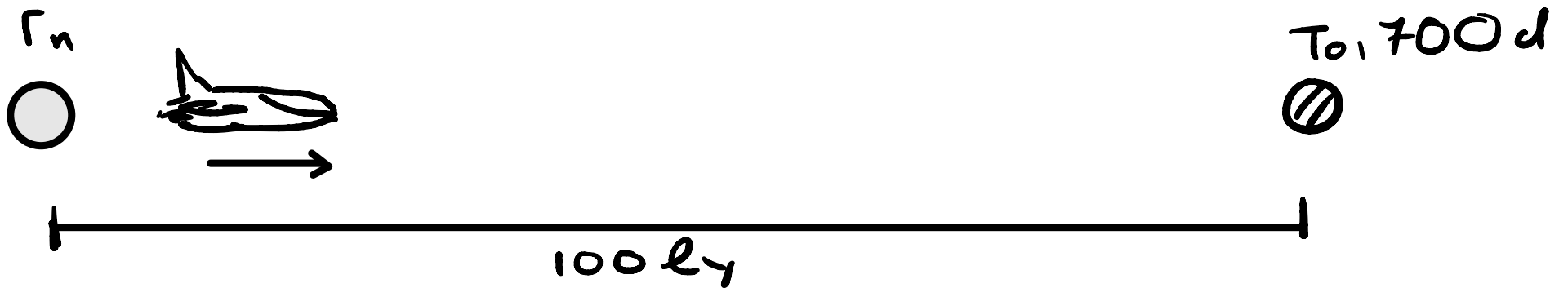


## ταξίδι στον Τοίφοοd

Τοίφοοd = εξοικονομηση σε απόσταση 100 ly  
από την Γη, εντός κατοικημένης ζώνης  
του αστρού σου



Για  $v = 1 - \epsilon = 1 - 0.5 \cdot 10^{-8}$  βρείτε

α) ποσός χρόνος  $\Delta t$  θα περάσει στη Γη  
μέχρι να ολοκληρωθεί το ταξίδι

β) ποσός χρόνος  $\Delta \tau$  θα περάσει μέσα στο διαστημόπλοιο  
ο αστροναύτης

Λύση:

$$\alpha) \Delta t = L/v \approx 100 \text{ y}$$

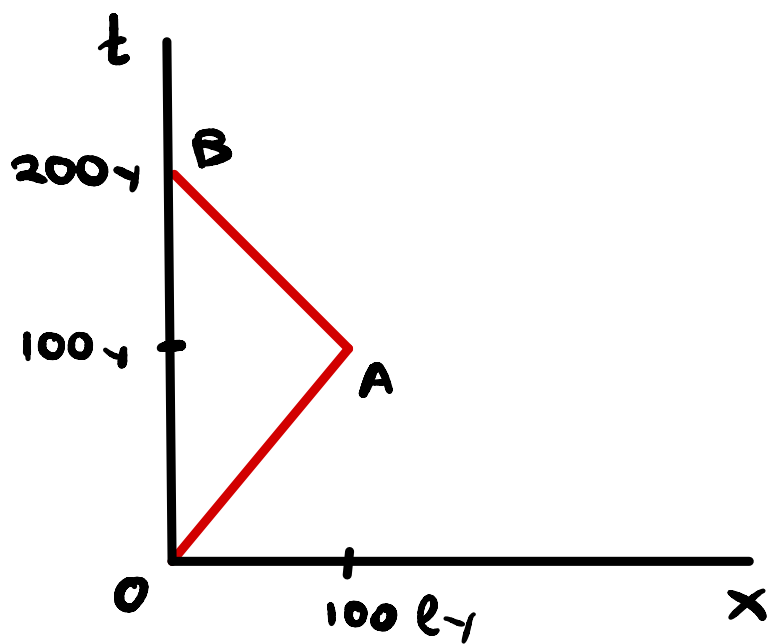
$$\beta) \Delta t = \gamma \Delta \tau^* \Rightarrow \Delta \tau = \Delta t / \gamma$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - (1 - \epsilon)^2}} \approx \frac{1}{\sqrt{2\epsilon}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-8}}} = 10^4$$

$$\Delta \tau = \frac{100 \text{ y}}{10000} \approx 3.65 \text{ ημέρες}$$

$$\begin{aligned} * \Delta \tau &= \Delta t' = \gamma (\Delta t - v \Delta x) = \gamma \Delta t (1 - v^2) = \Delta t / \gamma \\ \Delta x &= v \cdot \Delta t = L = 100 \text{ ly} \\ \Delta t &= \frac{L}{v} \approx 100 \text{ y} \text{ , } \text{διότι } v \approx 1 \end{aligned}$$

## παραδοξο δίδυμων



το ταξίδι του Τοι700d είναι το "μίσο" ταξίδι του δικήνου παραδοξου των δίδυμων

$$\Delta\tau = 2 \cdot 3.65d \approx 7.3d$$

Για το τμήμα OA του κοσμικού ταξιδιου τα δυο συστήματα ΓΗ - Διαστημότοιο είναι καθόλα ισοδύναμα.

