

## 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  $3,0 \cdot 10^3$  km<sup>2</sup> (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 per m<sup>2</sup>.

- 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  $\beta$ -deeltje en een  $\gamma$ -deeltje ( $\gamma$ -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  $\gamma$ -straling afkomstig van Cs-137; de  $\beta$ -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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -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  $2,4 \cdot 10^5$   $\gamma$ -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/m<sup>2</sup> en zal met de jaren verder afnemen.

- 3p 5 Bereken de activiteit per m<sup>2</sup> 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 door 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 dikke laag zand effectief?

## Opgave 2 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  $1058 \Omega$ .

1p **7** Leg dit uit met behulp van figuur 1.

3p **8** Bereken het elektrisch vermogen van de deken in stand I.

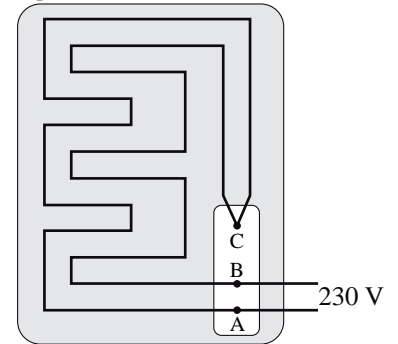
In stand II zijn de punten A en C op de netspanning aangesloten. Zie figuur 2.

2p **9** 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.

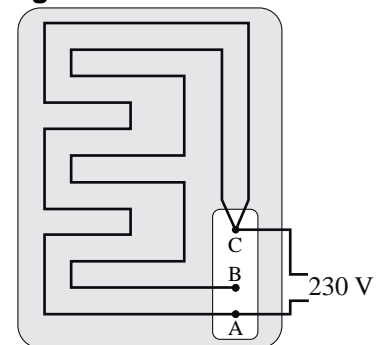
2p **10** Leg uit dat het vermogen in stand III tweemaal zo groot is als het vermogen in stand II.

figuur 1



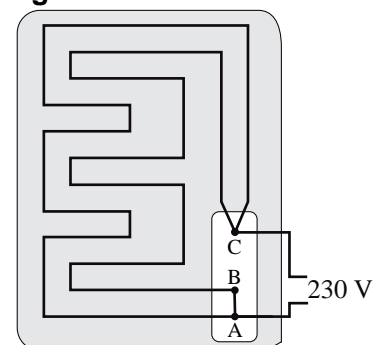
stand I

figuur 2



stand II

figuur 3



stand III

### 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.

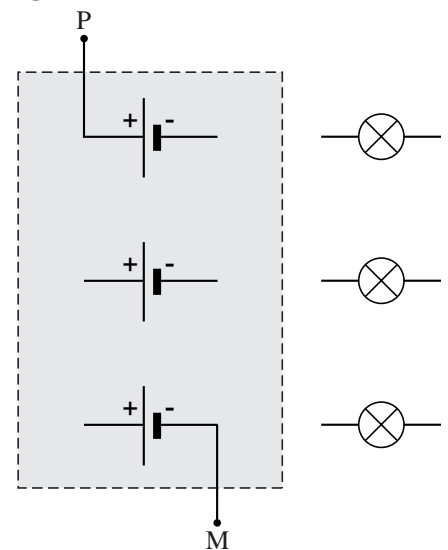
De drie batterijen moeten zo met elkaar verbonden worden dat de spanning tussen de pluspool en de minpool van de spanningsbron (de punten P en M) 4,5 V is.

Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

figuur 1



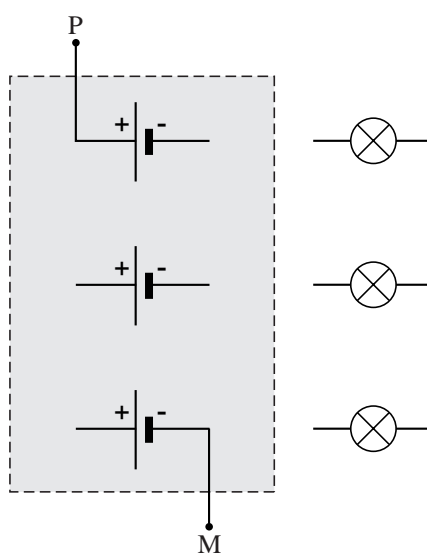
figuur 2



- 2p **11** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de verbindingsdraden tussen de batterijen.
- 2p **12** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage hoe de drie lampjes op de punten P en M van de spanningsbron zijn aangesloten.
- 2p **13** Een van de lampjes gaat kapot. Leg uit of de stroom die de spanningsbron dan levert kleiner of groter wordt of gelijk blijft.

