

- 32 Een gps-satelliet draait rond de aarde met een snelheid van $4,0 \text{ km s}^{-1}$. De klok aan boord van een gps-satelliet heeft elke dag een totale afwijking van $39 \mu\text{s}$.
De satelliet heeft vanwege zijn snelheid elke dag een tijdverschil van $8 \mu\text{s}$.
- Leg uit of het tijdverschil door de zwaartekracht $31 \mu\text{s}$ of $47 \mu\text{s}$ is.
 - Beredeneer of de klok aan boord van de gps-satelliet ten opzichte van ons langzamer of sneller loopt.

Opgave 32

- a De satelliet staat op grote afstand van het aardoppervlak. Daar is de sterkte van het zwaartekrachtveld veroorzaakt door de aarde kleiner dan die op het aardoppervlak. Een klok aan boord van de satelliet loopt voor een waarnemer op aarde sneller. De satelliet beweegt ten opzichte van een waarnemer op aarde. Daardoor is er sprake van tijdrek: de klok aan boord van de satelliet loopt voor een waarnemer op aarde langzamer.
Omdat de twee effecten tegengesteld zijn, geldt voor het totale verschil:
$$\Delta t_{\text{tot}} = \Delta t_{\text{zw}} - \Delta t_{\text{tijdrek}}$$
$$39 = \Delta t_{\text{zw}} - 8$$
Het tijdverschil is dus $47 \mu\text{s}$.
- b Het effect van de zwaartekracht op de tijd is groter dan het effect van de tijdrek. De zwaartekracht zorgt ervoor dat de klok aan boord van de satelliet sneller loopt voor waarnemers op aarde. De klok loopt dus sneller.