

Opgave 1 Tsjernobyl, ruim 20 jaar later

In 1986 ontplofte in Tsjernobyl een kernreactor.

Grote hoeveelheden radioactieve stoffen werden bij dit ongeluk de lucht in geblazen. Door de wind verspreidden de stoffen zich over een enorm gebied. Bij de ontploffing kwam een grote hoeveelheid Cs-137 vrij met een totale activiteit van $85 \cdot 10^{15}$ Bq. In een gebied van $3,0 \cdot 10^3$ km² (drieduizend vierkante kilometer) in de directe omgeving van de centrale, de zogenoemde 'verboden zone', veroorzaakte het neergeslagen cesium een gemiddelde activiteit van $2,0 \cdot 10^6$ Bq/m².

- 3p 1 Bereken welk percentage van het vrijgekomen Cs-137 in dit gebied terecht kwam.

Bij het verval van een Cs-137-kern komen een β -deeltje en een γ -deeltje (γ -foton) vrij.

- 3p 2 Geef de vervalvergelijking van Cs-137.

In de verboden zone wonen nog steeds mensen. De stralingsbelasting die zij ten gevolge van **uitwendige** bestraling oplopen, wordt voornamelijk bepaald door de absorptie van γ -straling afkomstig van Cs-137; de β -straling van Cs-137 draagt daar nauwelijks aan bij.

- 1p 3 Geef daarvan de reden.

Bij het verval van een Cs-137-kern komt een γ -deeltje vrij met een energie van $1,06 \cdot 10^{-13}$ J.

Voor de equivalente dosis (het dosisequivalent) die een persoon oploopt, geldt:

$$H = Q \frac{E}{m}$$

Hierin is:

- H de equivalente dosis (in Sv);
- Q de zogenoemde weegfactor; $Q = 1$ voor een γ -deeltje;
- E de energie die het lichaam absorbeert (in J);
- m de massa van de persoon (in kg).

Het gebied wordt af en toe bezocht door wetenschappers die de invloed van ioniserende straling op flora en fauna onderzoeken. Geschat wordt dat een persoon van 75 kg in dit gebied $2,4 \cdot 10^5$ γ -deeltjes per seconde absorbeert.

4p 4 Bereken hoeveel dagen deze persoon maximaal in het gebied mag blijven zonder de dosislimiet per jaar te overschrijden voor individuele leden van de bevolking.

De activiteit van het Cs-137 in de verboden zone is inmiddels afgenomen tot $1,2 \cdot 10^6$ Bq/m² en zal met de jaren verder afnemen.

- 3p 5 Bereken de activiteit per m² van het Cs-137 in het gebied over 90 jaar. Zoek daartoe de halveringstijd van Cs-137 op en neem aan dat de activiteit ervan alleen afneemt ten gevolge van radioactief verval.

In de verboden zone bevond zich een bos waarvan de bomen ernstig waren besmet. Men besloot om de bomen niet te verbranden maar om ze onder een dikke laag zand te begraven.

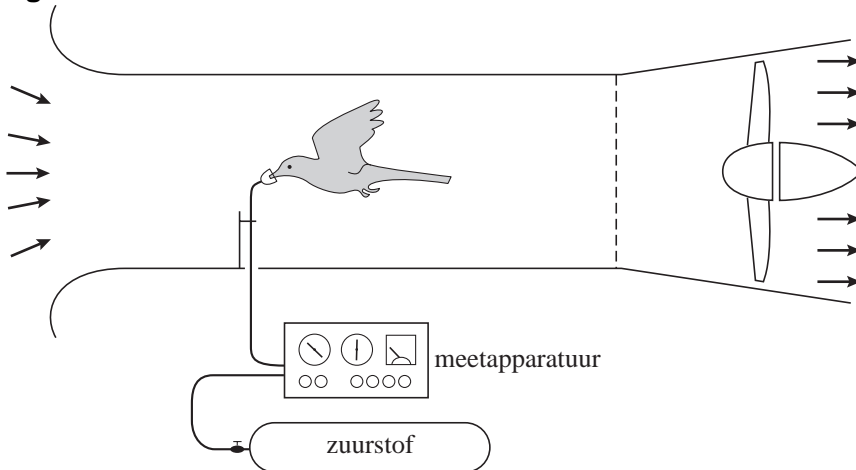
2p **6** Beantwoord de volgende twee vragen vanuit het oogpunt van stralingsbescherming:

- Wat is het bezwaar tegen het verbranden van de bomen?
- Waarom is het begraven van de bomen onder een laag zand effectief?

