12 ◆◆◆ **ORA PROVA TU** Due eventi hanno luogo in $x_1 = 4{,}2$ m e in $x_2 = 7{,}7$ m e avvengono agli istanti $t_1 = 53$ ns e $t_2 = 65$ ns. Le coordinate y e z dei due eventi sono uguali.

- Mostra che esiste un sistema di riferimento S' in cui i due eventi avvengono nello stesso luogo.
- Calcola l'intervallo di tempo che li separa in S'.

[2,8 ns]

S.R. S

$x_1 = 4{,}2\ m \qquad x_2 = 7{,}7\ m$

$t_1 = 53\ ns \qquad t_2 = 65\ ns$

$$\Delta\sigma^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 =$$

$$= \left(3{,}0 \times 10^8\ \frac{m}{s}\right)^2 (12 \times 10^{-9}\ s)^2 - (3{,}5\ m)^2 =$$

$$= 12{,}96\ m^2 - 12{,}25\ m^2 = 0{,}71\ m^2 > 0$$

INTERVALLO DI TIPO <u>TEMPO</u>

$\Downarrow$

$\exists$ S.R.I. IN CUI I DUE EVENTI AVVENGONO NELLO STESSO LUOGO

$x_1' = x_2'$

$$\Delta\sigma^2 = \Delta\sigma'^2 = c^2 \Delta t'^2 - \underbrace{\Delta x'^2}_{0 \text{ perché } x_1' = x_2'}$$

$\Downarrow$

$$\Delta t' = \frac{\sqrt{\Delta\sigma^2}}{c} = \frac{\sqrt{0{,}71\ m^2}}{3{,}0 \times 10^8\ \frac{m}{s}} = 0{,}280\ldots \times 10^{-8}\ s$$

$$\simeq 2{,}8 \times 10^{-9}\ s = \boxed{2{,}8\ ns}$$

14 ◆◆◆ Un'astronave viaggia verso una costellazione che dista 25 a.l. dalla Terra.
Gli scienziati del centro spaziale a Terra hanno previsto una durata di viaggio di 28 anni, misurata sulla Terra.

- Calcola la velocità dell'astronave.
- Calcola la durata del viaggio misurata dagli orologi dell'astronave, usando l'intervallo invariante.

[0,89 c; 13 anni]

$\underbrace{\ell}_{\text{DISTANZA MISURATA NEL S.R. TERRA}} = 25\ \text{a.l.} = (25a)\cdot c$

$\underbrace{\Delta t = 28\ a}_{\text{DURATA DEL VIAGGIO (SECONDO IL S.R. TERRA)}} \Rightarrow v = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{(25\cancel{a})\cdot c}{28\cancel{a}} = \frac{25}{28}c \simeq \boxed{0{,}89\,c}$

$\Delta\sigma^2 = (c\Delta t)^2 - \ell^2 = \underbrace{\Delta\sigma'^2}_{\text{S.R. ASTRONAVE}} = (c\Delta t')^2$

perché nel S.R. dell'astronave gli eventi PARTENZA e ARRIVO avvengono nello stesso punto dello spazio

$c^2\Delta t'^2 = c^2\Delta t^2 - \ell^2$

$\Delta t'^2 = \Delta t^2 - \frac{\ell^2}{c^2}$ $\quad \Delta t' = \sqrt{\Delta t^2 - \left(\frac{\ell}{c}\right)^2} = \sqrt{28^2 - \left(\frac{25\cancel{c}}{\cancel{c}}\right)^2}\ \underbrace{a}_{\text{ANNI}} =$

$= \sqrt{28^2 - 25^2}\ a = 12{,}60\ldots\ a \simeq \boxed{13\ \text{anni}}$

13 **ORA PROVA TU** Due eventi, che hanno luogo in $x_1 = 1{,}8$ m e in $x_2 = 9{,}9$ m, avvengono agli istanti $t_1 = 18$ ns e $t_2 = 22$ ns.

Le coordinate y e z dei due eventi sono uguali.

- Mostra che esiste un sistema di riferimento S' in cui i due eventi avvengono nello stesso istante.
- Calcola la loro distanza spaziale in S'. [8,0 m]

S.R. S

$x_1 = 1{,}8\,m$ $\quad x_2 = 9{,}9\,m$

$t_1 = 18\,ns$ $\quad t_2 = 22\,ns$

$$\Delta\sigma^2 = (c\Delta t)^2 - \Delta s^2 = c^2\Delta t^2 - \Delta s^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 =$$

$$= \left(3{,}0 \times 10^8 \frac{m}{s}\right)^2 \left(4 \times 10^{-9}\,s\right)^2 - (8{,}1\,m)^2 =$$

$$= 1{,}44\,m^2 - 65{,}61\,m^2 = -64{,}17\,m^2 < 0$$

INTERVALLO DI TIPO SPAZIO

$\Downarrow$

$\exists$ S.R.I. S' IN CUI I DUE EVENTI SONO SIMULTANEI

$$\Delta\sigma^2 = \Delta\sigma'^2 = -\Delta s'^2$$ perché $\Delta t' = 0$, essendo simultanei

$\Downarrow$

$$-64{,}17\,m^2 = -\Delta s'^2 \Rightarrow \Delta s' = \sqrt{64{,}17}\,m = 8{,}0106\ldots\,m$$

$$\simeq \boxed{8{,}0\,m}$$