

- 3 Astronaut Buzz reist met 60% van de lichtsnelheid van de aarde weg. Buzz heeft contact met een controlepost op aarde. Hij vertelt gedurende 45 s aan de controlepost dat alles in orde is.
- a Bereken hoelang de boodschap in het stelsel van de controlepost duurt.
  - b Leg uit dat zijn stem lager klinkt in de controlepost.
- De hartslag van astronaut Buzz is 70 slagen per minuut. Zijn hartslag wordt door de controlepost op aarde beluisterd.
- c Bereken hoeveel slagen zijn hart per minuut maakt in het stelsel van de controlepost.

Opgave 3

- a De duur van de boodschap bereken je met de formule voor de tijdrek. De gammafactor bereken je met de formule voor de gammafactor.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$
$$v = 0,60c$$
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0,60c)^2}{c^2}}}$$
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,60^2}} = 1,25$$

$$\Delta t_b = \gamma \cdot \Delta t_e$$

De boodschap wordt verteld in het stelsel van Buzz. Dus de tijdsduur van 45 s is de eigentijd  $\Delta t_{e,Buzz}$  van die boodschap in het stelsel van Buzz.

$$\Delta t_{e,Buzz} = 45 \text{ s}$$
$$\Delta t_{b,controlpost} = 1,25 \times 45 \text{ s} = 56,25$$

Afgerond:  $\Delta t_b = 56 \text{ s}$ .

- b De toonhoogte volgt uit de frequentie. Voor de frequentie geldt:  $f = \frac{1}{T}$
- Het aantal trillingen blijft gelijk. Vanwege tijdrek wordt dezelfde boodschap gedurende een grotere tijd uitgesproken. De trillingstijd is dus groter en daardoor is de frequentie kleiner. Zijn stem klinkt dus lager.
- c Het aantal slagen per minuut in de controlepost bereken je met de tijdsduur van een hartslag uitgedrukt in seconde.
- De tijdsduur van een hartslag in seconde in de controlepost bereken je met de formule voor de tijdrek.
- De tijdsduur in s bereken je met het aantal hartslagen per minuut.

Het aantal hartslagen is 70 per minuut. Dit wordt gemeten in het stel stelsel van Buzz.

De tijdsduur is dus de eigentijd  $\Delta t_{e,Buzz}$ .

De eigentijd  $\Delta t_{e,Buzz}$  van de hartslag is  $\frac{60}{70} = 0,8571 \text{ s}$ .

$$\Delta t_{b,controlpost} = \gamma \cdot \Delta t_{e,Buzz}$$
$$\gamma = 1,25 \qquad \text{Zie vraag a.}$$
$$\Delta t_{b,controlpost} = 1,25 \times 0,8571$$
$$\Delta t_{b,controlpost} = 1,071 \text{ s}$$

$$f_b = \frac{1}{\Delta t_{b,controlpost}}$$
$$f_b = \frac{1}{1,071}$$
$$f_b = 0,933 \text{ s}^{-1}$$

Dit is  $60 \times 0,9333 = 56,00$  slagen per minuut

Afgerond:  $f_b = 56 \text{ min}^{-1}$ .