

Opgave 1 Millenniumbrug

Op 10 juni 2000 werd in Londen de Millenniumbrug geopend.

Zie figuur 1.

Deze hangbrug werd al na drie dagen gesloten. Als er veel mensen op de brug liepen, begon het deel van de brug tussen de pijlers te trillen.

Eerst trilde de brug nog nauwelijks, maar doordat er steeds meer mensen in hetzelfde ritme over de brug gingen lopen als waarmee de brug trilde, werd het trillen van de brug steeds erger.

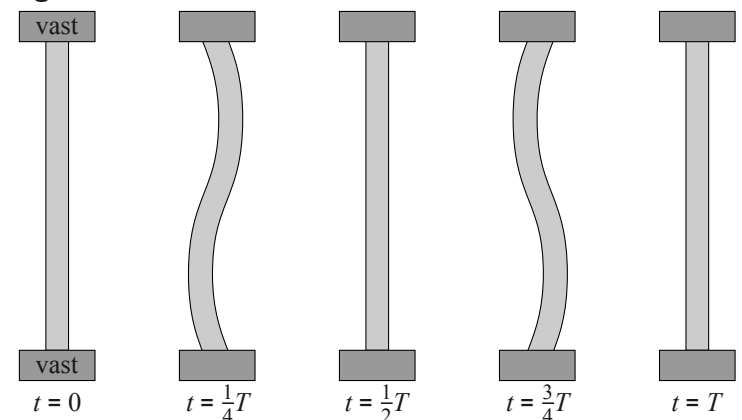
figuur 1



- 1p 1 Hoe heet dit natuurkundig verschijnsel?

Om problemen te voorkomen werd de brug gesloten. Technici deden daarna verschillende testen. Het lukte hen om het wegdek tussen de pijlers van de brug een horizontale staande golfbeweging te laten uitvoeren. Van deze staande golfbeweging is op vijf verschillende tijdstippen een bovenaanzicht getekend. Zie figuur 2.

figuur 2



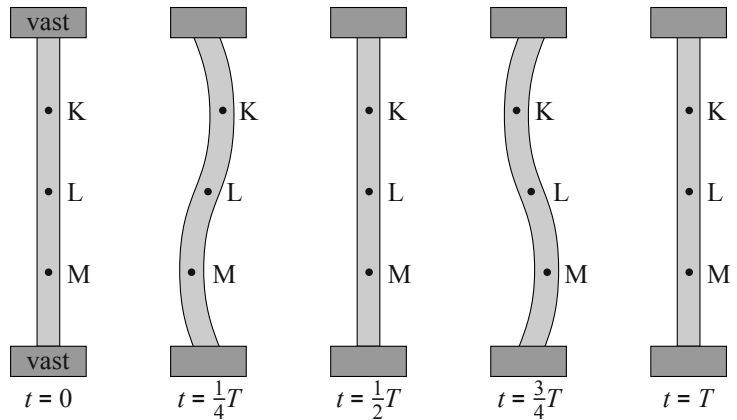
De trillingstijd van deze golfbeweging is 0,90 s.

De lengte van het deel van het wegdek dat trilt is 144 m. Figuur 2 is niet op schaal.

- 3p 2 Bereken de golfsnelheid in het wegdek.

Karen (K), Linda (L) en Maureen (M) stonden tijdens deze test op de brug. Zie figuur 3. De beweging van Karen is in een (u, t) -diagram op de uitwerkbijlage weergegeven met de letter K.

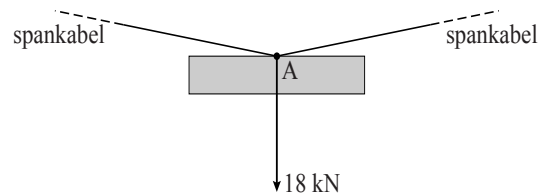
figuur 3



- 3p **3** Schets in het diagram op de uitwerkbijlage de uitwijking als functie van de tijd voor Linda (L) en voor Maureen (M). Geef duidelijk aan welke functie bij Linda hoort en welke bij Maureen.

In figuur 4 is een spankabel van de brug getekend waaraan een gedeelte van het wegdek hangt. In punt A van de spankabel werkt een kracht van 18 kN verticaal omlaag. Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 4



- 4p **4** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de spankracht in de spankabel.

