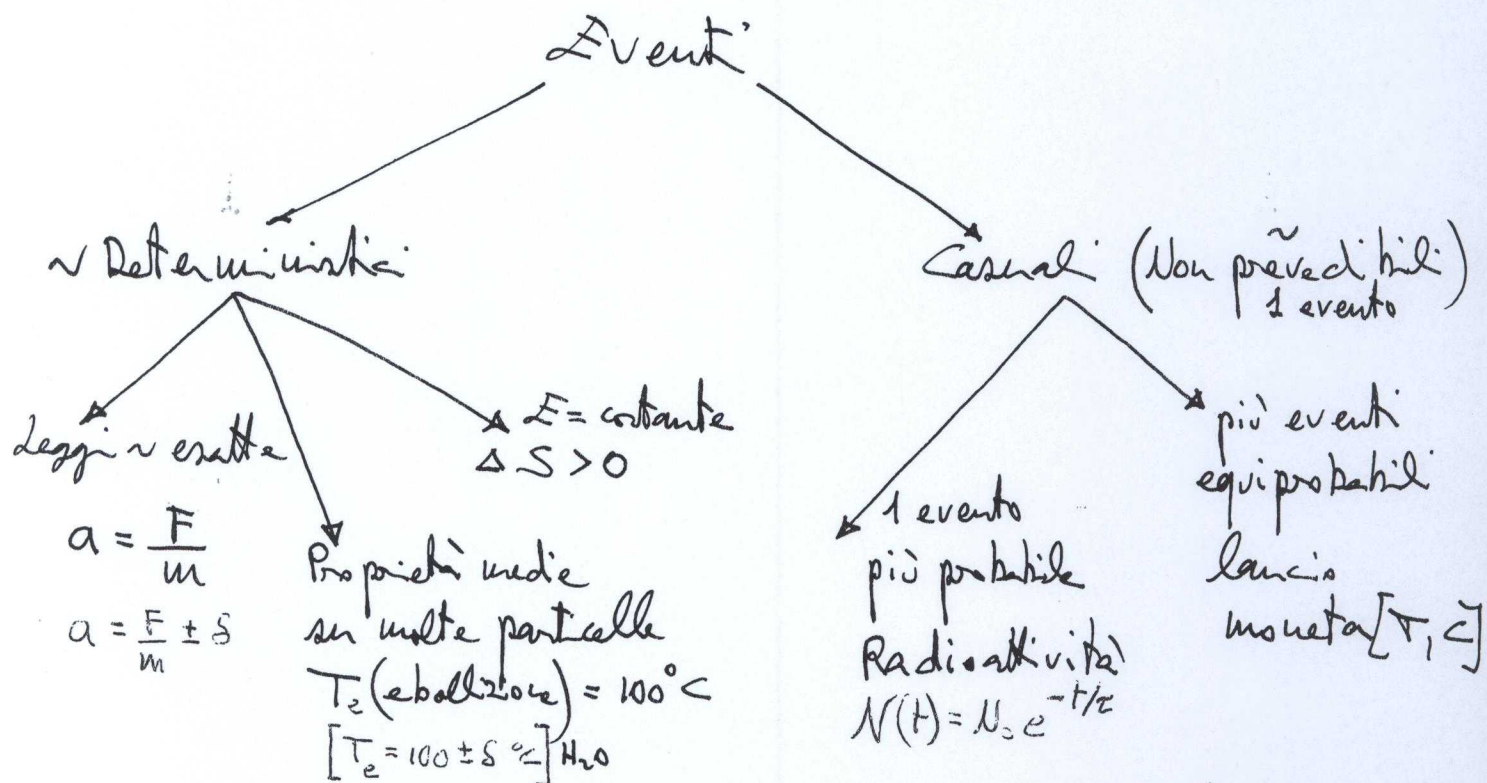


Concetto di Evento

La Realtà è composta di Eventi: qualcosa che sta, o
 che avviene in un certo punto
 $z_i(x_i, y_i, z_i)$ e ad un
 certo istante t_i