uitwerkbijlage

11 en 12



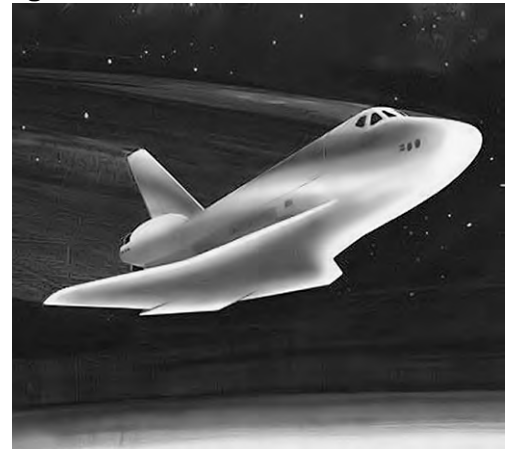
**Opgave 4 Terugkeer in de dampkring**

Figuur 1 is een tekening van een space shuttle die in de dampkring terugkeert. De space shuttle brengt astronauten van en naar het ruimtestation ISS (International Space Station).

Het ruimtestation ISS cirkelt op een hoogte van 340 km boven het aardoppervlak. De baansnelheid is  $27,7 \cdot 10^3$  km/h.

4p **14** Bereken de omlooptijd van het ruimtestation.

**figuur 1**



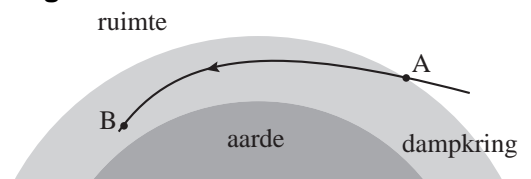
In figuur 2 is de baan van de shuttle schematisch weergegeven.

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

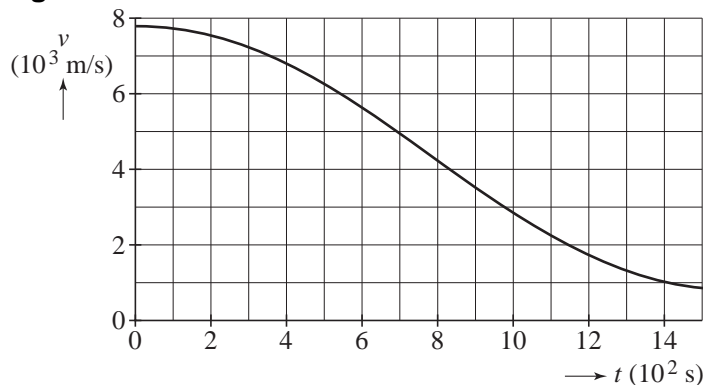
Door de grote luchtweerstand verliest hij in korte tijd veel van zijn energie. In punt B is de snelheid zo veel afgenomen dat de shuttle als een gewoon vliegtuig naar de landingsbaan kan vliegen.

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 2**



**figuur 3**



Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

3p **15** Maak met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage een schatting van de afstand die de shuttle aflegt tussen de punten A en B. Licht je antwoord toe met een berekening.

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

Tijdens de terugkeer in de dampkring wordt de 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 16 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.

Op de space shuttle is een hitteschild aangebracht dat bestaat uit zwarte HRSI tegels (**H**igh-temperature **R**e-usable **S**urface **I**nsulation).

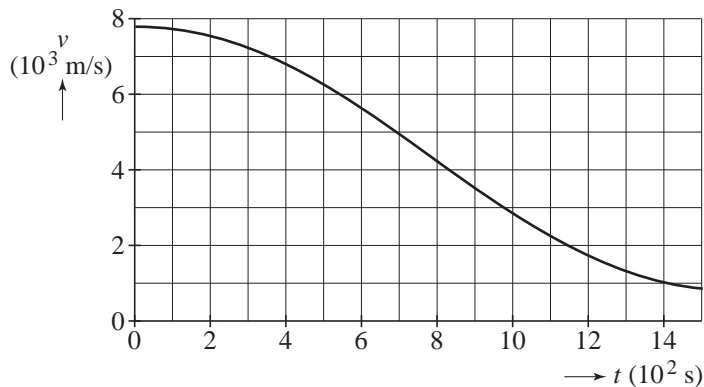
Dit hitteschild moet de space shuttle en de bemanning beschermen tegen extreme omstandigheden die optreden als de shuttle met hoge snelheid de dampkring binnenkomt.

Op de uitwerkbijlage staan drie onvolledige zinnen over enkele materiaaleigenschappen van deze tegels.

- 3p 17 Maak de zinnen op de uitwerkbijlage af.