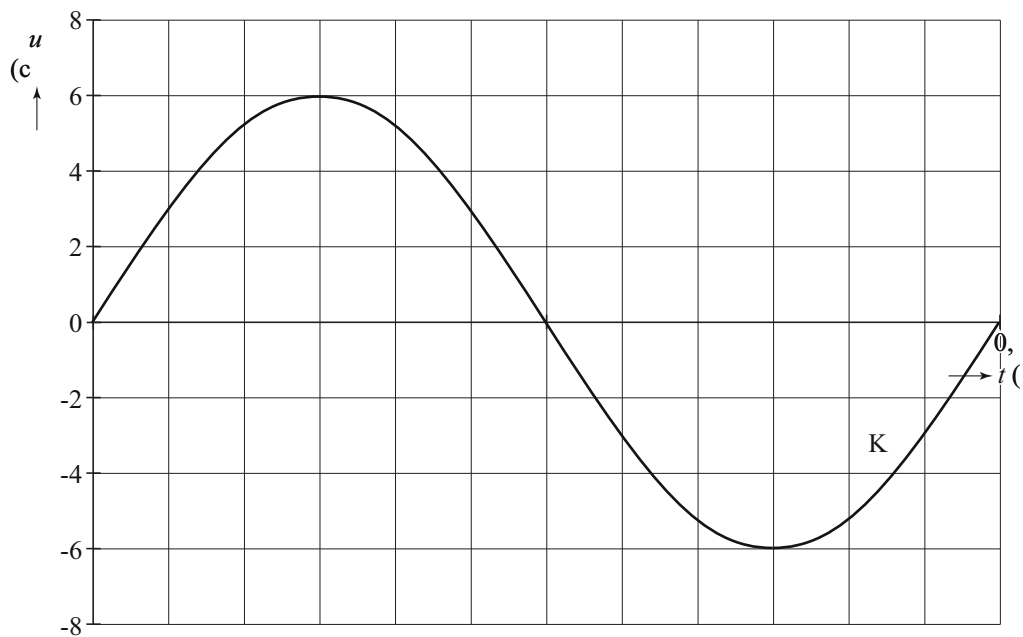
Voor de trillingstijd T van een brug geldt: $T = k\sqrt{m}$; hierin is m de massa van het middendeel van de brug en is k een constante. Voor deze brug is de massa van het middendeel 288 ton.

De frequentie waarmee de brug trilt, kan worden verlaagd door extra massa aan het middendeel van de brug te bevestigen. Iemand stelde voor om zo de eigenfrequentie van de brug drie keer zo klein te maken. De ingenieurs veegden dit voorstel echter direct van tafel.

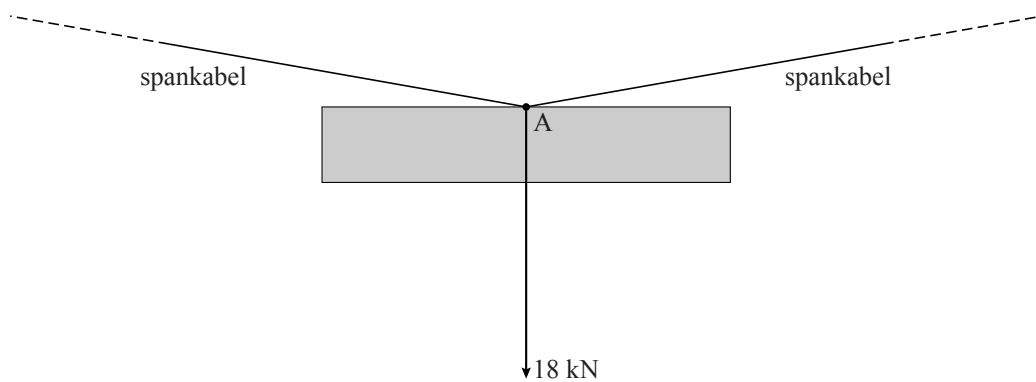
- 3p **5** Bereken de extra massa (in ton) die nodig geweest zou zijn om de frequentie waarmee de brug kan trillen drie keer zo klein te maken.

uitwerkbijlage

3



4



ruimte voor een berekening:

.....

.....