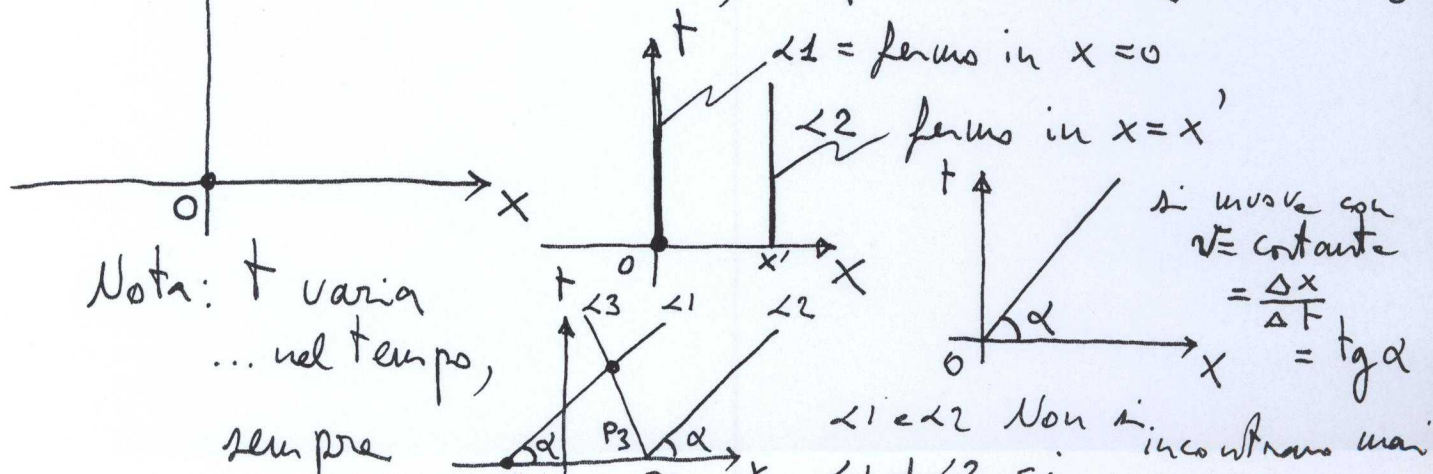
$$E_i = \{Q_i; z_i, t_i\}$$

caratteristiche corpo (particella)
 numeri quantici



Descrizione in 1 dimensione spaziale (x) + tempo (t)

$$O(0,0) = \text{qui e ora} = \{x=0, t=0\}$$



Relatività Speciale

A.E. 1905

A.1

- Perché:
- Asimmetria in alcuni fenomeni e.m.
[Relatività galileiana]
 - Esperimento di Michelson Morley: non esistenza dell'etere.

Di che parla:

- Sistemi in moto relativo, con $v = \text{costante}$.

R. Generale - $\uparrow$ con $a \neq 0$.

Nota: Le trasformazioni di coordinate della RS non dicono come "appaiono" gli eventi, ma come "sono", visti da diversi sistemi di riferimento.

"Zur Elektrodynamik bewegter Körper" A. Einstein
Annalen der Physik, 17, 891-921 (1905)

- asimmetrie $\rightarrow$ Maxwell
- etere? Chi porta l'energia e.m.? Suono, onde v (mezzo)
- spazio assoluto $\leftrightarrow$ proprietà esperienze.

