

Una missione spaziale: soluzione

Indichiamo con t e Δt i tempi e gli intervalli di tempo misurati da un osservatore sulla terra e con t' e $\Delta t'$ quelli misurati dall'equipaggio della navicella.

La durata della missione è la somma della durata del viaggio di andata Δt_a ($\Delta t'_a$) del tempo trascorso su Sirio per effettuare le ricerche Δt_{sosta} ($\Delta t'_{\text{sosta}}$) della durata del ritorno Δt_r ($\Delta t'_r$).

Per un osservatore sulla terra, il viaggio di andata ha una durata pari a: $\Delta t_a = \frac{8,6}{0,75} = 11,6$ anni;

il tempo trascorso su Sirio per effettuare le ricerche è di due anni, cioè è eguale al tempo della sosta misurato dall'equipaggio in quanto la velocità di Sirio è trascurabile rispetto alla velocità della luce; il viaggio di ritorno ha una durata pari a quello di andata; pertanto la durata complessiva della missione t_{totale} è:

$$t_{\text{totale}} = \Delta t_a + \Delta t_{\text{sosta}} + \Delta t_r = 11,6 + 2,00 + 11,6 = 25,2 \text{ anni.}$$

Per i componenti dell'equipaggio, la durata del viaggio di andata e del viaggio di ritorno è:

$\Delta t'_a = \Delta t'_r = \frac{\Delta t_a}{\gamma} = \Delta t_a \sqrt{1 - \beta^2} = 11,6 \sqrt{1 - 0,75^2} = 7,67$ anni; il tempo trascorso per effettuare le ricerche $\Delta t'_{\text{sirio}} = 2,00$ anni. Il tempo totale della missione per i componenti dell'equipaggio risulta quindi:

$$t'_{\text{totale}} = \Delta t'_a + \Delta t'_{\text{sosta}} + \Delta t'_r = 7,67 + 2,00 + 7,67 = 17,3 \text{ anni.}$$

Nel sistema di riferimento della terra, l'evento "invio del segnale" avviene nel punto $x_0 = 0,00$ al tempo $t_0 = 1,00$ anni. Per le trasformazioni di Lorentz, nel sistema di riferimento della navicella lo stesso evento avviene nel punto di coordinate spazio-temporali $x'_0 = \gamma(x_0 - vt_0) = -\gamma vt_0 = -1,13$ anni - luce e al

tempo $t'_0 = \gamma(t_0 - \frac{vx_0}{c^2}) = \gamma t_0 = 1,51$ anni.

Per i componenti dell'equipaggio il segnale luminoso raggiungerà la navicella dopo un tempo:

$$\Delta t'_1 = \frac{|x'_0|}{c} = \frac{\gamma vt_0}{c} = 1,13 \text{ anni}$$

Il tempo totale trascorso per l'equipaggio sarà quindi:

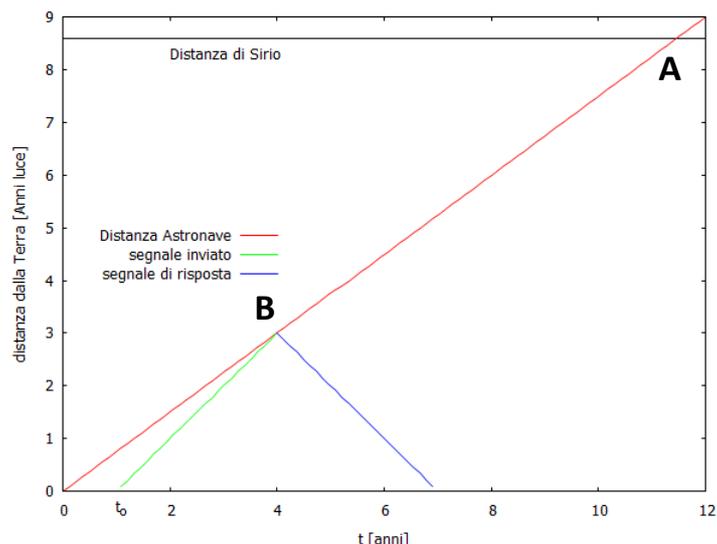
$$t'_{\text{totale}} = t'_0 + \Delta t'_1 = \gamma t_0 + \frac{\gamma vt_0}{c} = \gamma(1 + \beta)t_0 = 2,64 \text{ anni.}$$

Per la base terrestre il segnale giunge alla navicella al tempo $t_{\text{totale}} = 4,00$ anni dopo l'inizio della missione,

infatti: $c(t_{\text{totale}} - t_0) = vt_{\text{totale}} \Rightarrow t_{\text{totale}} = \frac{c}{c - v} t_0 = 4,00$ anni

Impiega quindi 3,00 anni a raggiungere la navicella. Al tempo t_{totale} , la navicella si trova ad una distanza di 3,00 anni luce dalla Terra; per tornare indietro la risposta impiega quindi altri 3,00 anni e la base a Terra riceverà la conferma della ricezione 6,00 anni dopo l'invio del segnale.

Problemi di simulazione della seconda prova di Fisica
Esame di Maturità Liceo Scientifico 11 marzo 2015



Il grafico illustra al pubblico la tempistica della missione e dei due segnali; esso mostra la distanza astronave-Terra in funzione del tempo; la pendenza della retta è pari alla velocità dell'astronave. Il segnale inviato al tempo $t=t_0$ si allontana dalla Terra con velocità c . Il segnale inviato dall'astronave si avvicina alla Terra con velocità c . I punti di incrocio delle rette sono gli istanti in cui la navicella raggiunge Sirio (A) e l'istante in cui il segnale raggiunge la navicella (B) e riparte verso la terra.

La preoccupazione del responsabile della sicurezza è fondata, in quanto la contrazione di Lorentz avviene nelle direzioni longitudinali del moto e non in quella trasversale; il cerchio del simbolo della flotta appare più o meno deformato a seconda di come esso è orientato rispetto alla velocità del moto. Infatti un raggio del cerchio diretto come la velocità apparirà contratto del fattore relativistico $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 1,51$ mentre un raggio ad esso perpendicolare apparirà non contratto.

Per evitare la deformazione del cerchio occorre che la navicella diriga il suo moto sempre verso il posto di guardia della frontiera e che il piano che contiene il simbolo sia sempre perpendicolare alla direzione del moto della navicella in modo che tutti i raggi del simbolo siano perpendicolari al moto e non risentano della contrazione di Lorentz.