Opgave 2 Radiotherapie met jood-125

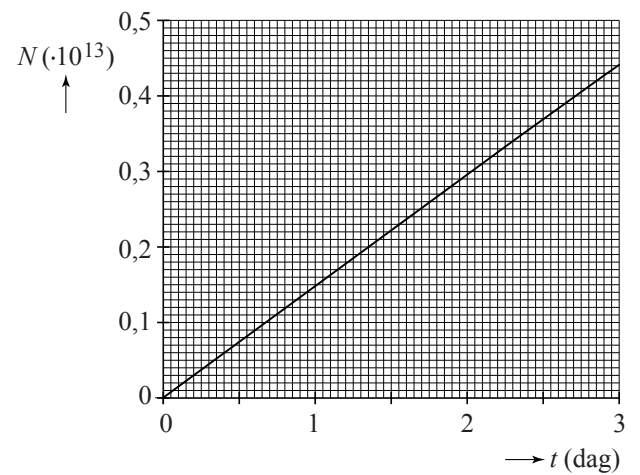
Kankergezwellen in de prostaat kunnen worden bestreden met radiotherapie. Er worden dan titanium staafjes zo groot als een rijstkorrel aangebracht rondom het gezwel. In deze staafjes zit een kleine hoeveelheid radioactief jood-125. Dit jood zendt gammastraling uit die de kankercellen doodt. Na ongeveer een jaar worden de staafjes weer verwijderd.

In figuur 1 is voor één staafje het aantal jood-125-kernen weergegeven dat vervallen is als functie van de tijd, voor de eerste drie dagen.

De gemiddelde activiteit van deze jood-125-kernen is 17 MBq.

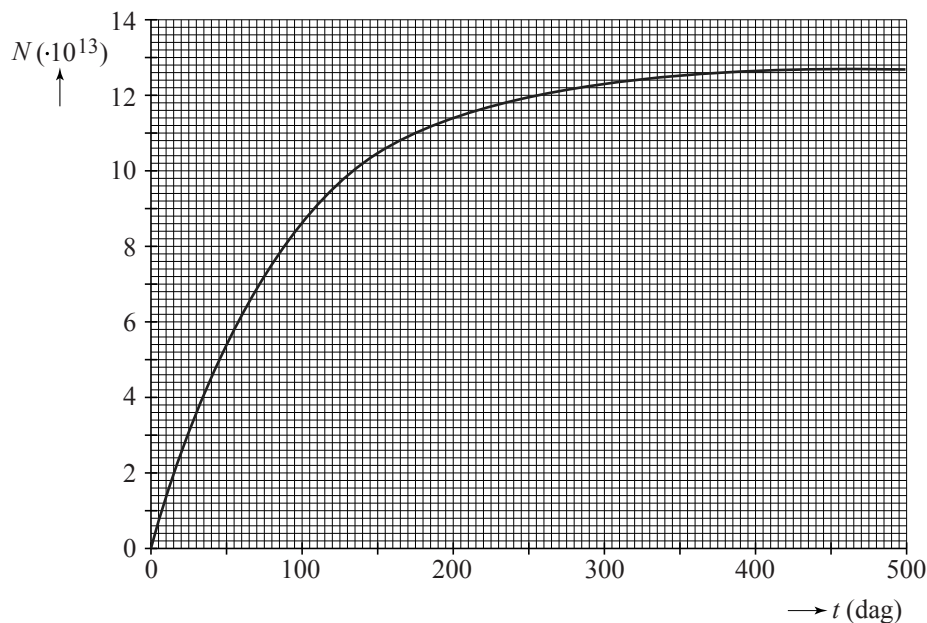
- 3p **6** Toon dit aan met behulp van figuur 1.

figuur 1



In figuur 2 is opnieuw het aantal jood-125-kernen dat vervallen is weergegeven, maar nu voor een langere periode.

figuur 2



Na honderd dagen loopt de grafiek minder steil dan in het begin.

- 2p **7** Leg uit waarom dat zo is.

Na 500 dagen zijn vrijwel alle jood-125-kernen vervallen.

- 3p **8** Bepaal met behulp van figuur 2 de halveringstijd van jood-125.
Licht je antwoord toe.
- 4p **9** Bepaal met behulp van figuur 2 hoeveel microgram jood-125 een staafje
aan het begin van de behandeling bevatte. Bereken hiervoor eerst de
massa van een jood-125-atoom in kg.

