

8. Met welke formule kunnen we de tijdsduur ten opzichte van onderzoeker 1 uitdrukken in de tijdsduur ten opzichte van onderzoeker 2?

Module Speciale Relativiteit in de klas

Met welke formule kunnen we het verschil in tijdsduur beschrijven?

We weten al....

- Lichtpostulaat: constante snelheid ten opzichte van elke onderzoeker.
- Tijdsduur tussen twee gebeurtenissen hangt af van de onderzoeker.
- Onderzoeker die de tijd meet tussen twee gebeurtenissen op dezelfde plek meet een kortere tijdsduur dan een onderzoeker die de tijd tussen dezelfde gebeurtenissen meet die op twee verschillende plekken ten opzichte van die onderzoeker gebeuren.
- Het verschil in tijdsduur hangt af van de relatieve snelheid tussen de twee onderzoekers.

Met welke formule kunnen we het verschil in tijdsduur beschrijven?

- Kunnen we het tijdsinterval tussen twee gebeurtenissen voor een onderzoeker die naar een bewegend proces kijkt, uitdrukken in het tijdsinterval tussen dezelfde twee gebeurtenissen voor een onderzoeker die naar dit proces kijkt terwijl het stilstaat??

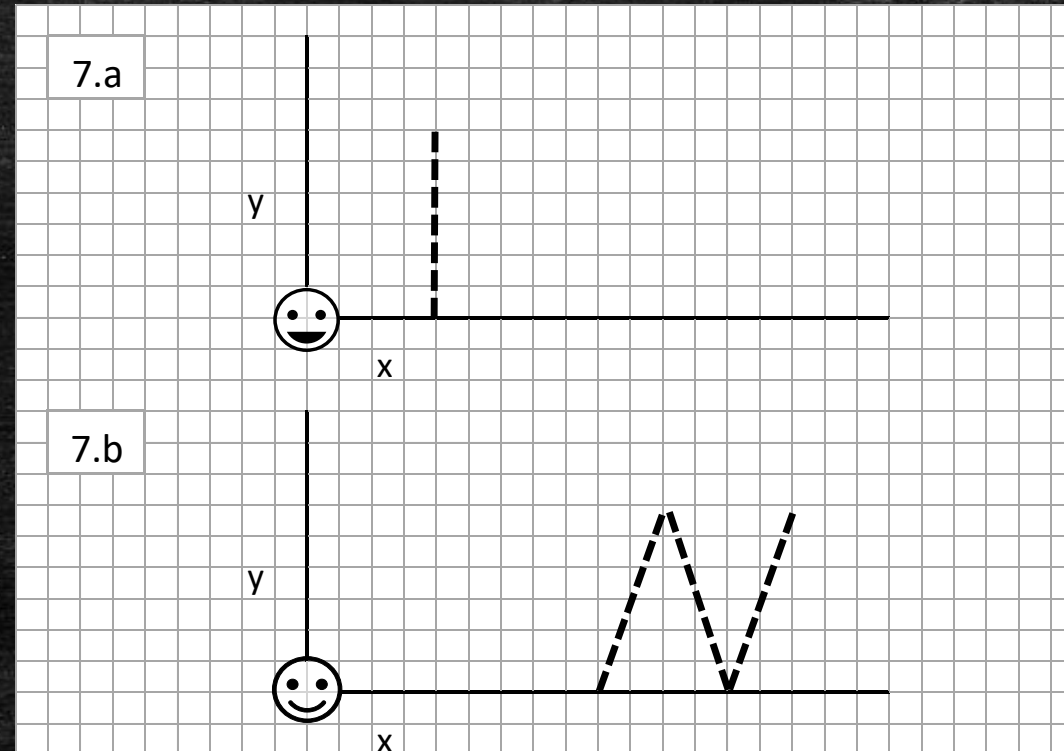
Aan het eind van deze les kan je de formule waarmee tijdsintervallen tussen twee gebeurtenissen ten opzichte van verschillende onderzoekers in elkaar omgerekend worden, afleiden. Daarnaast weet je hoe je deze formule moet toepassen en kan je daar berekeningen mee doen.