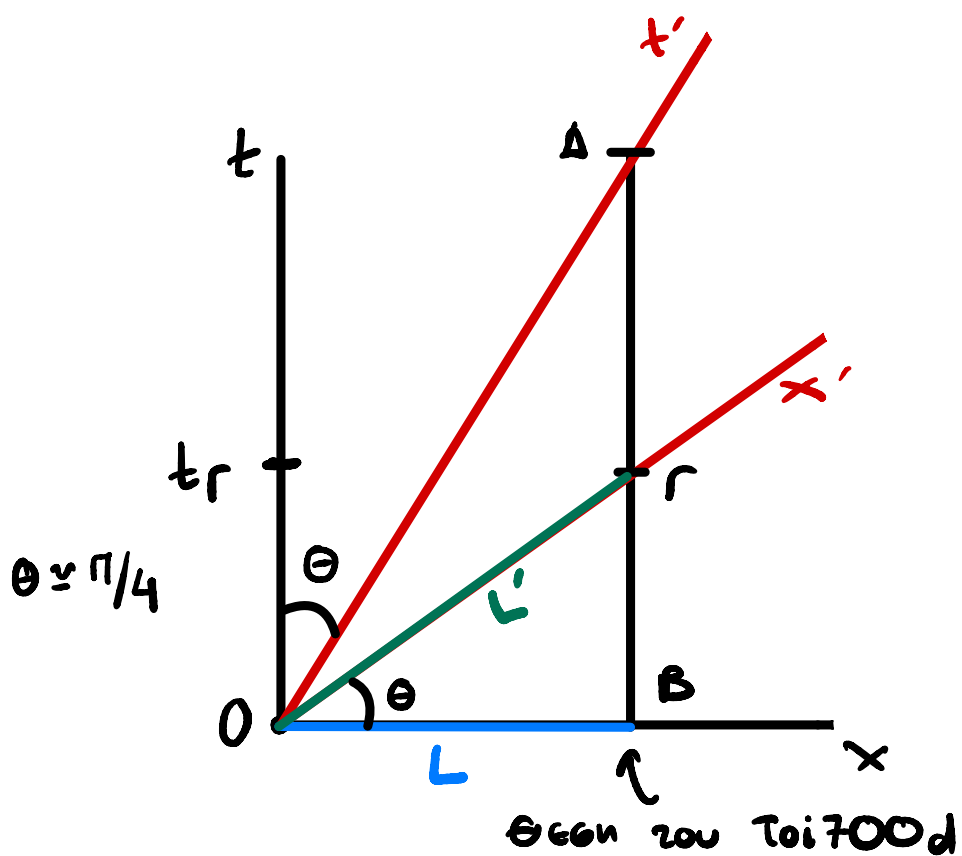
Η συμμετρία αρέσει στον άντρα A όταν "βρίβει" το διαστημότοιο (επιταχύνει)

**εξέταση ερωτήσεων:** τι μήκος έχει η απόσταση Γ-Τοίφοοd στο σύστημα ηρεμίας του διαστημότολου;

S = σύστημα ηρεμίας της Γης

S' = σύστημα ηρεμίας του διαστημότολου

Για  $t'=0$  ο εξοπλισμός βρίσκεται ήδη στο μέτρου του S (σημείο Γ στο διάγραμμα)



η κοσμική τροχιά του εξοπλισμού (ΓΔ) στο S' αυξάνεται σε κίνηση με ταχύτητα  $-u$

$$x'_{\text{Τοί}} = -ut'$$

"δείτε" το  $x'_{\text{Τοί}}(t')$  στο διάγραμμα τραβώντας παράλληλες γραμμές με τον άξονα  $ot'$  του S' ώστε να προσδιορίζεται του άξονα  $x'_{\text{Τοί}}$

$$x_r = x_B = L$$

$$t_r = ;$$

$$t'=0 \text{ (άξονας } x') \rightsquigarrow t' = \gamma(t - ux) \rightsquigarrow t = ux$$

$$t_r = ux_r = uL$$

$$x'_r = \gamma(x_r - ut_r) = \gamma(L - u^2L) = L'$$

$$= L \cdot \frac{1}{\gamma} \approx 100 \text{ km} \cdot 10^{-4}$$

$$= 0.01 \text{ km} = L'$$

**συσταμ. μήκους!**

Ο εξοπλισμός συγκρούεται με το "ακίνητο" διαστημότολο στο σημείο Δ

$$t_\Delta = \frac{1}{u} x_\Delta = \frac{L}{u}$$

$$x_\Delta = L$$

$$t'_\Delta = \gamma(t_\Delta - ux_\Delta) = \gamma\left(\frac{L}{u} - uL\right)$$

$$= \gamma L \left(\frac{1-u^2}{u}\right) = \frac{L'}{u} \approx 0.01 \gamma = 3.65 \text{ d}$$

— ίδιο αποτέλεσμα με πριν —