Op $t = 0$ s worden bij een patiënt 50 staafjes met radioactief jood-125,
gelijkmatig verdeeld over de prostaat, aangebracht. Elke jood-125-kern
die vervalt, zendt een gammafoton uit. De energie van zo'n uitgezonden
gammafoton is (gemiddeld) $4,49 \cdot 10^{-15}$ J.

Van de uitgezonden straling wordt 30% in de prostaat geabsorbeerd.

De massa van de prostaat is 40 g.

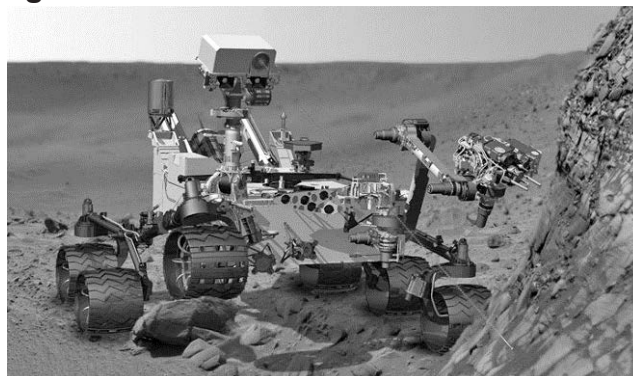
De stralingsdosis is de geabsorbeerde energie in J per kg.

- 4p **10** Bepaal met behulp van figuur 2 de stralingsdosis in J kg^{-1} die de prostaat
in het eerste jaar na plaatsing in totaal ontvangt.

Opgave 3 Curiosity

Op 26 november 2011 werd, vanaf Cape Canaveral in Florida, een raket naar Mars gelanceerd. Aan boord van de raket bevond zich de Curiosity, (zie figuur 1) die gegevens moest verzamelen over de omstandigheden op Mars, over de geschiedenis van de planeet en over een mogelijke bemande ruimtevlucht naar Mars.

figuur 1



Na een reis van 567 miljoen kilometer in 255 dagen landde de Curiosity in 2012 op Mars.

- 3p 11 Bereken de gemiddelde snelheid tijdens deze ruimtereis in m s^{-1} .

Bij de landing werd een nieuwe techniek gebruikt: een vliegende 'kraan' bleef 7 meter boven het Marsoppervlak hangen, terwijl de Curiosity voorzichtig met een constante snelheid naar beneden werd getakeld. Zie figuur 2. De massa van de kraan en het voertuig samen is $3,6 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

figuur 2



- 2p 12 Bereken de zwaartekracht die tijdens de landing op het geheel werkt.

Uit de vier openingen van de kraan stroomden verbrandingsgassen die de kraan op constante hoogte hielden. De vier uitstroomopeningen staan een beetje schuin.

In figuur 2 is de stuwkracht getekend die de gassen uit opening A op de kraan uitoefenen. De stuwkrachten van de gassen bij de overige openingen zijn even groot als de stuwkracht bij A en zijn ook schuin omhoog gericht.

Vergelijk in figuur 2 de stuwkracht bij A met de zwaartekracht op het geheel.

- 1p 13 Welke bewering is juist?

- A $F_{\text{stuw}} = F_z$
 B $F_{\text{stuw}} = \frac{1}{4} F_z$
 C $F_{\text{stuw}} < \frac{1}{4} F_z$
 D $F_{\text{stuw}} > \frac{1}{4} F_z$

Na de landing werden alle systemen aan boord van de Curiosity getest. De communicatie tussen de Curiosity en de aarde verloopt (deels) via de UHF-band.

1p 14 Tussen welke frequenties ligt de UHF-band ?

Door de grote afstand duurt het enige tijd voordat een signaal van de Curiosity de aarde bereikt.