Tijdsintervallen omrekenen

Opdracht 8.1;

(x,y)-diagrammen 7.a en 7.b

1. Bereken de tijd die het licht volgens onderzoeker A nodig heeft om 1 keer op en neer te kaatsen.
2. Bereken de tijd die het licht volgens onderzoeker B nodig heeft om 1 keer op en neer te kaatsen.

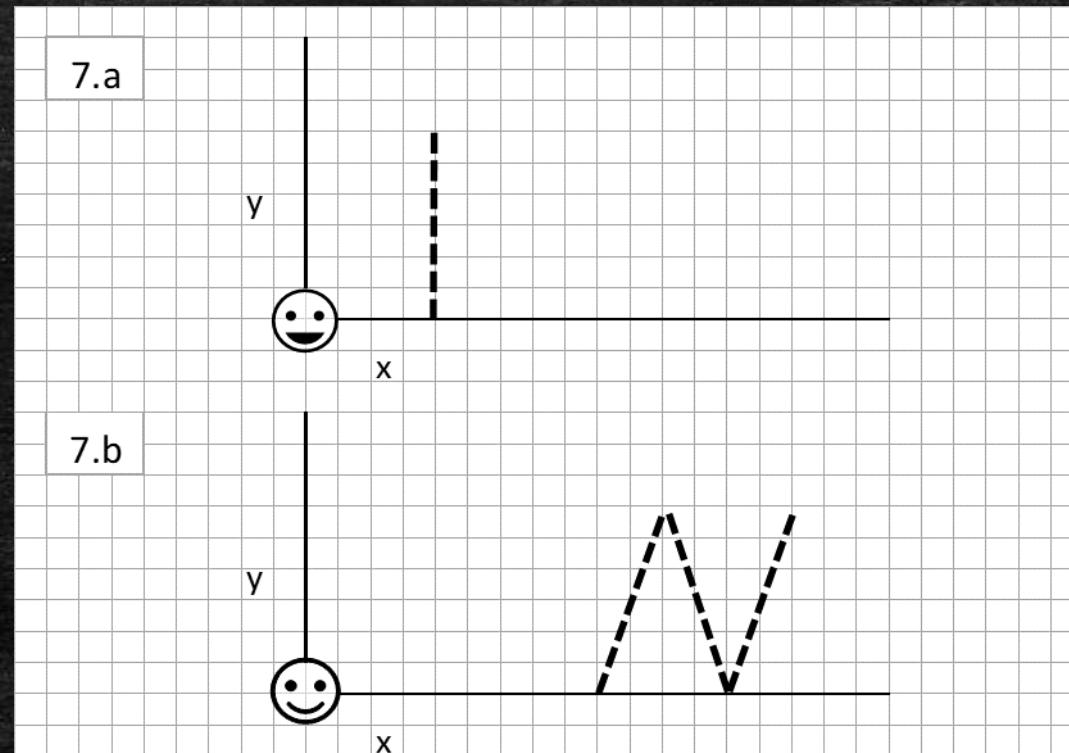


Tijdsintervallen omrekenen

Opdracht 8.1;

(x,y)-diagrammen 7.a en 7.b

1. $\Delta t_A = 4$ tijdstapjes
 $s_A = 12$ hokjes
 $c = 3$ hokjes per tijdstapje
2. $\Delta t_B = 4,22$ tijdstapjes
 $s_B = 2 \cdot$ schuine zijde
schuine zijde $= \sqrt{2^2 + 6^2}$