Opgave 2 Het parkietje van Tucker

Professor Tucker bestudeert al jaren het vliegen van vogels. Hij slaagde er in om een parkiet te leren vliegen in een windtunnel. Zie figuur 1. Als het vogeltje al vliegend op zijn plaats blijft, is zijn snelheid dus even groot als die van de lucht in de windtunnel. Door de parkiet een zuurstofmasker op te zetten, kon hij bovendien zijn energieverbruik bepalen.

figuur 1



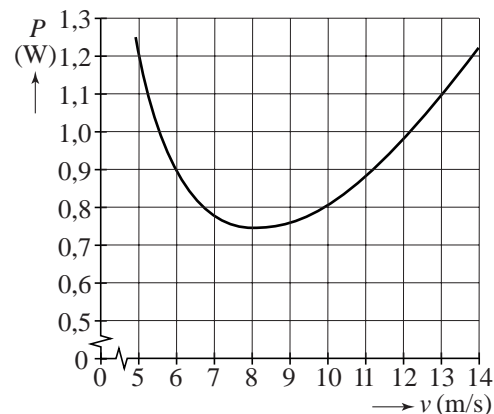
Bij verschillende snelheden bepaalde Tucker het vermogen dat het vogeltje voor het vliegen moest leveren (het vliegvermogen P). Zie de grafiek in figuur 2.

Tijdens één van deze metingen stond de windsnelheid in de tunnel ingesteld op 8,0 m/s.

Uit het zuurstofverbruik bleek dat de parkiet daarbij in totaal 60 J energie had verbruikt. Van de energie die de parkiet verbruikt, is 25% nodig voor het vliegen.

- 5p **7** Bepaal de 'afstand' die de parkiet bij deze meting heeft afgelegd.

figuur 2

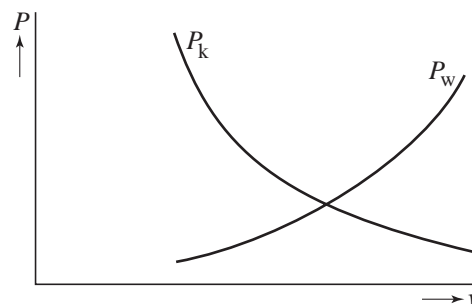


In figuur 2 valt op dat vogels bij lage snelheden een groot vermogen moeten leveren. Om dat te begrijpen is figuur 3 getekend. Daarin is te zien dat het vliegvermogen bestaat uit:

- het vermogen P_w nodig om de wrijvingskracht te overwinnen,
- het vermogen dat is aangeduid met P_k .

Het vermogen P_k is uniek voor vogels; lopende dieren hebben alleen met P_w te maken.

figuur 3



- 2p **8** Beantwoord de volgende vragen:
- Leg uit waarom P_w een stijgende functie is.
 - Leg uit waarom vogels het vermogen P_k moeten leveren en lopende dieren niet.

Wanneer vogels grote afstanden moeten afleggen, vliegen ze met een snelheid (de zogenaamde kruissnelheid) waarbij de arbeid die ze **per meter** verrichten zo klein mogelijk is.

Bij een snelheid van 10 m/s is de arbeid die de parkiet per meter verricht kleiner dan bij een snelheid van 8,0 m/s.

- 3p **9** Toon dat aan met behulp van figuur 2 en een berekening.

In de figuur op de uitwerkbijlage zijn de zwaartekracht \vec{F}_z en de wrijvingskracht \vec{F}_w op de parkiet getekend als hij met een constante horizontale snelheid vliegt.

Doordat hij met zijn vleugels lucht wegduwt, werkt er nog een derde kracht \vec{F} op de parkiet. De massa van de parkiet is 36 g.

- 5p **10** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de vector \vec{F} en bepaal de grootte van deze kracht in newton.

Als de parkiet schuin omhoog vliegt, moet hij meer vermogen leveren omdat zijn zwaarte-energie dan toeneemt.