**uitwerkbijlage**

15



toelichting/berekening: .....

.....

.....

.....

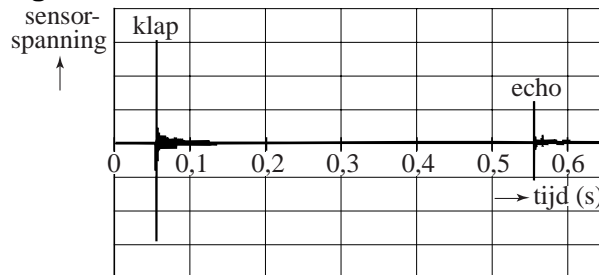
- 17 Het smeltpunt van het materiaal moet hoog zijn, want .....
- .....
- De dichtheid van het materiaal moet klein zijn, want .....
- .....
- De warmtegeleidingscoëfficiënt moet klein zijn, want .....
- .....



### Opgave 5 Echoput

Nienke staat bij een echoput. Wanneer zij boven de put een geluid maakt, wordt het weerkaatst tegen het water in de put. Even later hoort zij de echo. Het wateroppervlak bevindt zich 86 m onder de rand van de put. Nienke wil dit controleren met een geluidsmeting. Zij geeft een harde klap en meet hoe lang het duurt voordat de echo van de klap te horen is. Zij voert de meting uit met behulp van een geluidssensor. De computer registreert de sensorspanning. Zie figuur 1.

**figuur 1**



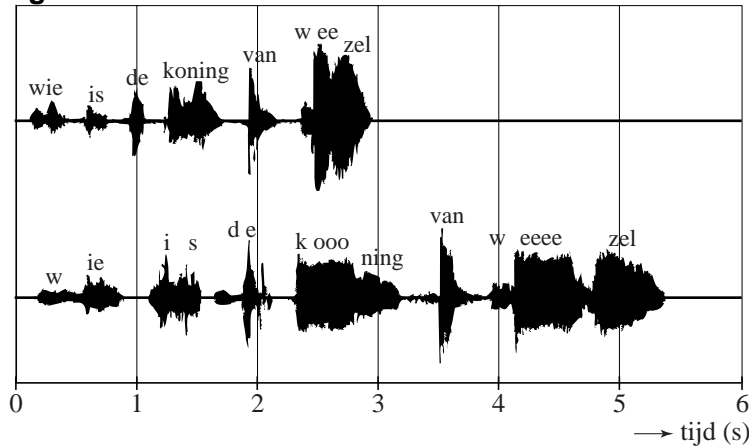
- 4p **18** Toon aan dat deze meting bevestigt dat het wateroppervlak zich 86 m onder de rand van de put bevindt. Neem aan dat de temperatuur van de lucht in de put 20 °C is.

Nienke laat een steen in de put vallen. Even nadat de steen het wateroppervlak raakt, hoort ze de plons.

- 4p **19** Bereken de tijd tussen het loslaten van de steen en het horen van de plons. Verwaarloos de luchtwrijving op de steen.

Als je iets in de put roept, is de echo zwakker dan het oorspronkelijke geluid. Daarom hoor je de echo pas als je zelf bent uitgesproken. Nienke roept in de echoput: "Wie is de koning van Wezel?" Zij wil graag als antwoord horen: "ezel". Het antwoord dat de put geeft, hangt echter af van de snelheid waarmee de vraag wordt uitgesproken. In figuur 2 is een registratie te zien van een snelle en van een langzame uitspraak.

figuur 2



- 3p 20 Leg uit welke van deze twee uitspraken, de onderste of de bovenste, het beste "ezel" als antwoord geeft.

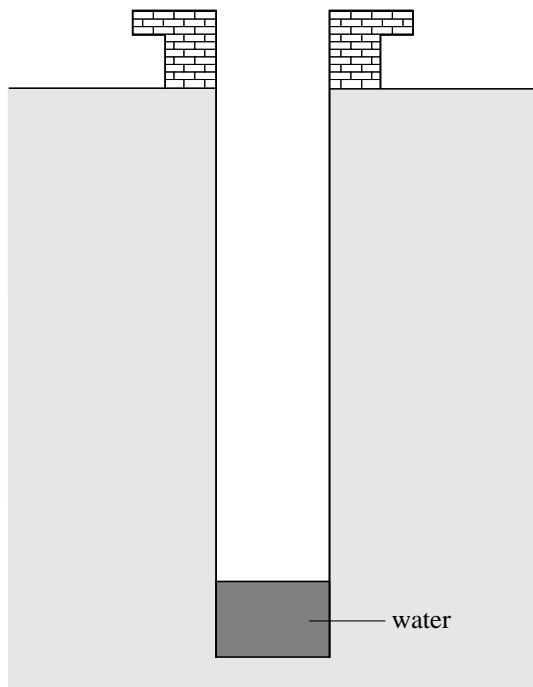
Nienke vraagt zich af of het mogelijk is om in de echoput geluidsresonantie op te wekken. Zij maakt geluiden van verschillende toonhoogte boven de put. De put lijkt wat vorm betreft op een orgelpijp die aan de onderkant dicht en aan de bovenkant open is.

