

Gravitationele tijddilatatie - Correctiemodel

2p1. Bereken de golflengte van de golf die de laser verlaat.

Voorbeeld van een antwoord:

Er geldt dat $v = f \cdot \lambda$ met $v = c$ en $f = 1,0 \cdot 10^9$ Hz. Invullen levert: $\lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,0 \cdot 10^9} = 0,30$ m.

- gebruik van $v = f \cdot \lambda$ met $v = 3,0 \cdot 10^8$ m s⁻¹ en $f = 1,0 \cdot 10^9$ Hz

- completeren

2p2. Toon met behulp van formule 1 aan dat de **golflengte** toeneemt naarmate de EM-golf hoger komt.

Voorbeeld van een antwoord:

Formule 1 kan worden geschreven als volgt: $f_h = f \cdot \left(1 - \frac{g \cdot h}{c^2}\right)$. Volgens deze formule is $f_h < f$ (voor positieve waarden voor h). Verder geldt dat $\lambda \sim f^{-1}$, wat betekent dat $\lambda_h > \lambda$. De golflengte neemt toe naarmate de EM-golf hoger komt.

- inzicht dat $f_h < f$

- inzicht dat $\lambda \sim f^{-1}$

2p3. Leg duidelijk uit welke afstand EM-golf 1 aflegt gedurende 1,0 ns.

Voorbeeld van een antwoord:

Er geldt dat $s = v \cdot \Delta t$, met $v = c$ en $\Delta t = 1,0 \cdot 10^{-9}$. Invullen geeft $s = 3,0 \cdot 10^8 \cdot 1,0 \cdot 10^{-9} = 0,30$ m.

- gebruik van $s = v \cdot \Delta t$ met $v = 3,0 \cdot 10^8$ m s⁻¹

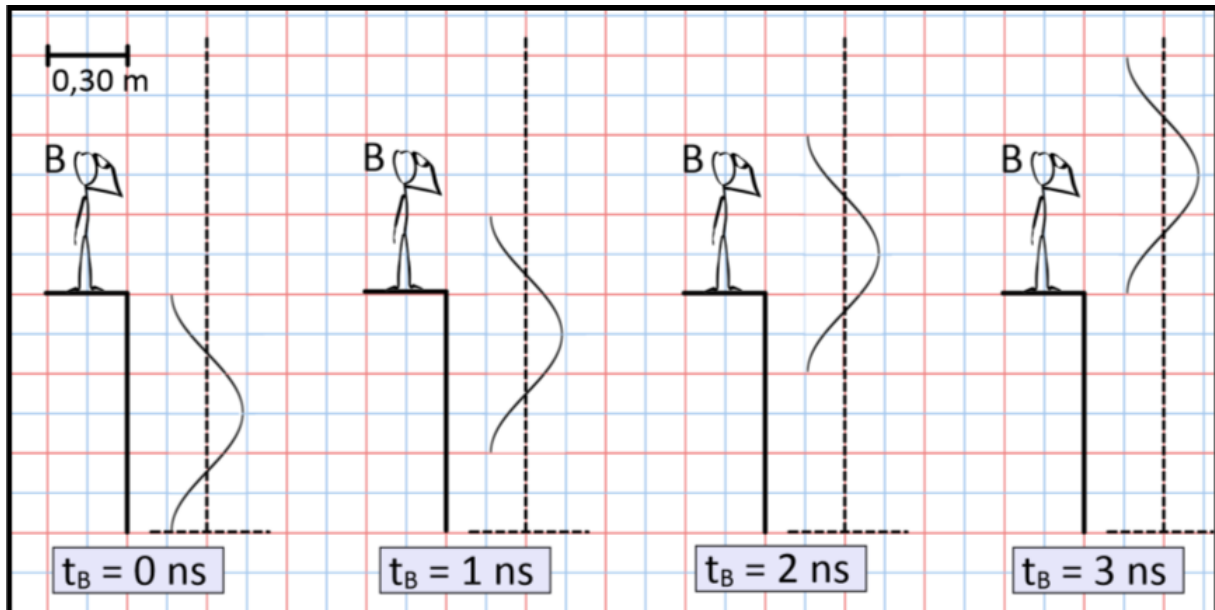
- completeren

2p4. Geef in figuur 2 aan waar EM-golf 1 zich op elk tijdstip bevindt. Bepaal hiertoe eerst de schaal van de figuur.

Voorbeeld van een antwoord:

De golflengte is gelijk aan $\lambda = 0,90 \text{ m}$, wat betekent dat de schaal gelijk is aan: $1 \text{ cm} \cong 0,30 \text{ m}$.

