

## ■ Opgave 6 Neutrino's

Na een anderhalf jaar durend onderzoek met een meetopstelling bij de Japanse plaats Kamioka maakte een team van natuurkundigen in 1998 bekend dat neutrino's massa hebben. Het team heeft ontdekt dat er neutrino's zijn met een massa van  $1 \cdot 10^{-37}$  kg. Het onderzoeksteam noemde niet de massa van het neutrino in kg, maar het energie-equivalent in eV.

- 3p **21**  Bereken het energie-equivalent van de gevonden massa in eV.

Deeltjes met massa kunnen de lichtsnelheid (net) niet bereiken.

- 3p **22**  Bereken de De Broglie-golflengte als een neutrino met de genoemde massa tóch de lichtsnelheid zou hebben.

↑  
valt buiten de  
examenstof

De meetopstelling in Kamioka bestaat onder meer uit een ondergronds reservoir met een grote hoeveelheid water. In de watermoleculen komen vooral zuurstofatomen voor van het isotoop O-16. Ongeveer drie keer per uur botst een neutrino tegen een deeltje in de kern van een zuurstofatoom. Bij deze botsing 'verdwijnt' het neutrino en verlaat een elektron de kern van het zuurstofatoom.

- 4p **23**  Beschrijf aan de hand van een reactievergelijking welke nieuwe kern bij de botsing van het neutrino en de zuurstofkern wordt gevormd.

↑  
valt buiten de  
examenstof

In het Franse plaatsje Chooz staat een kerncentrale die  $9 \cdot 10^{21}$  neutrino's per seconde produceert. Deze neutrino's verlaten de centrale gelijkmatig in alle richtingen. Op 1,0 km afstand van de kerncentrale staat een neutrinodetector. Bij deze detector passeren niet alleen neutrino's uit de kerncentrale, maar ook neutrino's die afkomstig zijn van de zon. De zon zorgt bij de detector per seconde voor  $6,5 \cdot 10^{13}$  neutrino's per  $\text{m}^2$ .

- 3p **24**  Ga na of de meeste neutrino's die de detector bij Chooz bereiken afkomstig zijn van de kerncentrale of van de zon.