Algemene oplossing

- Δt_e : Tijdsinterval tussen twee gebeurtenissen (G_1 en G_2) die ten opzichte van de onderzoeker dezelfde positie hebben.
- Δt_b : Tijdsinterval tussen (dezelfde) twee gebeurtenissen die ten opzichte van de onderzoeker niet dezelfde positie hebben.
- We zoeken een formule met de volgende vorm:

$$\Delta t_b = \textit{iets} \cdot \Delta t_e$$

Algemene oplossing



G1: licht wordt uitgezonden &
G2: licht is weer beneden

Δt_e



Algemene oplossing



G1: licht wordt uitgezonden &
G2: licht is weer beneden

Δt_e



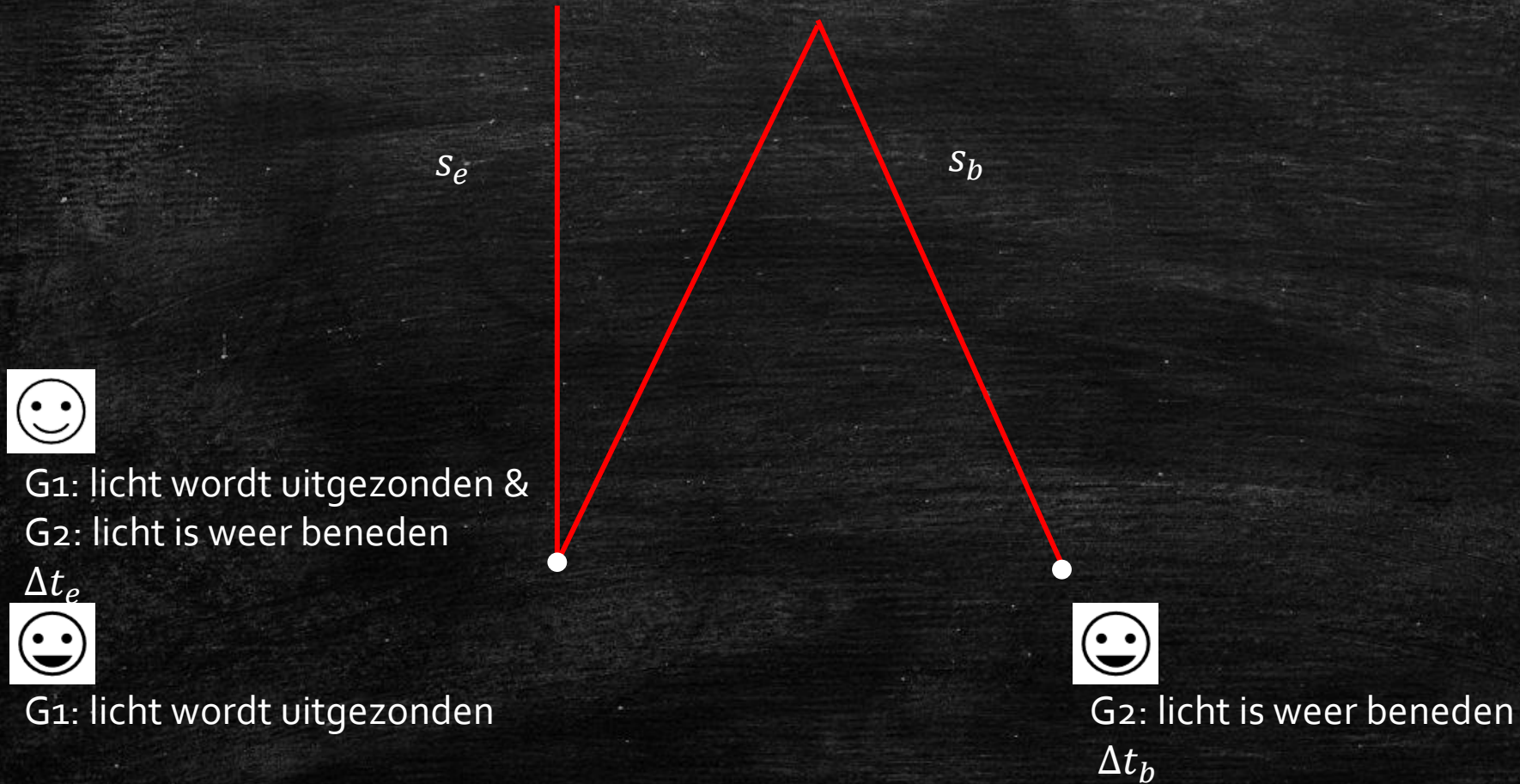
G1: licht wordt uitgezonden



G2: licht is weer beneden

Δt_b

Algemene oplossing



Algemene oplossing

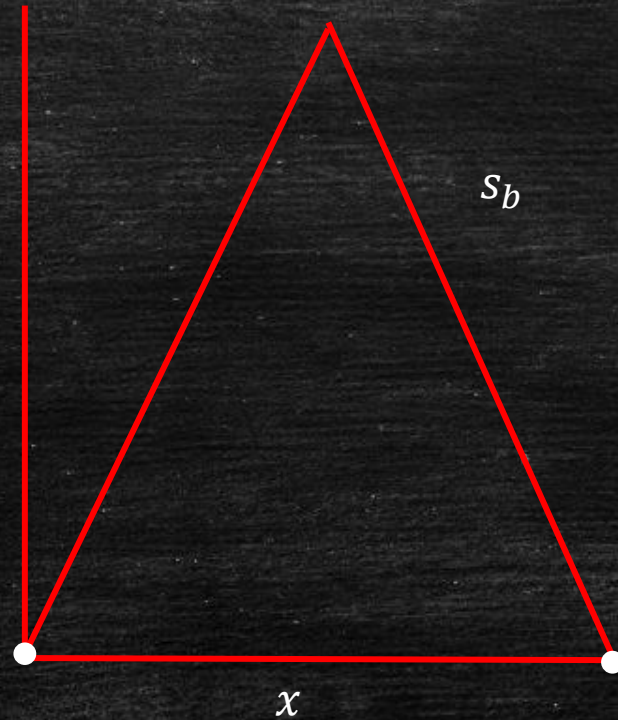


G1: licht wordt uitgezonden &
G2: licht is weer beneden