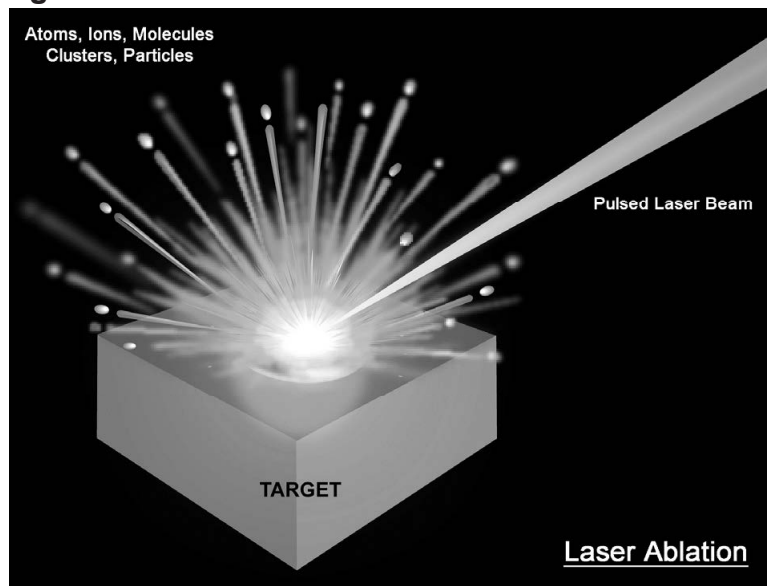
3p 15 Bereken hoe lang het signaal er minstens over zal doen om de aarde te bereiken.

Na het succesvol testen van alle systemen ging de Curiosity de planeet verkennen.

Tijdens één van de experimenten werd een stukje van een steen van $0,0015 \text{ mm}^3$ beschoten met een laser. Zie figuur 3.

Elke laserpuls had een energie van 14 mJ en duurde 5,0 ns. Hierdoor werd het stukje steen sterk verhit en zond een lichtflits uit. Deze lichtflits werd geanalyseerd door een spectrometer zodat de chemische samenstelling van de steen kon worden onderzocht: het bleek om graniet te gaan.

figuur 3



2p 16 Bereken het vermogen van één laserpuls.

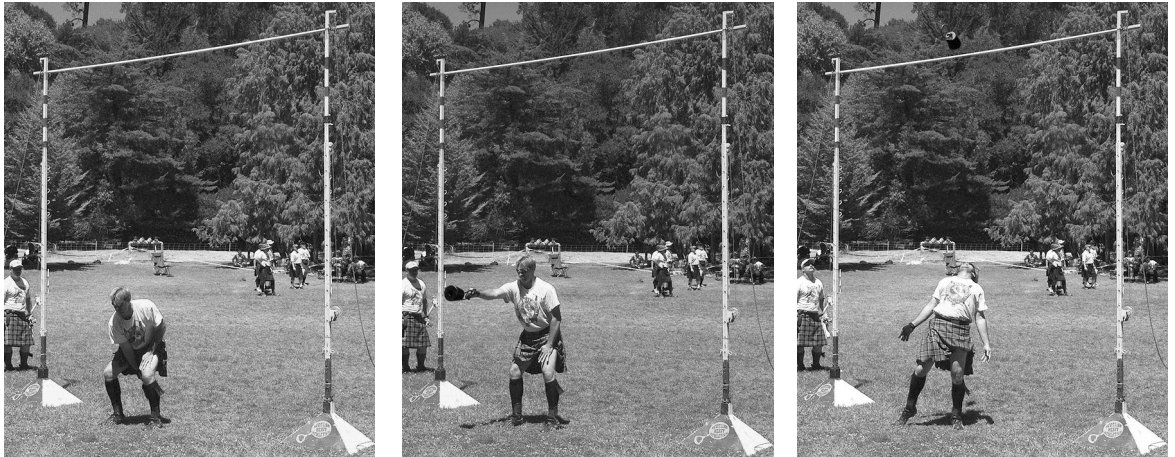
Graniet begint te smelten bij $1,5 \cdot 10^3 \text{ K}$.

4p 17 Toon met een berekening aan dat het stukje graniet door één laserpuls kan smelten.

