

- 20 Een elektron is opgesloten in een energieput met lengte  $L = 3,33 \cdot 10^{-10}$  m. Voor de energieën bij dit deeltje in een put geldt  $E_n = n^2 \cdot 3,39$  eV.
- a Laat dit zien.
- Bij de overgang van  $n = 2$  naar  $n = 1$  wordt een foton uitgezonden. Het model van een elektron in een put met lengte  $L = 3,33 \cdot 10^{-10}$  geeft dan voor de energie van dit foton dezelfde voorspelling als het model van een waterstofatoom.
- b Laat dat zien.
- In een atoomkern zitten geen elektronen, maar protonen en neutronen. De orde van grootte van de straal van een atoomkern is  $10^4$  keer zo klein als die van de straal van een atoom.
- Het proton in een atoomkern kun je beschouwen als een deeltje in een energieput. Door opname van energie kan een kern in een aangeslagen toestand komen.
- c Bereken de orde van grootte van de energieën die horen bij een overgang van de grondtoestand naar de eerste aangeslagen toestand.

Opgave 20

- a De formule leid je af uit de formule voor de energie van een deeltje in een eendimensionale energieput.

$$E_n = n^2 \cdot \frac{h^2}{8m \cdot L^2}$$

$$h = 6,6260 \cdot 10^{-34} \quad (\text{zie BINAS tabel 7A})$$

$$L = 3,33 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$m = m_e = 9,10938 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \quad (\text{zie BINAS tabel 7B})$$

$$\text{Invullen levert: } \frac{h^2}{8m \cdot L^2} = n^2 \cdot \frac{(6,6260 \cdot 10^{-34})^2}{8 \times 9,10938 \cdot 10^{-31} \times (3,33 \cdot 10^{-10})^2} = n^2 \cdot 5,4329 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Dit komt overeen met } n^2 \cdot \frac{5,4329 \cdot 10^{-19}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = n^2 \cdot 3,391 \text{ eV}.$$

$$\text{Dit komt afgerond overeen met } E_n = n^2 \cdot \frac{h^2}{8m \cdot L^2} = n^2 \cdot 3,39 \text{ eV}.$$

- b De energie van een foton bereken je met het energieverschil voor de overgang van  $n = 2$  naar  $n = 1$ .

$$\text{Voor het model van het deeltje in de put geldt } \Delta E = 2^2 \times 3,39 - 1^2 \times 3,39 = 10,2 \text{ eV}$$

$$\text{Voor de energieën van het waterstofatoom geldt } E_n = -\frac{13,6}{n^2}.$$

$$\Delta E = -\frac{13,6}{2^2} - \left( -\frac{13,6}{1^2} \right) = 10,2 \text{ eV}$$

Beide modellen leveren dezelfde waarde voor de energie.

- c De orde van grootte van de energie bereken je met de energie van een deeltje in een eendimensionale energieput.

De orde van grootte van de massa van een proton in vergelijking met de massa van een elektron volgt uit de verhouding van de massa's van een proton en een elektron.

De massa van proton is 1,007 u en die van een elektron  $5,485 \cdot 10^{-4}$  u. De massa van een proton is dus ongeveer  $1,8 \cdot 10^3$  keer zo groot als de massa van een elektron.

De afmeting  $L$  van de energieput is echter  $10^4$  keer zo klein.

$$E_n = n^2 \cdot \frac{h^2}{8m \cdot L^2}$$

De waarde van  $8m \cdot L^2$  verandert voor het proton in de atoomkern met

$$1,8 \cdot 10^3 \times (10^{-4})^2 = 1,8 \cdot 10^{-5}.$$

Omdat  $h$  een constante is, verandert de waarde van  $\frac{h^2}{8m \cdot L^2}$  met een factor

$$\frac{1}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,5 \cdot 10^4.$$

De energieovergang van het elektron bedraagt 10,2 eV.

Dus voor het proton is het energieverschil:  $10,2 \times 5,5 \cdot 10^4 = 5,6 \cdot 10^5$  eV.

De orde van grootte is dus  $10^6$  eV.