Δt_e



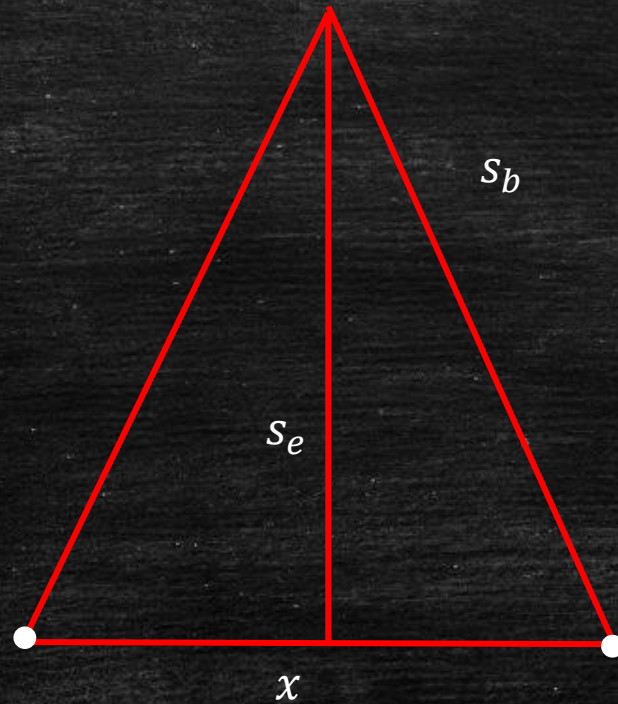
G1: licht wordt uitgezonden



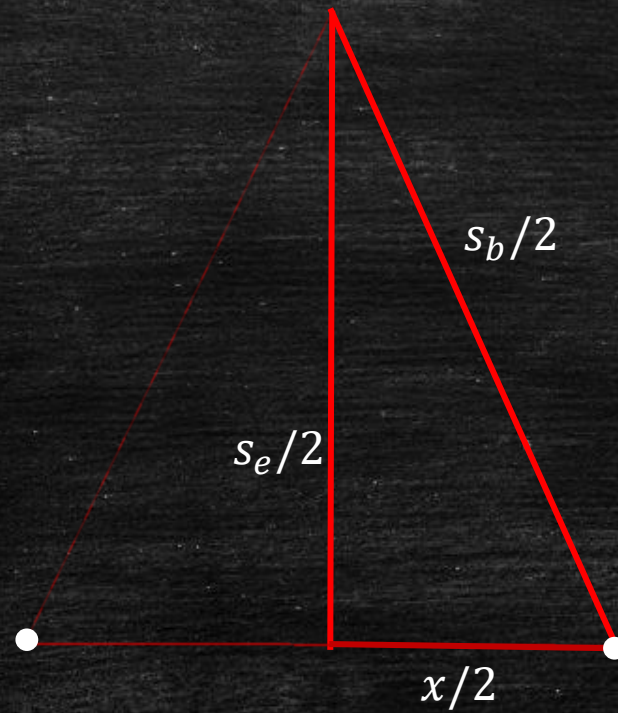
G2: licht is weer beneden

Δt_b

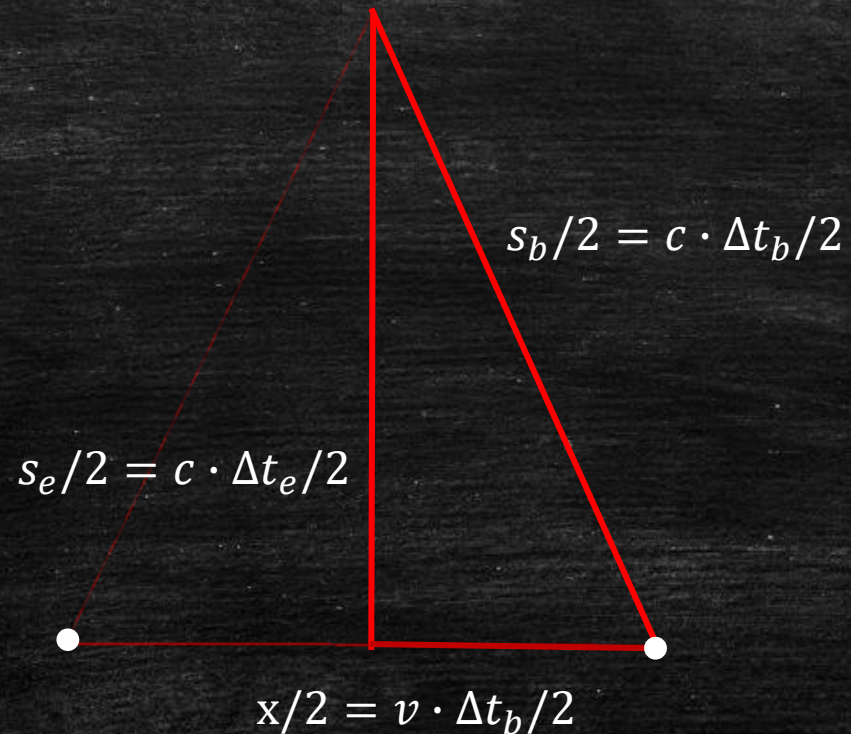
Algemene oplossing



Algemene oplossing

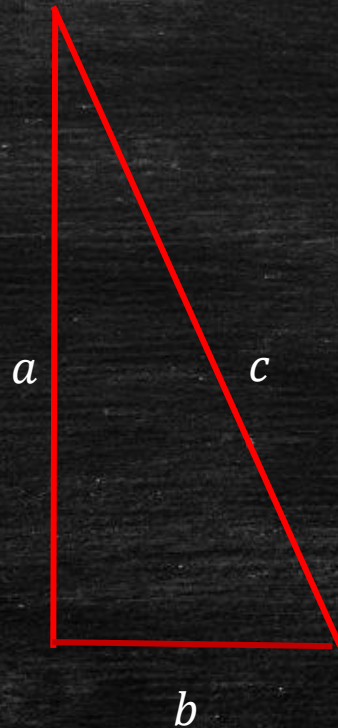


Afstanden uitdrukken in tijdsintervallen



Afstanden in elkaar uitdrukken

$$a^2 + b^2 = c^2$$



En nu de formule...