Opgave 4 Highland Games

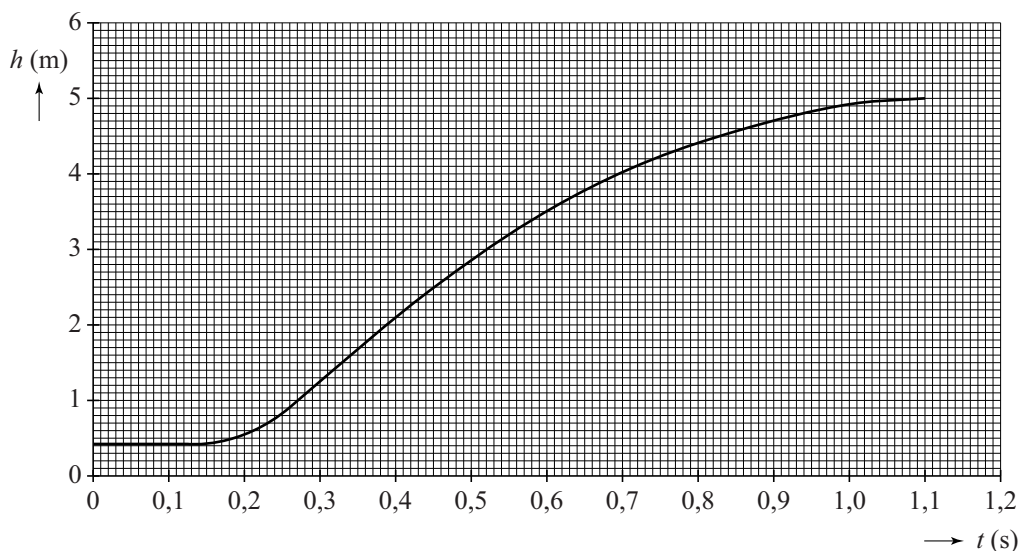
In deze opgave mogen alle vormen van wrijving worden verwaarloosd.

Op de foto's is te zien hoe een deelnemer aan de Schotse Highland Games met gestrekte arm een blok met een massa van 25 kg over een lat gooit. Het gewicht beweegt na het loslaten (vrijwel) verticaal omhoog en omlaag.



Met behulp van videometen is de hoogte h van het blok gemeten ten opzichte van de grond, als functie van de tijd t . Het resultaat is weergegeven in figuur 1.

figuur 1



Op $t = 0,35$ s laat de deelnemer het blok los. Op dat moment is de kinetische energie van het blok maximaal.

2p 18 Leg uit hoe je dit aan de (h, t) -grafiek kunt zien.

- 3p 19 Toon met behulp van de wet van behoud van energie aan dat de maximale kinetische energie gelijk is aan 0,81 kJ. Bepaal hiervoor eerst de maximale waarde van de zwaarte-energie E_z .

Voor de mechanische energie geldt: $E_{\text{mech}} = E_k + E_z$.

- 3p 20 Bepaal het (gemiddelde) mechanische vermogen dat de deelnemer levert tussen $t = 0,15$ s en $t = 0,35$ s.

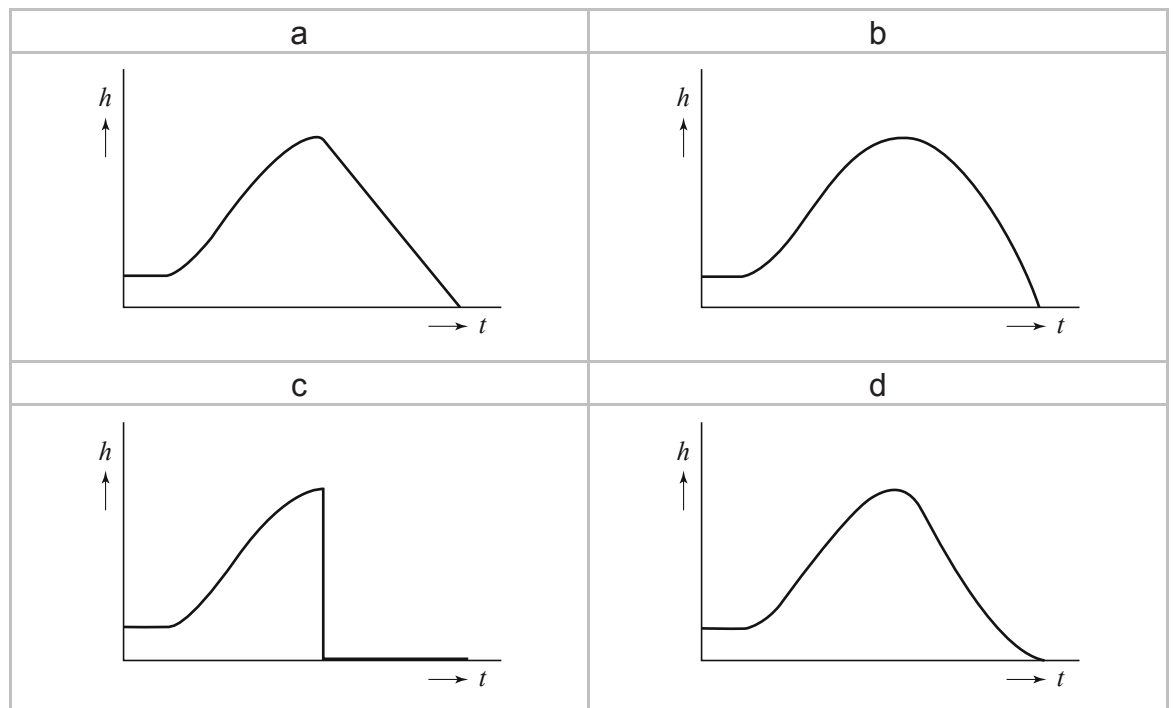
Op de uitwerkbijlage staat een tabel waarin drie tijdstippen zijn gegeven waarop de snelheid van het gewicht nul is.

