

Opgave 1 Close-up

Figuur 1 is een foto van een schorpioentje.

Figuur 2 is een schematische tekening van de situatie waarin de foto is genomen.

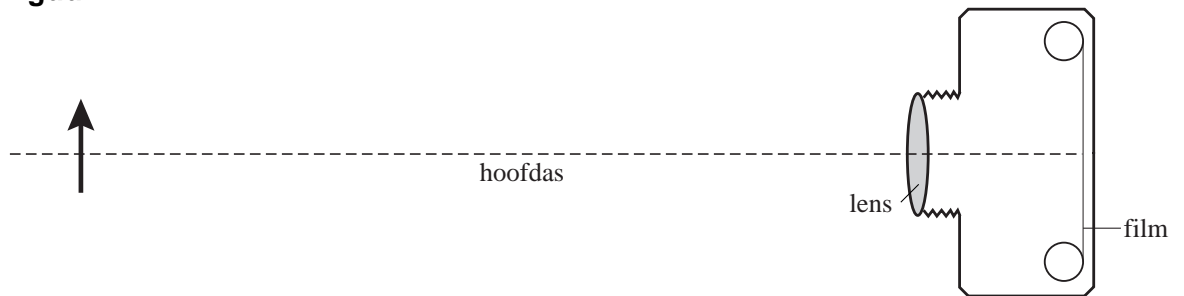
Het voorwerp (schorpioentje) is weergegeven als een pijl.

Figuur 2 is op schaal.

figuur 1



figuur 2



Het fototoestel is zodanig ingesteld dat er een scherp beeld op de film ontstaat. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **1** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage het beeld van het voorwerp. Geef ook het beeld als een pijl weer.

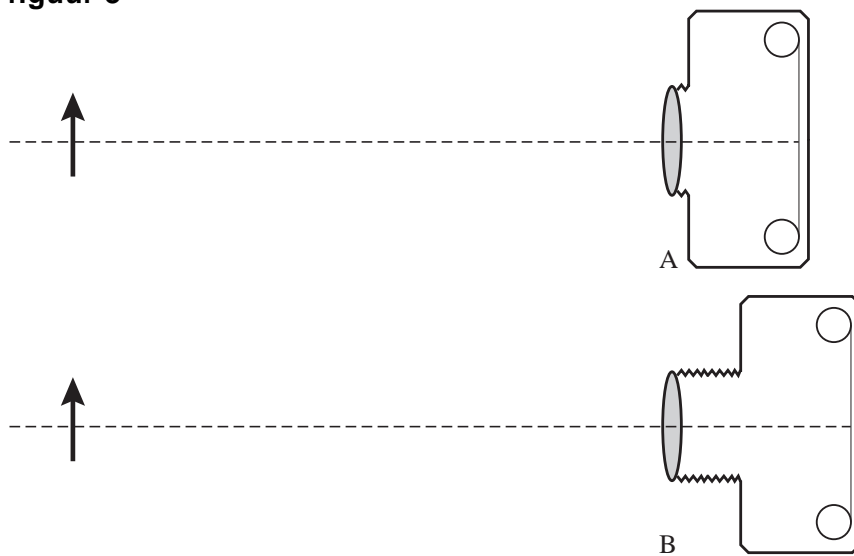
Het schorpioentje op de foto van figuur 1 is 8,0 maal zo groot als zijn beeld op de film.

- 5p **2** Bepaal met behulp van figuur 1 en 2 zo nauwkeurig mogelijk de werkelijke lengte van het schorpioentje.

Om het schorpioentje groter op de film te krijgen (close-up), moet de afstand tussen het fototoestel en het dier kleiner worden. Om dan weer een scherp beeld te krijgen moet de afstand van de lens tot de film worden aangepast. Bij veel fototoestellen kan die afstand veranderd worden door de lens naar binnen of naar buiten te draaien.

In figuur 3 zijn twee situaties getekend: situatie A waarbij de lens naar binnen is gedraaid en situatie B waarbij de lens verder naar buiten is gedraaid.

