

- 24 In de Large Hadron Collider worden twee protonenbundels versneld tot bijna de lichtsnelheid. Elk proton in de bundel heeft een maximale energie van 7,0 TeV.
- a Toon aan dat de snelheid van de protonen (bijna) gelijk is aan de lichtsnelheid. Elke bundel heeft een totale energie die gelijk is aan de kinetische energie van een personenauto van 1200 kg die met een snelheid van 90 km h<sup>-1</sup> rijdt.
- b Bereken hoeveel protonen zich in één bundel bevinden.

**Opgave 24**

a De snelheid van een proton bereken je met de formule voor de gammafactor. De gammafactor bereken je met de formule voor de totale energie.

$$\begin{aligned} E_{\text{tot}} &= \gamma \cdot E_0 \\ E_{\text{tot}} &= 7,0 \text{ TeV} = 7,0 \cdot 10^{12} \text{ eV} \\ E_0 &= 938,272046 \text{ MeV} = 938,272046 \cdot 10^6 \text{ eV} && \text{Zie BINAS tabel 7.} \\ 7,0 \cdot 10^{12} &= \gamma \cdot 938,272046 \cdot 10^6 \\ \gamma &= 7,46 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$7,46 \cdot 10^3 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{v}{c} = 0,999$$

Het proton heeft dus bijna de lichtsnelheid.

- b Het aantal protonen in een bundel bereken je met de totale energie van een bundel en de kinetische energie van een personenauto. De kinetische energie van de personenauto bereken je met de formule voor de kinetische energie.

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ m &= 1200 \text{ kg} \\ v &= 90 \text{ km h}^{-1} = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m s}^{-1} \\ E_k &= \frac{1}{2} \times 1200 \times 25^2 = 3,75 \cdot 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

De energie van één proton is 7,0 TeV = 7,0 · 10<sup>12</sup> × 1,602 · 10<sup>-19</sup> = 1,12 · 10<sup>-6</sup> J.

Er bevinden zich dus  $\frac{3,75 \cdot 10^5}{1,12 \cdot 10^{-6}} = 3,34 \cdot 10^{11}$  protonen in een bundel.

Afgerond: 3,3 · 10<sup>11</sup>.