Op de uitwerkbijlage is de put schematisch getekend.

- 5p 21 Beantwoord de volgende vragen:
- Geef op de uitwerkbijlage de plaats van de knoop/knopen en buik/buiken aan als de luchtkolom in de put resoneert met de grondtoon.
  - Bereken de frequentie van deze grondtoon.
  - Leg uit of het mogelijk is om resonantie te **horen** in deze put.

uitwerkbijlage

21



berekening van de frequentie: .....

.....  
.....

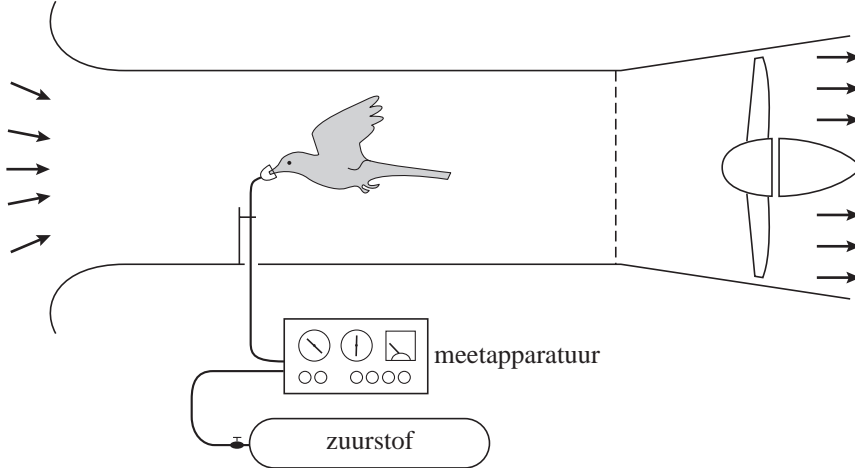
uitleg: .....

.....  
.....

### Opgave 6 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



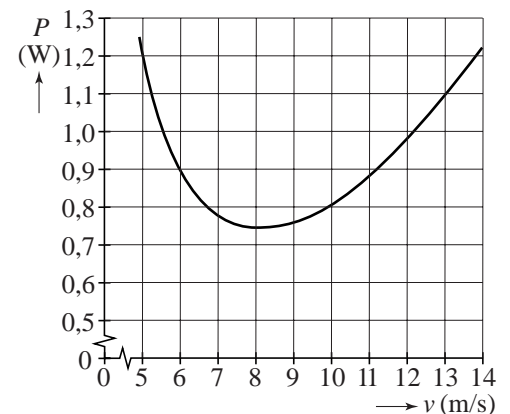
Bij verschillende snelheden bepaalde Tucker het vermogen dat het vogeltje voor het vliegen moest leveren (het vliegvermogen  $P$ ). Zie de grafiek in figuur 2.

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 **22** Bepaal de 'afstand' die de parkiet bij deze meting heeft afgelegd.

figuur 2

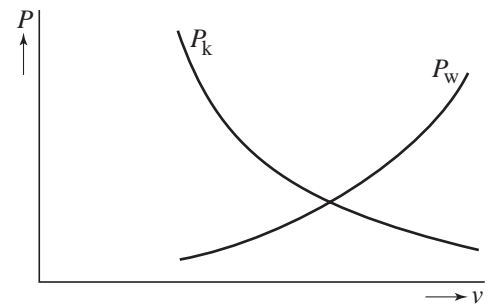


In figuur 2 valt op dat vogels bij lage snelheden een groot vermogen moeten leveren. Om dat te begrijpen is figuur 3 getekend. Daarin is te zien dat het vliegvermogen bestaat uit:

- 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 **23** 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 **24** 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 **25** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de vector  $\vec{F}$  en bepaal de grootte van deze kracht in newton.

Als de parkiet met een constante snelheid van 8,0 m/s onder een kleine hoek schuin omhoog vliegt, moet hij meer vermogen leveren.

In 1,0 s neemt zijn hoogte met 0,70 m toe.

- 3p **26** Bereken het extra vermogen dat de parkiet hiervoor heeft moeten leveren.

**uitwerkbijlage**

25