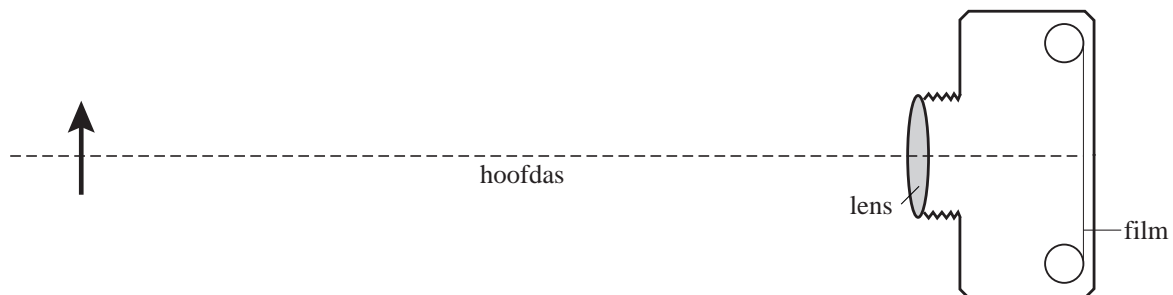
figuur 3



3p 3 Leg uit in welke situatie (A of B) de close-up een scherp beeld geeft.

uitwerkbijlage

1



Opgave 2 Stuiteren

Bij veel balsporten is het van belang dat de bal goed stuitert. Om aan te geven hoe goed een bal stuitert, is de zogenaamde stuitfactor S gedefinieerd:

$$S = \sqrt{\frac{h_s}{h}}$$

Hierin is h_s de stuithoogte en h de valhoogte.

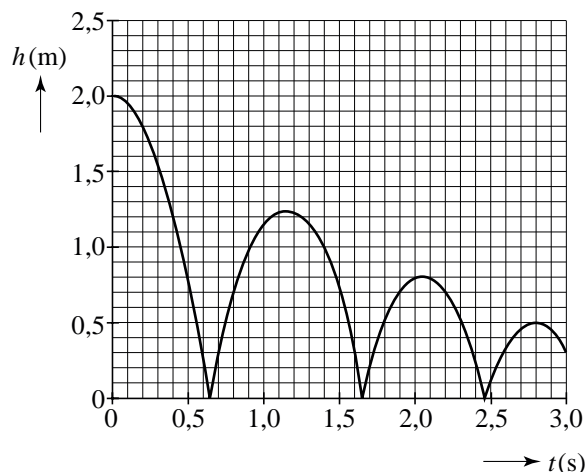
Renate heeft gelezen dat bij een officieel goedgekeurde voetbal de stuitfactor moet voldoen aan: $0,78 \leq S \leq 0,91$.

Om te onderzoeken of haar voetbal daaraan voldoet, filmt ze de stuitende bal.

Met behulp van een videometing heeft ze het (hoogte,tijd)-diagram gemaakt dat in figuur 4 is weergegeven.

- 3p **4** Voldoet haar voetbal aan de officiële eisen? Licht je antwoord toe met een berekening.

figuur 4



Figuur 5 is het (v,t) -diagram van de stuitende bal.

Als de bal valt, is de snelheid negatief. Bij het omhoog gaan, is de snelheid positief.

Als de bal de grond raakt, verandert de snelheid in korte tijd van grootte en richting; de grafiek loopt dan zeer steil.

Op de tijdstippen $t = 0$ s, $t = 0,64$ s, $t = 1,15$ s, $t = 1,66$ s enzovoort, is de snelheid van de bal 0 m/s.

De voetbal bevindt zich op die momenten op de grond of in een hoogste punt.

- 2p **5** Hoe kun je aan de (v,t) -grafiek zien dat de bal zich op $t = 1,15$ s in een hoogste punt bevindt?

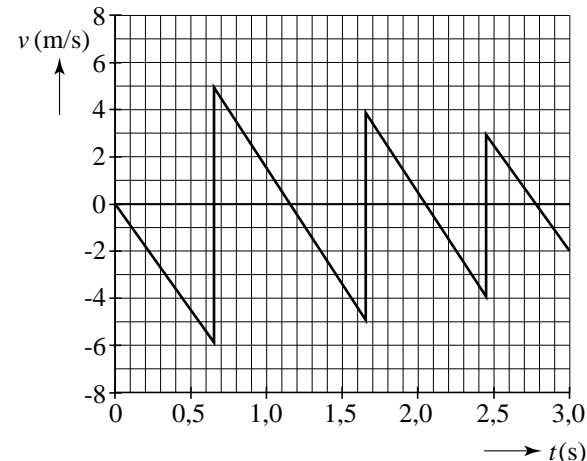
De luchtweerstand op de bal is te verwaarlozen.