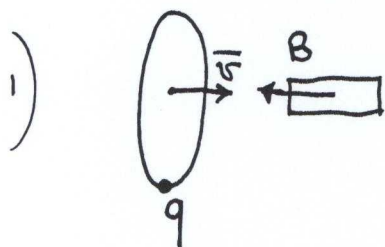
1) Principio di Relatività

2) $c = \text{costante}$ $\forall$ sistema (nel vuoto)

Nota: oggi $c \stackrel{d}{=} 299792,458 \text{ km/s}$

La soluzione: cambiare le trasformazioni della Relatività galileiana

Asimmetrie

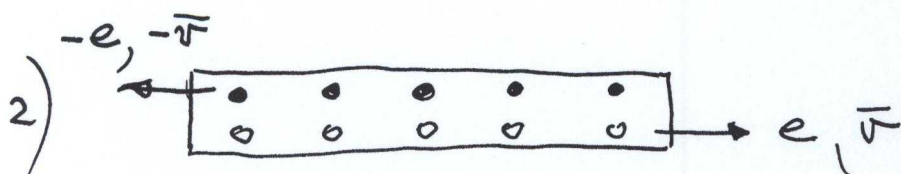


sistema magnete ($\vec{B}$) $\vec{F}(q) = q \vec{v}_q \times \vec{B}$
 $\rightarrow$ circola corrente

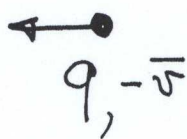
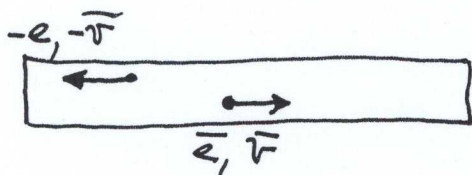
sistema spira $\vec{v}_q = 0$; $\vec{B}$ varia nel tempo

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \rightarrow \vec{E} \neq 0$$

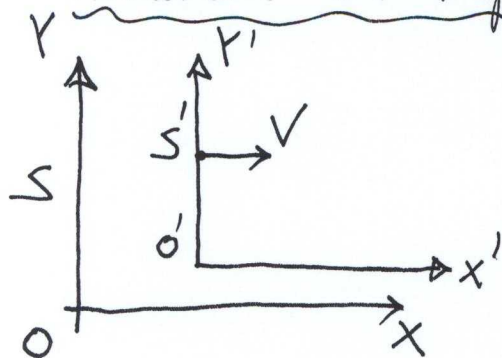
$$\vec{F}(q) = q \vec{E}$$



$\vec{F}(q) = q \vec{E} = q [\vec{E}(e) + \vec{E}(-e)] = 0$

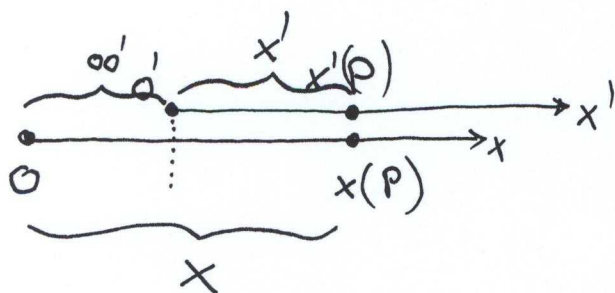


Sistemi di Riferimento - Relatività galileiana



Sistema $S = [0, x, y, z, t]$ ^a riposo

Sistema $S' = [0', x', y', z', t']$ ^a muovere con velocità V



$x'(P)$ = posizione del punto P nel sistema S'

$x(P)$ = " " sistema S

V = Velocità di S' rispetto ad S
da un orologio

t = tempo misurato in S ,
 t' = " " " S'

• i due orologi partono nello stesso istante iniziale
 $\Rightarrow t = t' = 0$

• i due sistemi hanno l'origine coincidente per $t = 0$

$$O = O' \text{ per } t = t' = 0$$

$$x(P) = oo' + x'(P) \quad oo' = Vt \text{ (è la posizione di } O' \text{ misurata da } S)$$

$$\begin{cases} x = x' + Vt \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

(1)

Trasformazioni delle coordinate

se divido la (1) per t

$$\frac{x}{t} = \frac{x'}{t} + V = \frac{x'}{t'} + V$$

$$v = v' + V \quad (\text{composizione delle velocità})$$

$$\Delta x = \Delta x' \\ \Delta t = \Delta t'$$

Velocità di P misurata in S

... di S' rispetto a S

Relatività Speciale. Trasformazioni

R4

Come impongo che $c = \text{costante}$ per ogni sistema di riferimento?