$$\Delta t_b = iets \cdot \Delta t_e$$

Nakijken Algemene oplossing

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \Delta t_e$$

- (Afleiding: <https://www.youtube.com/watch?v=HXaIMYUeaPA>)

Reflectie-opdracht

- Voldoet de formule aan de voorwaarden uit de vorige les?
 - Verschil in tijdsduur neemt toe als de relatieve snelheid groter wordt
 - Verschil in tijdsduur neemt af als de relatieve snelheid kleiner wordt
 - Als de relatieve snelheid bijna gelijk is aan de lichtsnelheid gaat het verschil in tijdsduur naar oneindig.
 - De onderzoekers meten geen verschil in tijdsduur meer als de relatieve snelheid naar 0 gaat.
 - Het verschil in tijdsinterval is niet afhankelijk van de richting van de snelheid.

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \Delta t_e$$

Klassengesprek

- Toepassen formule
- Herkennen welke onderzoeker Δt_e en Δt_b meet.
- Geldt het resultaat alleen voor lichtklokken?

Met welke formule kunnen we het verschil in tijdsduur beschrijven?

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \Delta t_e$$

- Dit resultaat geldt voor de lichtklok, dus andere meetinstrumenten zullen tot hetzelfde resultaat komen: Het resultaat geldt dus niet alleen voor de lichtklok.

Kan je nog bepalen of je beweegt of stilstaat?

Zijn er nog meer grootheden die afhangen van de waarnemer?

Extra oefenen: Opdracht 8.2 t/m 8.4

Nakijken Opdracht 8.2

1. Kijkt naar eigen stelsel: Charles; kijkt naar bewegend stelsel: Hilde
2. Kijkt naar eigen stelsel: Lisa; kijkt naar bewegend stelsel: Klaas
3. Kijkt naar eigen stelsel: muon; kijkt naar bewegend stelsel: aarde

Nakijken Opdracht 8.3

$$1. \Delta t_b = 4,00 \text{ s}$$

$$v = 0,59 c$$

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \Delta t_e$$

$$\Delta t_e = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot \Delta t_b$$

$$\Delta t_e = \sqrt{1 - \frac{(0,59 \cdot c)^2}{c^2}} \cdot 4,00$$

$$\Delta t_e = 3,23 \text{ s}$$

Nakijken Opdracht 8.3

$$2. \Delta t_e = 1,3 \text{ s}$$

$$v = 0,3 c$$

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \Delta t_e$$

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,3 c)^2}{c^2}}} \cdot 1,3$$

$$\Delta t_b = 1,4 \text{ s}$$

Nakijken Opdracht 8.3

$$3. \Delta t_e = 2,10 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$v = 0,997 \frac{c}{1}$$

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \Delta t_e$$

$$\Delta t_b = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,997 c)^2}{c^2}}} \cdot 2,10 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta t_b = 2,71 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

Nakijken Opdracht 8.3

$$4. \Delta t_e = 2,10 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$v = 0,997 c$$

$$s_e = v \cdot \Delta t_e$$

$$s_e = 0,997 \cdot 3,00 \cdot 10^8 \cdot 2,10 \cdot 10^{-6}$$

$$s_e = 6,28 \cdot 10^2 \text{ m}$$

$$5. \Delta t_b = 2,71 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

$$v = 0,997 c$$

$$s_b = v \cdot \Delta t_b$$

$$s_b = 0,997 \cdot 3,00 \cdot 10^8 \cdot 2,71 \cdot 10^{-5}$$

$$s_b = 8,11 \cdot 10^3 \text{ m}$$