Als de parkiet met een constante snelheid van 8,0 m/s onder een hoek van 5,0° schuin omhoog vliegt (zie figuur 4), blijkt hij 0,25 W meer vermogen te leveren dan bij dezelfde horizontale snelheid.

figuur 4



- 4p **11** Controleer dit extra vermogen met een berekening. Bereken daartoe eerst hoeveel meter het parkietje stijgt in één seconde.

uitwerkbijlage

10



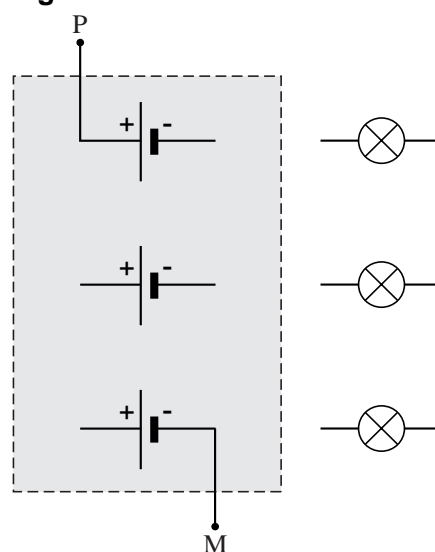
Opgave 3 Moderne koplamp

Er is tegenwoordig een koplamp in de handel van het type dat in figuur 1 is afgebeeld. In de koplamp zitten drie parallel geschakelde lampjes (LEDjes) die ieder op een spanning van 4,5 V branden. Deze spanning wordt geleverd door een spanningsbron bestaande uit drie batterijen die ieder een spanning leveren van 1,5 V. In figuur 2 zijn de batterijen en de lampjes schematisch getekend. De drie batterijen moeten zo met elkaar verbonden worden dat de spanning tussen de pluspool en de minpool van de spanningsbron (de punten P en M) 4,5 V is. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 1



figuur 2



- 2p **12** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de verbindingsdraden tussen de batterijen.
- 2p **13** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage hoe de drie lampjes op de punten P en M van de spanningsbron zijn aangesloten.

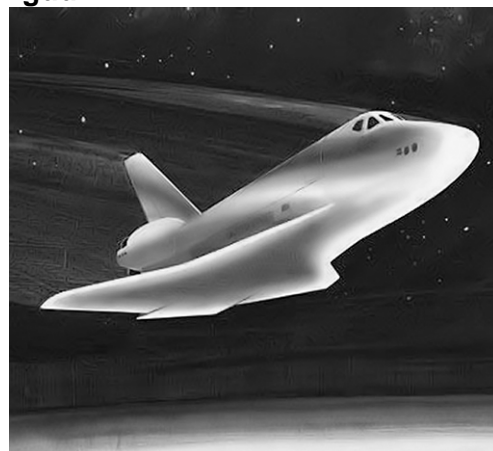
Met volle batterijen kan de spanningsbron 50 kJ elektrische energie leveren.
Als de drie lampjes branden, levert de spanningsbron een stroom van 0,028 A.

- 4p **14** Bereken hoeveel uur de koplamp kan branden.

Opgave 4 Terugkeer in de dampkring

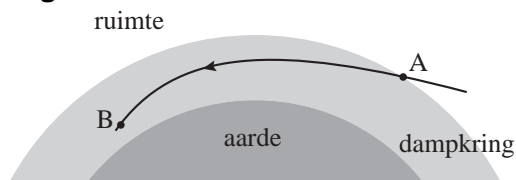
Figuur 1 is een tekening van een space shuttle die in de dampkring terugkeert.