- 3p 21 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elk gegeven tijdstip aan, welke kracht (of krachten) er op het blok werkt (of werken). Als je denkt dat er geen kracht op het blok werkt, schrijf dan op: geen kracht.

Vanaf $t = 1,1$ s valt het blok vanuit het hoogste punt recht omlaag.

In figuur 2 zijn van de volledige beweging van het blok vier mogelijke (h,t) -grafieken (a, b, c, d) geschetst.

figuur 2



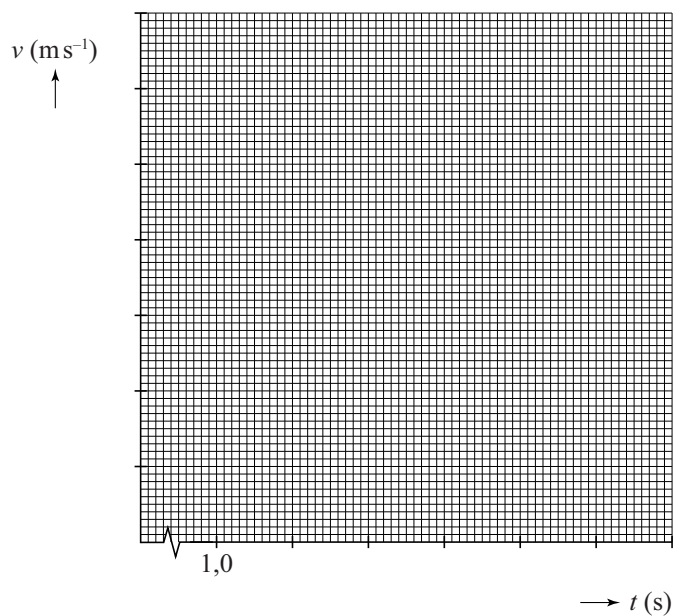
- 2p 22 In welke grafiek wordt de volledige beweging van het blok juist weergegeven?
- 4p 23 Teken op de uitwerkbijlage de (v,t) -grafiek van het blok vanaf $t = 1,1$ s tot het tijdstip waarop het blok de grond raakt. Licht je antwoord toe met behulp van een berekening.

uitwerkbijlage

21

	Welke kracht/krachten werken er?
$t = 0,05$ s (vlak voor de worp)	
$t = 1,10$ s (op het hoogste punt)	
$t = 10$ s (het blok ligt op de grond)	

23



Opgave 5 Zekeringen in een auto

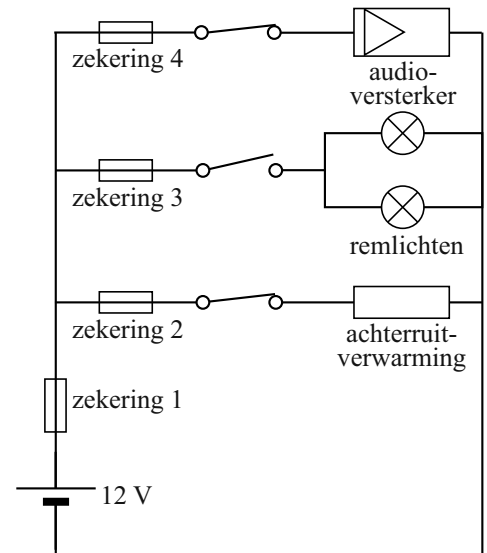
Op een koude winterdag heeft een automobilist de achterrautverwarming en de audioversterker in zijn auto aangezet.

In figuur 1 is een deel van de elektrische installatie van de auto schematisch weergegeven.