- 2p **6** Hoe blijkt dat uit de grafiek van figuur 5? Licht je antwoord toe.

De voetbal heeft een massa van 430 g. De contacttijd van de bal met de grond tijdens de eerste stuit is $6,9 \cdot 10^{-3}$ s.

- 4p **7** Bepaal de (gemiddelde) kracht van de grond op de bal tijdens de eerste stuit.

figuur 5



Met de computer maakt Renate ook de grafiek van de mechanische energie E_{mech} als functie van de tijd. Zie figuur 6.

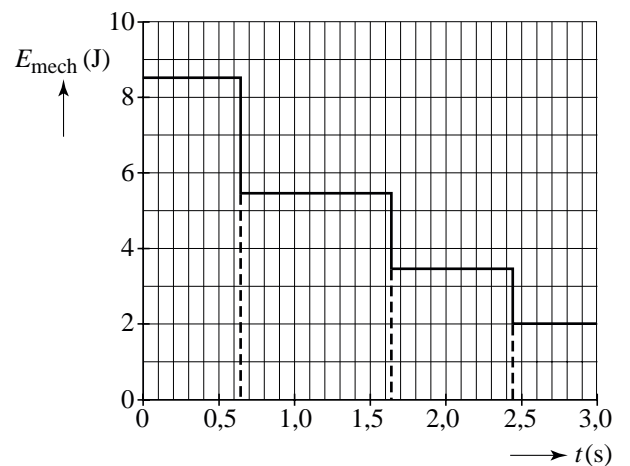
De mechanische energie is de som van de bewegingsenergie en de zwaarte-energie.

- 2p **8** Hoe blijkt uit de grafiek van figuur 6 dat de luchtweerstand op de bal te verwaarlozen is? Licht je antwoord toe.

In de (E_{mech}, t) -grafiek is af te lezen hoeveel energie de bal verliest bij een stuit. Dat energieverlies is ook te berekenen.

- 4p **9** Controleer met een berekening het energieverlies bij de **tweede** stuit. Maak daartoe gebruik van de (v, t) - of van de (h, t) -grafiek.

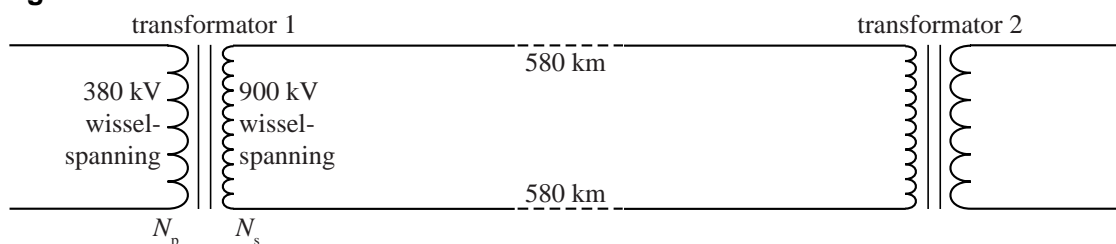
figuur 6



Opgave 3 Hoogspanningskabel op de bodem van de zee

Tussen Noorwegen en Nederland is een onderzeese hoogspanningskabel aangelegd. De kabel is 580 km lang en transporteert bij een hoogspanning van 900 kV elektrische energie van Noorwegen naar Nederland of in omgekeerde richting. In figuur 7 is de schakeling schematisch weergegeven.

figuur 7



Een transformator werkt alleen bij wisselspanning.

- 1p **10** Waarom is dat? Gebruik in je antwoord het begrip magnetische flux.

Neem aan dat er in de transformatoren geen verliezen optreden.

- 2p **11** Bereken de verhouding tussen de aantallen windingen $\frac{N_p}{N_s}$ in transformator 1.

De onderzeese kabel bestaat uit twee koperen aders (een voor de heenweg en een voor de terugweg) met daaromheen isolatie. De doorsnede van één koperen ader is 760 mm^2 ; $1,0 \text{ m}^3$ koper heeft een massa van $8,9 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

- 4p **12** Bereken hoeveel kg koper er in de kabel zit.

Omdat er door de onderzeese kabel een grote stroom loopt, stijgt de temperatuur van het koper tot $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Bij deze temperatuur is de soortelijke weerstand van koper gelijk aan $19 \cdot 10^{-9} \Omega\text{m}$.