figuur 1



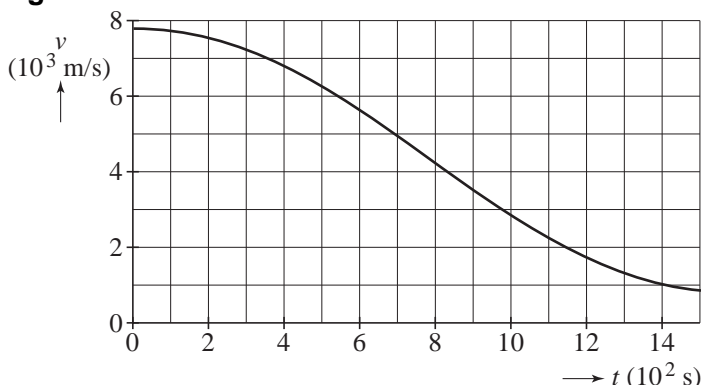
In figuur 2 is de baan van de shuttle schematisch weergegeven. In punt A komt de shuttle met grote snelheid de buitenste lagen van de dampkring binnen. Door de grote luchtweerstand verliest hij in korte tijd veel van zijn energie. In punt B is de snelheid zo veel afgenomen dat de shuttle als een gewoon vliegtuig naar de landingsbaan kan vliegen.

figuur 2



In figuur 3 is het (v, t) -diagram getekend tussen de punten A ($t = 0$ s) en B ($t = 15 \cdot 10^2$ s).

figuur 3



Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **18** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de afstand die de shuttle aflegt tussen de punten A en B.

Onder de mechanische energie van een voorwerp verstaat men de som van zijn kinetische energie en zijn zwaarte-energie, in formulevorm: $E_{\text{mech}} = E_k + E_z$.

Tijdens de terugkeer in de dampkring wordt mechanische energie van de shuttle omgezet in warmte.

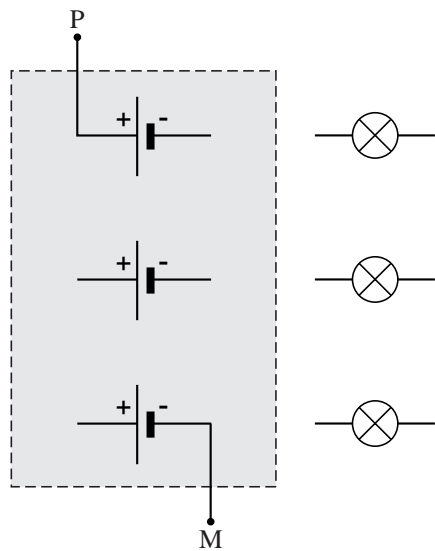
In punt A is zijn zwaarte-energie $1,1 \cdot 10^{11}$ J en in punt B $7,2 \cdot 10^9$ J.

De massa van de shuttle is $92 \cdot 10^3$ kg.

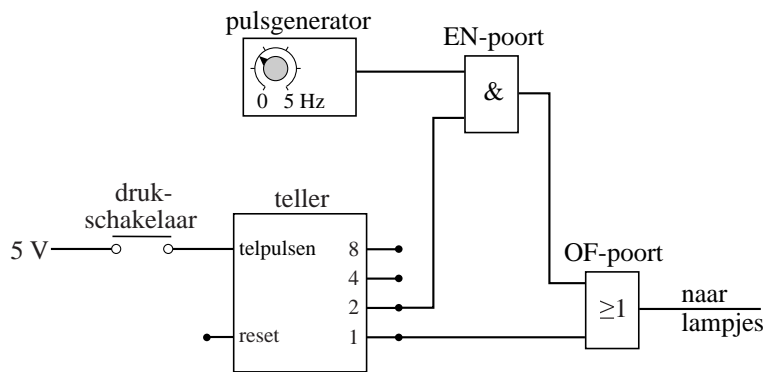
- 4p **19** Toon aan dat op het traject AB per seconde gemiddeld $1,9 \cdot 10^9$ J mechanische energie wordt omgezet in warmte. Gebruik daarbij bovenstaande gegevens en figuur 3.

uitwerkbijlage

12 en 13



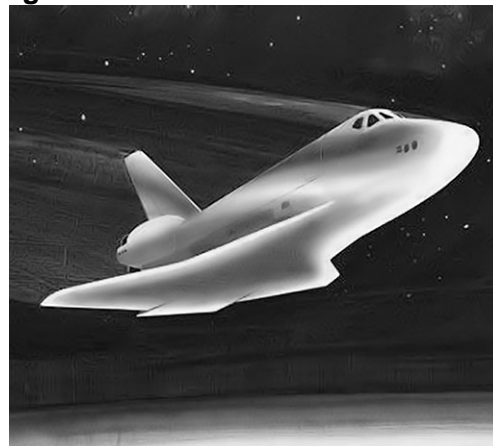
17



Opgave 4 Terugkeer in de dampkring

Figuur 1 is een tekening van een space shuttle die in de dampkring terugkeert.