- bepalen van de juiste schaal
- het verloop van de EM-golf juist getekend in de figuur



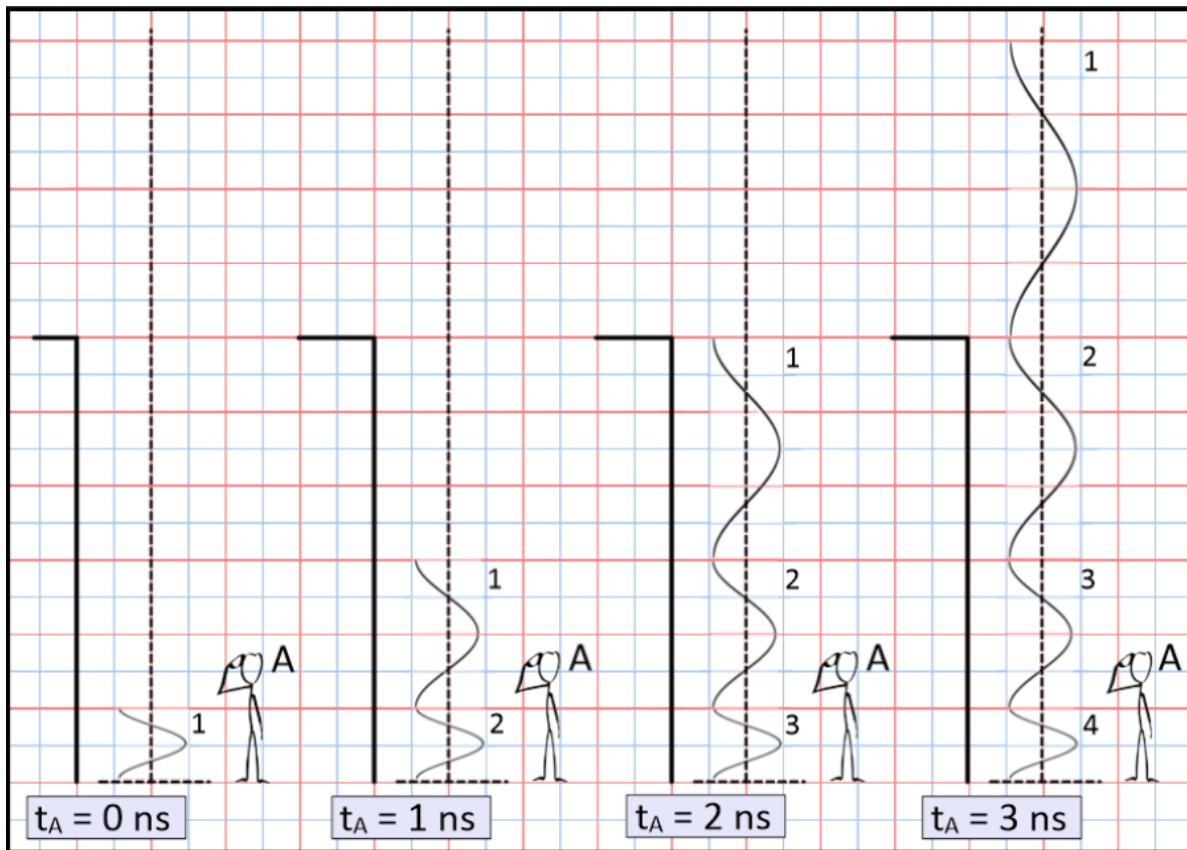
1p5. Wat is het tijdsinterval Δt_B volgens Britt, waarin EM-golf 1 haar passeert?

Voorbeeld van een antwoord:

Het tijdsinterval Δt_B is gelijk aan $\Delta t_B = 3 - 0 = 3 \text{ ns}$

- inzicht dat het tijdsinterval gelijk is aan $3 - 0 \text{ ns}$

2p6. Teken de totale EM-golf in figuur 3 vanuit het perspectief van Alex voor de tijdstippen $t_A = 2$ ns en $t_A = 3$ ns. Denk eraan dat de golflengte steeds met dezelfde waarde toeneemt. Voor het tijdstip $t_A = 1$ ns is dit al gedaan.



1p7. Wat is het tijdsinterval Δt_A volgens Alex, waarin EM-golf 1 Britt passeert?

Voorbeeld van een antwoord:

Het tijdsinterval Δt_A is gelijk aan $\Delta t_A = 3 - 2 = 1$ ns

- inzicht dat het tijdsinterval gelijk is aan $3 - 2$ ns

2p8. Leg duidelijk uit waar de tijd trager verloopt; dicht bij een grote massa of juist heel ver van een massa verwijderd.

Voorbeeld van een antwoord:

Voor Britt geldt dat de tijdsinterval Δt_B waarin de golf Britt passeert gelijk is aan 3 ns. Voor Alex duurt dezelfde gebeurtenis slechts 1 ns. Dit betekent dat de tijd trager verloopt voor Alex.

- inzicht dat $\Delta t_A < \Delta t_B$

- consequente conclusie