- 3p **13** Toon aan dat de weerstand van de kabel gelijk is aan 29Ω .

In de kabel wordt een deel van de elektrische energie omgezet in warmte.

Voor het vermogen dat op die manier verloren gaat, geldt: $P_{\text{verlies}} = I^2 R_{\text{kabel}}$.

Op een bepaald moment is het vermogen aan het begin van de kabel 700 MW (en de spanning 900 kV).

- 5p **14** Bereken hoeveel procent van dit vermogen in de kabel wordt omgezet in warmte.

Elektrische energie wordt altijd getransporteerd bij een (zeer) hoge spanning.

- 2p **15** Leg uit waarom men dat doet.

Via de onderzeese kabel is voor huishoudens in totaal een gemiddeld vermogen beschikbaar van 600 MW .

Een huishouden verbruikt per jaar gemiddeld $3,5 \cdot 10^3 \text{ kWh}$ elektrische energie.

- 3p **16** Bereken het aantal huishoudens dat op deze manier van elektrische energie kan worden voorzien.

Opgave 4 Batterij op polonium

Lees onderstaand artikel.

Nucleaire batterij

In een nucleaire batterij wordt stralingsenergie van een radioactieve stof omgezet in elektrische energie. Deze omzetting gaat niet rechtstreeks maar via een zogenaamd RPS (= Radioisotope Power System). Binnen in de RPS moet de temperatuur hoog zijn en aan de buitenkant juist laag. Door dat grote temperatuurverschil kan een thermokoppel een flinke elektrische spanning opwekken. De radioactieve stof in een RPS is vaak polonium-210 (Po-210), een α -straler. Po-210 komt vrijwel niet in de natuur voor maar wordt gemaakt in een kerncentrale.

Een kleine hoeveelheid Po-210 heeft een groot stralingsvermogen:

1,0 gram Po-210 ontwikkelt per seconde 144 J stralingsenergie.

De energie van het uitgezonden α -deeltje is 5,4 MeV.

3p 17 Bereken de activiteit van 1,0 g Po-210.

De temperatuur van het polonium in de RPS is hoog, omdat een groot deel van de uitgestraalde energie door het polonium zelf wordt geabsorbeerd.

1p 18 Waarom wordt een groot deel van de uitgestraalde energie door het polonium zelf geabsorbeerd?

Het rendement van de omzetting van stralingsenergie in elektrische energie is 8,0%. Een bepaalde RPS heeft een elektrisch vermogen van 20 W.

3p 19 Bereken de massa van het polonium in deze RPS.

Nucleaire batterijen worden veel gebruikt in satellieten en ruimtesondes die naar andere planeten gaan. In die gevallen gebruikt men nooit polonium-210 maar plutonium-238 (Pu-238). De halveringstijd van Pu-238 is 88 jaar.

2p 20 Leg uit dat een nucleaire batterij met Po-210 niet geschikt is voor lange ruimtereizen en Pu-238 wel.

Polonium-210 wordt gemaakt door een bepaalde stof te bestralen met neutronen. Daarbij ontstaat eerst een instabiele tussenisotoop die door β^- -verval overgaat in Po-210. Op de uitwerkbijlage is de reactievergelijking die hierbij hoort, onvolledig weergegeven.

4p 21 Ga na welke stof met neutronen wordt bestraald. Vul daartoe op de uitwerkbijlage de drie ontbrekende getallen en het ontbrekende symbool in.

Opgave 5 Automatische handdroger

In toiletten van openbare gebouwen hangen vaak automatische handdrogers. Zie figuur 8. Wanneer je je handen onder zo'n apparaat houdt, blaast het warme lucht langs je handen. In het apparaat zit een verwarmingselement, een ventilator en een infraroodsensor.

figuur 8



Een bepaald type automatische handdroger verwarmt 55 liter (= 0,066 kg) lucht per seconde. Bij een kamertemperatuur van 20 °C moet de uitstromende lucht een temperatuur hebben van 50 °C.

Om dat te realiseren kan de fabrikant kiezen uit verwarmingselementen met de volgende vermogens: 1000 W, 1500 W, 2000 W en 2500 W.

