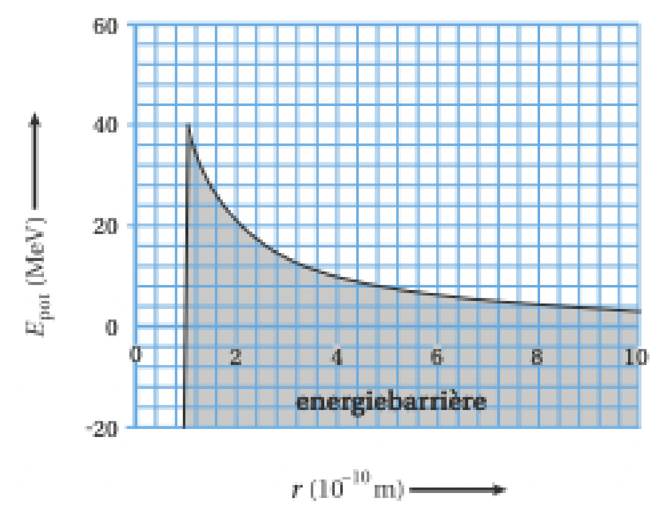
24 Bij radioactief verval van zware atomen ontsnapt een alfadeeltje uit een atoomkern. In figuur 13.43 zie je een grijs oppervlak dat de energiebarrière aangeeft. De randen vormen de grafiek van de potentiële energie die het alfadeeltje moet overwinnen om een zwaar atoom te verlaten. In BINAS tabel 25 zie je dat de energie van alfadeeltjes tussen de 4 en 10 MeV ligt. Die is dus veel te klein om de energiebarrière te overwinnen. Maar dankzij het tunneleffect komt het deeltje toch 'door' de barrière heen.



Figuur 13.43

De kans op tunnelen hangt af van $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}}$ met $d_{\frac{1}{2}} = 0{,}0552 \cdot \frac{h}{\sqrt{2m \cdot \Delta E}}$.

- d is de horizontale afstand van de energiebarrière in m.
- $d_{\frac{1}{2}}$ is de halveringsdikte in m.
- 0,0552 is een constante zonder eenheid.
- h is de constante van Planck in J s.
- m is de massa van het tunnelende deeltje in kg.
- ΔE is het energietekort in J.

Het energietekort is het energieverschil tussen de energie die het deeltje heeft en de energie die nodig is om 'over' de barrière te komen.

a Laat zien dat $\frac{h}{\sqrt{2m \cdot \Delta E}}$ de eenheid van lengte heeft.

b Beredeneer of de kans op tunnelen groter of kleiner is als de massa van het deeltje groter is.

Een alfadeeltje van 9 MeV tunnelt minder gemakkelijk door de energiebarrière dan een alfadeeltje van 10 MeV.

c Noem hiervoor twee redenen. Licht je antwoord toe.

Opgave 24

a De eenheid leid je af met de andere eenheden in de formule.

$$\left[\frac{h}{\sqrt{2m \cdot \Delta E}}\right] = \frac{[h]}{\sqrt{[m] \cdot [E]}}$$

$[h]$ = J s
$[m]$ = kg
$[E]$ = J

$$\left[\frac{h}{\sqrt{2m \cdot \Delta E}}\right] = \frac{\mathrm{J \cdot s}}{\sqrt{\mathrm{kg \cdot J}}} = \mathrm{s} \cdot \sqrt{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}}$$

Verder geldt J = N m = (kg m $\mathrm{s^{-2}}$) · m = kg $\mathrm{m^2\,s^{-2}}$.

Dus $\left[\frac{h}{\sqrt{2m \cdot \Delta E}}\right] = \mathrm{s} \cdot \sqrt{\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}} = \mathrm{s} \cdot \sqrt{\frac{\mathrm{kg\,m^2\,s^{-2}}}{\mathrm{kg}}} = \mathrm{s \cdot m\,s^{-1}} = \mathrm{m}$.

Dit is inderdaad de eenheid van lengte.

b Als de massa van het deeltje m groter is, is volgens de gegeven formule $d_{\frac{1}{2}}$ kleiner.

Als de horizontale afstand d hetzelfde is, dan is $\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}$ dus groter. Daardoor is $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}}$ kleiner en de kans op tunnelen dus ook.

c *Reden 1*

Voor een deeltje met een energie van 9 MeV is het energietekort ΔE groter dan voor een deeltje met energie 10 MeV.

Als ΔE groter is en de massa is dezelfde, dan is volgens de gegeven formule $d_{\frac{1}{2}}$ kleiner.

Als de horizontale afstand d hetzelfde is, dan is $\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}$ groter. Daardoor is $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}}$ kleiner en de kans op tunnelen dus ook.

Reden 2

Een deeltje met een energie van 9 MeV moet over een grotere afstand door de energiebarrière tunnelen dan een deeltje met een energie van 10 MeV. Dus de horizontale afstand d is groter.

Als de halveringsdikte dezelfde is, dan is $\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}$ groter. Daardoor is $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{d_{\frac{1}{2}}}}$ kleiner en de kans op tunnelen dus ook.