figuur 1

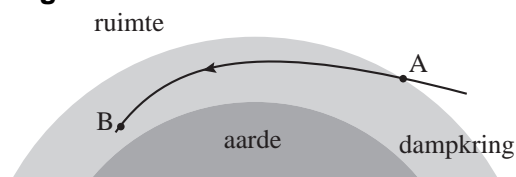


In figuur 2 is de baan van de shuttle schematisch weergegeven.

In punt A komt de shuttle met grote snelheid de buitenste lagen van de dampkring binnen.

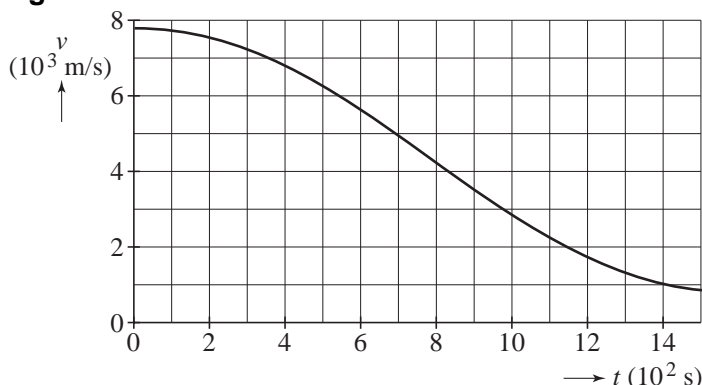
Door de grote luchtweerstand verliest hij in korte tijd veel van zijn energie. In punt B is de snelheid zo veel afgenomen dat de shuttle als een gewoon vliegtuig naar de landingsbaan kan vliegen.

figuur 2



In figuur 3 is het (v,t) -diagram getekend tussen de punten A ($t = 0$ s) en B ($t = 15 \cdot 10^2$ s).

figuur 3



Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **18** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de afstand die de shuttle aflegt tussen de punten A en B.

Onder de mechanische energie van een voorwerp verstaat men de som van zijn kinetische energie en zijn zwaarte-energie, in formulevorm: $E_{\text{mech}} = E_k + E_z$.

Tijdens de terugkeer in de dampkring wordt mechanische energie van de shuttle omgezet in warmte.

In punt A is zijn zwaarte-energie $1,1 \cdot 10^{11}$ J en in punt B $7,2 \cdot 10^9$ J.

De massa van de shuttle is $92 \cdot 10^3$ kg.

- 4p **19** Toon aan dat op het traject AB per seconde gemiddeld $1,9 \cdot 10^9$ J mechanische energie wordt omgezet in warmte. Gebruik daarbij bovenstaande gegevens en figuur 3.

Bij de twee volgende vragen mag je er vanuit gaan dat tijdens de hele vlucht het hittedschild van de shuttle per seconde 50% van deze $1,9 \cdot 10^9$ J aan warmte opneemt. De warmtecapaciteit van het hittedschild is $2,2 \cdot 10^7$ J/K.

- 4p **20** Bereken na hoeveel seconden de temperatuur van het hittedschild 1000 K is gestegen.

Het hittedschild verliest ook warmte; dat gebeurt (vrijwel) geheel door uitstraling. Na enige tijd wordt daardoor een bepaalde evenwichtstemperatuur bereikt. Het uitgestraalde vermogen is dan gelijk aan het opgenomen vermogen.