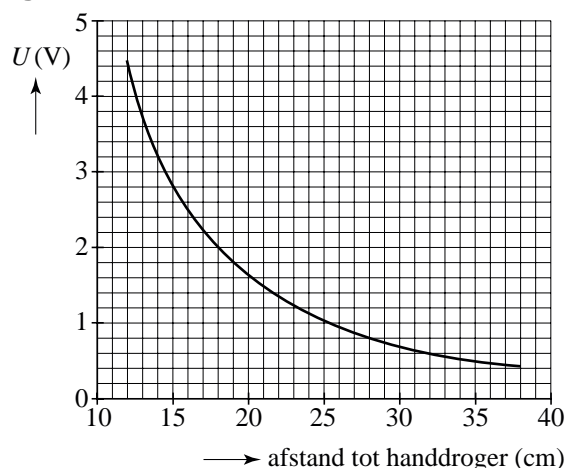
- 4p **22** Welk verwarmingselement is het meest geschikt? Licht je antwoord toe met een berekening.

De handdroger start automatisch wanneer iemand zijn handen onder het apparaat houdt. Dit wordt geregistreerd door een infraroodsensor. Figuur 9 is de ijkgrafiek van deze sensor.

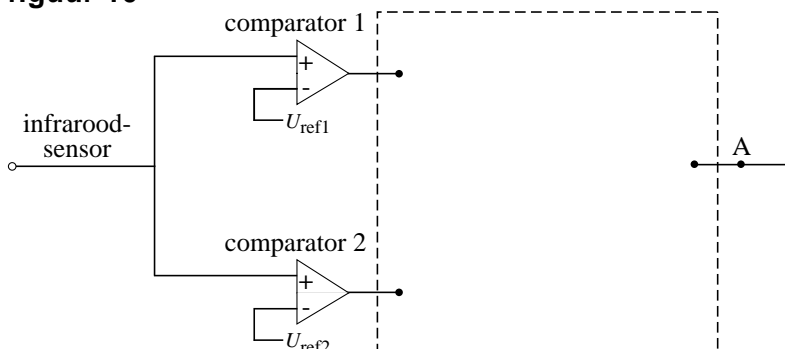
Als deze persoon zijn handen onder de handdroger weghaalt, slaat het apparaat automatisch af.

In figuur 10 is een begin gemaakt met een deel van deze automatische schakeling. Het signaal bij A is hoog zolang als de handen zich op een afstand van meer dan 15 cm en minder dan 30 cm van het apparaat bevinden.