Als de bestuurder op de rem trapt, sluit de schakelaar achter zekering 3 en gaan beide remlichten branden.

De remlichten hebben ieder een vermogen van 21 W. De accu levert een constante spanning van 12 V.

figuur 1



- 3p **24** Bereken de stroomsterkte die dan door zekering 3 loopt.

Als de bestuurder niet meer remt, gaat de schakelaar achter zekering 3 weer open.

- 2p **25** Beantwoord de volgende vragen:
- Is de stroomsterkte door zekering 2 nu kleiner geworden, gelijk gebleven of groter geworden?
 - Is de stroomsterkte door zekering 1 nu kleiner geworden, gelijk gebleven of groter geworden?

De weerstand van de achterrautverwarming is $0,900 \Omega$; de weerstand van de draden tussen de accu en de achterrautverwarming is $0,022 \Omega$.

De achterrautverwarming staat aan.

- 4p **26** Bereken het elektrische vermogen van de achterrautverwarming.

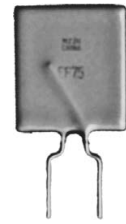
De eigenaar van de auto besluit een nieuwe audioversterker met een vermogen van 420 W aan te sluiten. Hij vervangt hiervoor zekering 4 van 20 A door een zekering van 40 A.

In de handleiding van de audioversterker staat een opmerking dat nu ook andere, dikkere, aansluitdraden naar de accu getrokken moeten worden.

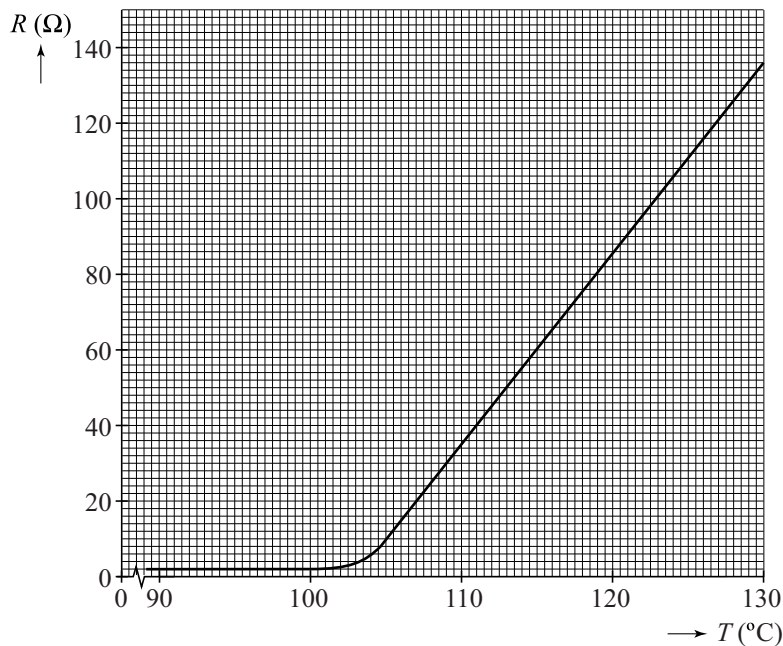
- 4p **27** Leg uit dat:
- de grootte van de nieuwe zekering van 40 A goed gekozen is,
 - de opmerking in de handleiding over brandveiligheid gaat.

Soms worden, in plaats van smeltzekeringen PPTC-weerstanden (Polymeer Positieve Temperatuur Coëfficiënt) als zekering gebruikt. Zie figuur 2. In figuur 3 is de weerstand R van zo'n PPTC-weerstand gegeven als functie van de temperatuur T .

figuur 2



figuur 3



In de schakeling van figuur 1 wordt zekering 1 vervangen door een PPTC-weerstand waarvan de weerstand verandert zoals in figuur 3 is weergegeven.

Op een bepaald moment vindt er kortsluiting plaats in de remlichten. De weerstand van de remlichten is dan gelijk aan nul.

Zolang de kortsluiting niet verholpen wordt, is de temperatuur van de PPTC-weerstand minstens $120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4p **28** Beantwoord de volgende vragen:

- Bepaal de stroomsterkte door de PPTC-weerstand bij $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ tijdens een kortsluiting.
- Leg uit dat de PPTC-weerstand bij kortsluiting in de remlichten voorkomt dat er gedurende lange tijd een grote stroomsterkte door de kabels loopt.