Voor het uitgestraalde vermogen $P_{\text{uitstraling}}$ geldt de formule:

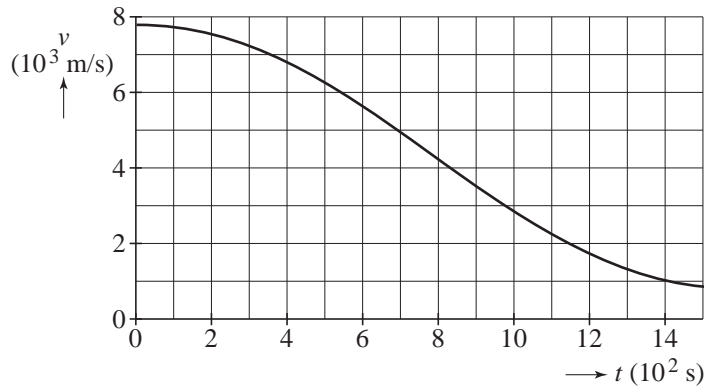
$$P_{\text{uitstraling}} = kT^4$$

Hierin is T de temperatuur van het hittedschild (in K) en k een constante waarvan de waarde gelijk is aan $1,1 \cdot 10^{-4}$ W/K⁴.

- 2p **21** Bereken de evenwichtstemperatuur die het hittedschild bereikt.

uitwerkbijlage

18



ruimte voor een toelichting/berekening:

.....

.....

.....

.....

.....

Opgave 5 Elektrische deken

In een elektrische deken zitten twee even lange verwarmingsdraden. Door de draden op verschillende manieren op de netspanning aan te sluiten, heeft de deken drie verwarmingsstanden: I, II en III.

In figuur 1 is getekend hoe de draden op de netspanning zijn aangesloten in stand I.

De weerstand van de draad tussen de punten A en C is gelijk aan de weerstand van de draad tussen de punten B en C: $R_{AC} = R_{BC} = 529 \Omega$.

De weerstand tussen de punten A en B, die op de netspanning zijn aangesloten, is in stand I gelijk aan 1058Ω .

1p **22** Leg dit uit met behulp van figuur 1.

3p **23** Bereken het elektrisch vermogen van de deken in stand I.

In stand II zijn de punten A en C op de netspanning aangesloten. Zie figuur 2.

2p **24** Leg uit dat de weerstand in stand II tweemaal zo klein is als de weerstand in stand I.

In stand III blijven de punten A en C aangesloten op de netspanning, maar zijn de punten A en B met elkaar verbonden. Zie figuur 3.

2p **25** Leg uit dat het vermogen in stand III tweemaal zo groot is als het vermogen in stand II.

Volgens de fabrikant zijn de verwarmingsdraden van nichroom ($\rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$) gemaakt en is de totale lengte van de twee draden 19,3 m.

4p **26** Bereken de diameter (dikte) van de draad.

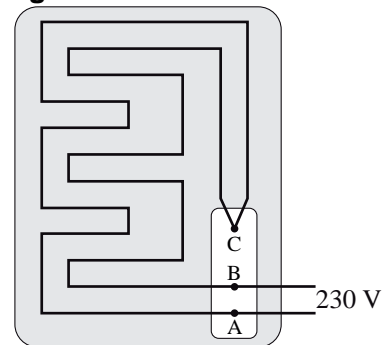
De hier beschreven elektrische deken wordt niet veel meer gebruikt omdat er zich soms problemen voordoen met de brandveiligheid.

Een fabrikant schrijft in de gebruiksaanwijzing:

**Gebruik de deken alleen om de matras voor te verwarmen!
 Spreid de elektrische deken gelijkmatig uit over de matras.
 Leg geen kussen(s) op de elektrische deken!**

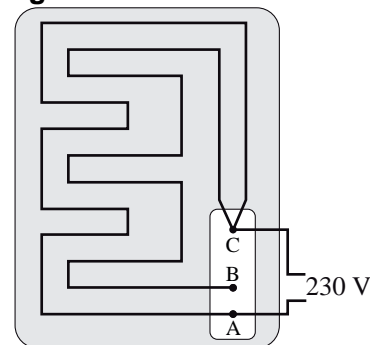
1p **27** Leg uit waarom het veiliger is om geen kussen op de elektrische deken te leggen.

figuur 1



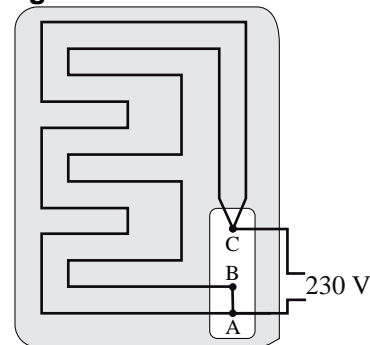
stand I

figuur 2



stand II

figuur 3



stand III