

**Opgave 11**

a De tijd bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige snelheid.

$$\begin{aligned}x &= v \cdot t \\x &= 80 \text{ m} \\v &= 0,27c = 0,27 \times 2,998 \cdot 10^8 = 8,09 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1} \\80 &= 8,09 \cdot 10^7 \cdot t \\t &= 9,88 \cdot 10^{-7} \text{ s}\end{aligned}$$

Afgerond:  $t = 9,9 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ .

b De afstand in het referentiestelsel van de kogel bereken je met de formule voor de lengtekrimp.  
De gammafactor bereken je met de formule voor de gammafactor.

$$\begin{aligned}\gamma &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\v &= 0,27c \\y &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,27c)^2}{c^2}}} \\y &= \frac{1}{\sqrt{1 - 0,27^2}} = 1,039\end{aligned}$$

$$\ell_b = \frac{\ell_e}{\gamma}$$

De afstand 80 m is in het stelsel van de schutter en is dus de eigenlengte.

$$\ell_e = 80 \text{ m}$$

$$\ell_b = \frac{80}{1,039}$$

$$\ell_b = 77,0 \text{ m}$$

Afgerond:  $\ell_b = 77 \text{ m}$ .

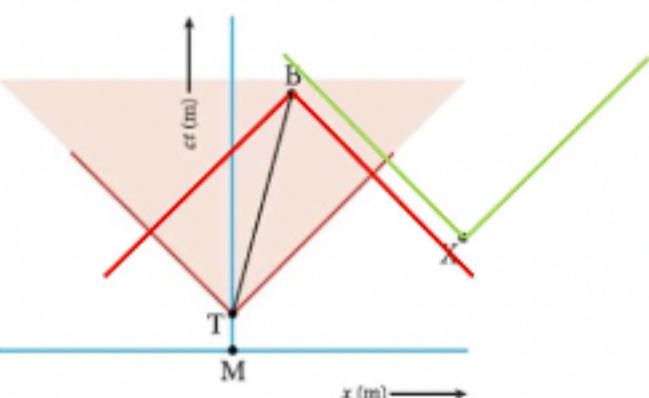
c De tijd die verloopt tussen het lossen van het schot en het zien dat de bierfles breekt, bereken je met de tijd die de kogel nodig heeft om de bierfles te raken plus de tijd die het licht nodig om terug te keren naar de schutter.

De tijd bij het licht van de bierfles naar de schutter bereken je met de formule voor de verplaatsing bij eenparige beweging.  
De constante snelheid is de lichtsnelheid.

$$\begin{aligned}x &= c \cdot t \\x &= 80 \text{ m} \\c &= 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \\80 &= 3,00 \cdot 10^8 \cdot t \\t &= 2,666 \cdot 10^{-7} \text{ s}\end{aligned}$$

De kogel was  $9,9 \cdot 10^{-7} \text{ s}$  onderweg.  
Dus de totale benodigde tijd is  $9,9 \cdot 10^{-7} + 2,666 \cdot 10^{-7} = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ s}$   
Afgerond:  $12,6 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ .

d Zie figuur 8.



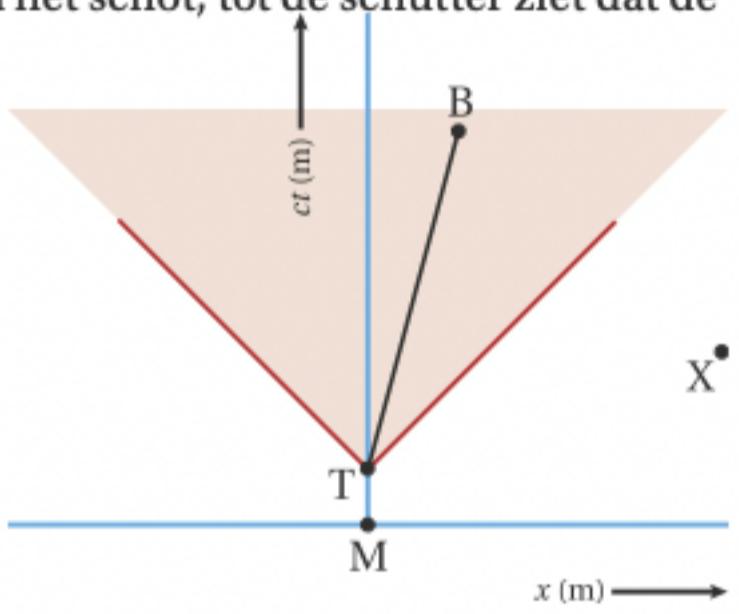
- 11 Een schutter bevindt zich op 80 m van een bierfles. Hij schiet een kogel af met een snelheid van 27% van de lichtsnelheid.

Je kunt op twee manieren aantonen dat de tweede schutter geen gelijk kan hebben.

- a Toon aan dat het  $9,9 \cdot 10^{-7} \text{ s}$  duurt voordat de kogel de bierfles bereikt.  
In figuur 23 is de gebeurtenis 'trekker overhalen' aangegeven met de letter T. De gebeurtenis 'bierfles breekt' is aangegeven met de letter B.  
b Bereken de afstand tussen schutter en bierfles in het referentiestelsel van de kogel.  
c Bereken hoelang het duurt, na het lossen van het schot, tot de schutter ziet dat de bierfles breekt.

Een tweede schutter beweert dat de eerste schutter miste en dat hij degene was die de fles kapot schoot. De gebeurtenis 'de tweede schutter haalt zijn trekker over' is aangegeven met de letter X.

- d Laat dit zien in figuur 23 en geef een toelichting op je tekening.



Figuur 23

Figuur 8

1<sup>e</sup> manier  
De mogelijke gevolgen van gebeurtenis X bevinden zich in de lichtkegel van de toekomst van gebeurtenis X. De groene lijnen zijn de grenzen van de toekomst van gebeurtenis X. B ligt niet binnen deze grenzen. Dus de schutter kan geen gelijk hebben.

2<sup>e</sup> manier:  
De mogelijke oorzaken van gebeurtenis B bevinden zich in de lichtkegel van het verleden van gebeurtenis B. De rode lijnen zijn de grenzen van het verleden van gebeurtenis B. X ligt niet binnen deze grenzen. Dus de schutter kan geen gelijk hebben.