figuur 9



figuur 10

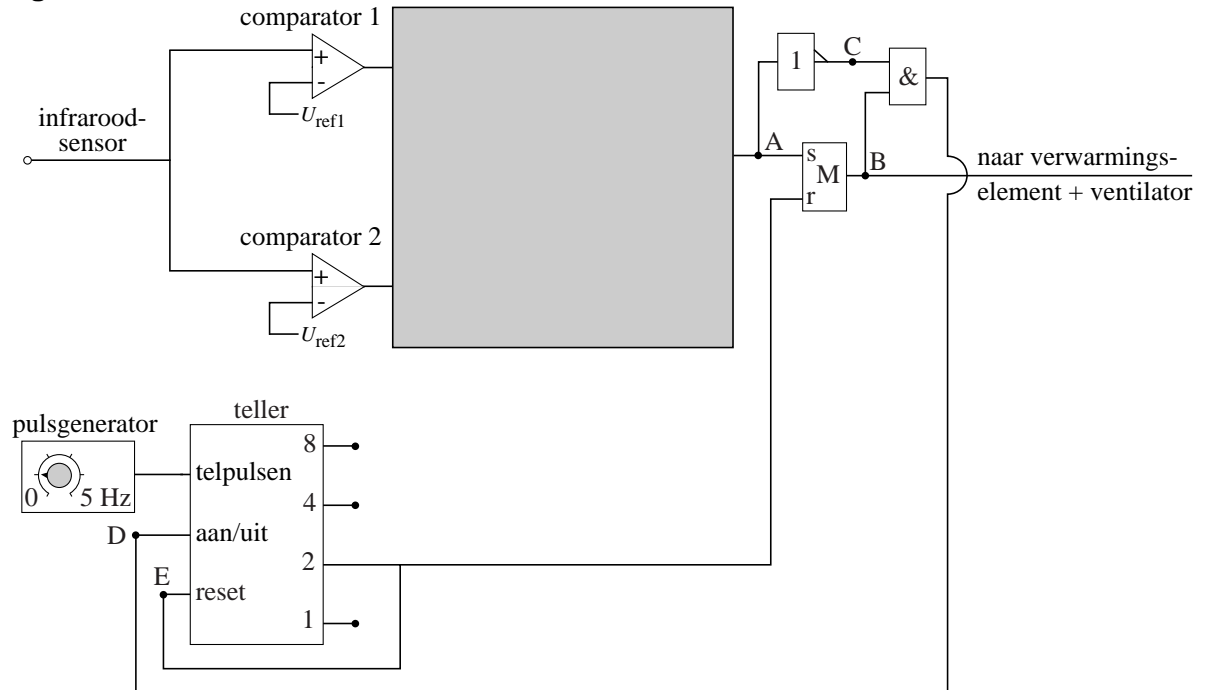


Figuur 10 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **23** Maak de schakeling in de figuur op de uitwerkbijlage compleet. Geef ook aan hoe groot de referentiespanning is van elke comparator.

In werkelijkheid blijft de handdroger nog 2 s aan nadat de handen zijn weggehaald. Daarvoor moet men de schakeling van figuur 10 uitbreiden. Zie figuur 11.

figuur 11



In de grijze rechthoek bevindt zich de schakeling die bij de vorige vraag is ontworpen. (Voor het vervolg van deze vraag is het niet van belang of je in de grijze rechthoek de juiste verwerkers hebt aangebracht.)

Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

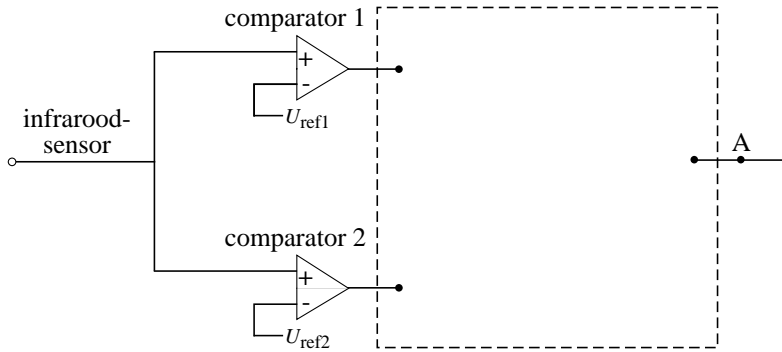
4p 24

Voer de volgende opdrachten uit:

- Zet in de tabel op de uitwerkbijlage een 0 of een 1 bij de punten B, C, en D voor de situatie dat de persoon net zijn handen voor de droger heeft weggehaald. In de tabel is bij de punten A en E al de juiste waarde ingevuld.
- Leg uit dat 2 s later de handdroger automatisch afslaat.

uitwerkbijlage

23



$U_{ref1} = \dots\dots\dots$

$U_{ref2} = \dots\dots\dots$

24 Iemand heeft net zijn handen voor de droger weggehaald. Vul in onderstaande tabel in of het signaal bij de punten B, C, en D hoog (1) of laag (0) is.

A	B	C	D	E
0				0

Leg uit dat 2 s later de handdroger automatisch afslaat:

.....

.....

.....

.....

Opgave 6 Wassteel

Om de ramen op de eerste of tweede verdieping te wassen, kun je een zogenaamde wassteel gebruiken. Zie figuur 12.

De vrouw op de foto houdt de wassteel in evenwicht. De borstel aan het uiteinde rust nog niet tegen het raam.

In de figuur op de uitwerkbijlage is deze situatie schematisch getekend. In die figuur zijn drie punten aangegeven:

- Het zwaartepunt Z van de wassteel (inclusief de borstel); in dat punt is de zwaartekracht \vec{F}_Z op de steel als vector getekend.
- Het punt L waar de linkerhand van de vrouw de steel ondersteunt; in dat punt is de kracht \vec{F}_L van de linkerhand op de steel als vector getekend.
- Het punt R waar de rechterhand van de vrouw de steel vasthoudt; dat punt kan als draaipunt worden beschouwd.

Zowel de afmetingen in de figuur als de twee vectoren zijn op schaal getekend.

figuur 12



- 5p **25** Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan dat de som van de momenten ten opzichte van R nul is.

De (vectoriële) som van de krachten op de wassteel is nul.

- 3p **26** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de vector \vec{F}_R van de rechterhand op de steel in punt R .

uitwerkbijlage

25 en 26