Consideriamo un'onda sferica emessa in O a $t=0$ con velocità c (luce) vale la:

$$x^2 + y^2 + z^2 = r^2 = c^2 t^2$$

(il raggio " r ", il fronte d'onda, va come $c \cdot t$)

Consideriamo il sistema S' : un osservatore in S' deve vedere: [se non fosse così potrei distinguere S da S']

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2 \quad \left(\begin{array}{l} \text{cioè un fronte d'onda} \\ \text{che si muove di velocità } c \end{array} \right)$$

Se uso le trasformazioni di Galileo: (1 sola dimensione)

$$\begin{cases} x = x' + vt' \rightarrow \text{applicata a } x^2 = c^2 t^2 & x'^2 + v^2 t'^2 + 2x'vt' = c^2 t'^2 \\ t = t' & \neq x'^2 = c^2 t'^2 \end{cases}$$

NON TORNA

Le Trasformazioni delle R.S. per S' (con velocità V) rispetto ad S

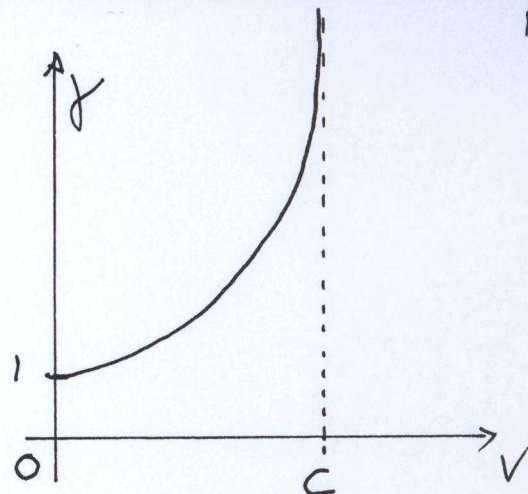
$$(1) \begin{cases} x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma (x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \left(t - \frac{\beta}{c} x \right) \end{cases} \quad \begin{array}{l} \beta \doteq \frac{v}{c} \ll 1 \\ \gamma \doteq \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \gg 1 \\ \text{(fattore di Lorentz)} \end{array}$$

Nota: se $v \ll c$; $\frac{v}{c} \ll 1 \Rightarrow$ le trasformazioni ritornano quelle di Galileo

Note sui valori di β e di γ

$$\beta = \frac{V}{c} \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad 1 \leq \gamma < \infty$$



Somma delle velocità: dalle (1) R4

le (1) invertite: $\begin{cases} x = \gamma (x' + V t') \\ t = \gamma (t' + \frac{\beta}{c} x') \end{cases} \quad \begin{cases} dx = \gamma (dx' + V dt') \\ dt = \gamma (dt' + \frac{\beta}{c} dx') \end{cases}$

$$\frac{dx}{dt} = v = \frac{dx' + V dt'}{dt' + \frac{\beta}{c} dx'} \quad \text{dividendo per } dt' \rightarrow \frac{\frac{dx'}{dt'} + V}{1 + \frac{\beta}{c} \frac{dx'}{dt'}}$$

$$\text{quindi } v = \frac{v' + V}{1 + \frac{\beta}{c} v'} \quad \therefore = \frac{v' + V}{1 + \frac{V}{c^2} v'}$$

Come funziona la somma di Velocità:

a) $V \ll c$; $\beta \sim 0$ $v = v' + V$ (trasformazione galileiana)

b) $V = 0,9c$ $\beta \sim 0,9$

$$v = \frac{v' + 0,9c}{1 + 0,9 \frac{v'}{c}}$$

$$0,9c \oplus 0,9c = 0,994c \leftarrow$$

v'	v
0	0,9c
0,5c	0,96c
0,8c	0,988c
0,9c	0,994c
0,95c	0,997c