

Opgave 1 SPECT-CT-scan

Bij patiënten met gewrichtsklachten wordt soms een Computed Tomography-scan gemaakt. Voor zo'n CT-scan wordt röntgenstraling gebruikt om een beeld van de pijnlijke plek te maken.

- 1p 1 Van welke eigenschap van röntgenstraling wordt gebruik gemaakt bij het maken van een CT-scan?
- A de dracht van röntgenstraling
 - B het doordringend vermogen van röntgenstraling
 - C de snelheid van röntgenstraling
 - D de lading van röntgenstraling

Als een CT-scan onvoldoende informatie geeft kan de scan gecombineerd worden met een SPECT-scan. SPECT betekent: Single Photon Emission Computed Tomography. De patiënt wordt hiervoor ingespoten met een fosfaatverbinding waar radioactief technetium-99m aan vast is gemaakt ("gelabeld"). Het fosfaat hoopt zich vooral op in de zieke botdelen, waarbij het technetium-99m verval naar technetium-99 onder uitzending van γ -fotonen.

Figuur 1 is het resultaat van een CT-scan en een SPECT-scan samen. De pijl geeft de plaats van het zieke gewricht aan.

figuur 1



Het benodigde technetium-99m ontstaat bij het verval van molybdeen-99.

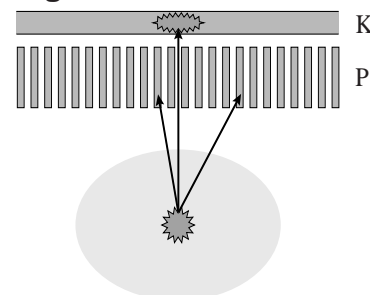
- 3p 2 Geef de vervalreactie van molybdeen-99.

Voor medisch onderzoek is de isotoop technetium-99m zeer geschikt.

- 2p 3 Hoeveel procent van de ingespoten hoeveelheid technetium-99m is er na een etmaal nog over?

Als het radioactieve fosfaat zich heeft opgehoopt in het zieke botdeel, worden vanaf deze plaats veel γ -fotonen uitgezonden. De γ -fotonen vallen op een kristal K dat een lichtflitsje geeft als een γ -foton het kristal treft. De γ -fotonen die schuin invallen mogen niet op het kristal terecht komen. Er wordt daarom een loden plaat P tussen de patiënt en het kristal K geplaatst. In de loden plaat zijn veel smalle kanaaltjes geboord. Zie figuur 2.

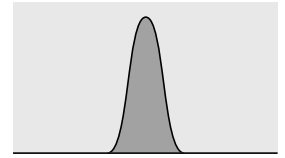
figuur 2



- 1p 4 Leg uit waarom de kanaaltjes smal moeten zijn.

Met een detector wordt het aantal γ -fotonen gemeten dat uit een bepaalde richting komt. Het resultaat is een grafiekje, waarin verticaal het aantal γ -fotonen staat en horizontaal de plaats in het kristal. Zie figuur 3.

figuur 3



De meting wordt een aantal malen rondom het pijnlijke botdeel herhaald, in hetzelfde vlak onder verschillende richtingen.

Op de uitwerkbijlage zijn vier grafiekjes gegeven die bij vier verschillende richtingen horen. Het zieke botdeel bevindt zich in het gebied dat door alle vier de detectoren wordt geregistreerd.

- 2p 5 Geef in de figuur op de uitwerkbijlage het oppervlak aan waar het zieke botdeel zich bevindt.

Artsen moeten steeds afwegen of de stralingsbelasting die de patiënt ten gevolge van dit onderzoek ontvangt acceptabel is. Bij deze patiënt zijn $2,2 \cdot 10^{13}$ kernen technetium-99m ingespoten. De stralingsenergie die deze kernen uitzenden wordt voor 40% door het lichaam van de patiënt opgenomen. De energie van een γ -foton is 0,14 MeV. De patiënt heeft een massa van 80 kg.

Voor de equivalente dosis geldt: $H = Q \frac{E}{m}$

Hierin is:

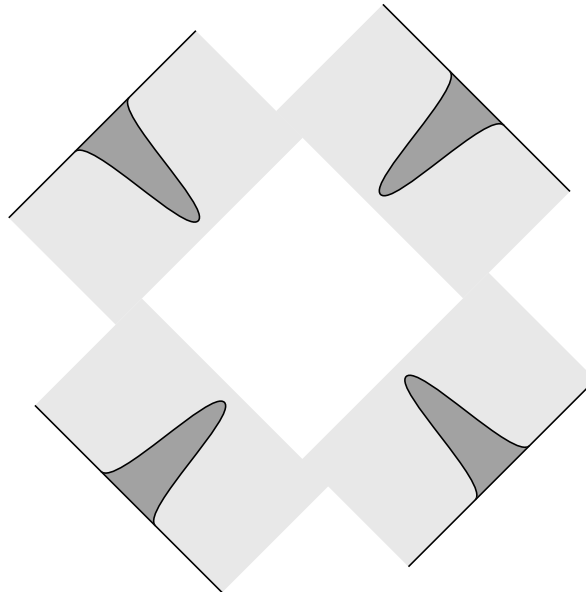
- H de equivalente dosis in Sv,
- Q de kwaliteitsfactor; $Q = 1$ voor γ -fotonen,
- E de geabsorbeerde energie in J,
- m de massa van de patiënt in kg.

Jaarlijks ontvangt iemand in Nederland een equivalente dosis van circa 2 mSv als gevolg van achtergrondstraling.

- 4p 6 Ga met een berekening na of de equivalente dosis ten gevolge van de SPECT-scan lager of hoger is dan de jaarlijkse equivalente dosis ten gevolge van de achtergrondstraling.

uitwerkbijlage

5



Opgave 2 Solar Impulse

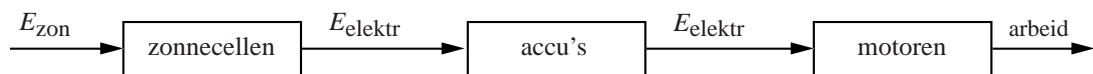


De Solar Impulse is een eenpersoons vliegtuig dat zonne-energie gebruikt om te vliegen. De ontwerpers hebben het vliegtuig in 2011 een volledige vlucht rond de wereld laten maken. Het vliegtuig vloog op een hoogte van 10 km boven de evenaar met een gemiddelde snelheid van 70 km h^{-1} .

4p 7 Bereken hoeveel dagen deze vlucht duurde.

Opvallend zijn de lange vleugels die vrijwel helemaal bedekt zijn met zonnecellen. Deze zonnecellen zetten de energie van het zonlicht om in elektrische energie, waarmee accu's worden opgeladen. De accu's leveren vervolgens de energie aan de motoren. Zie figuur 1. Energieverliezen bij het op- en ontladen van de accu worden in deze opgave verwaarloosd.

figuur 1



In de tabel hieronder staan enkele gegevens van dit vliegtuig die gelden bij een snelheid van 70 km h^{-1} . In de rest van deze opgave veronderstellen we dat het vliegtuig met deze snelheid vliegt.

massa Solar Impulse	1600 kg
oppervlakte zonnecellen	200 m^2
rendement zonnecellen	20%
nuttig motorvermogen van alle motoren samen	6,0 kW
rendement motoren	60%

Als de zonnecellen een vermogen van 10 kW leveren, wordt de energie die in de accu's is opgeslagen niet gebruikt om te vliegen.

2p 8 Toon dit aan met een berekening.

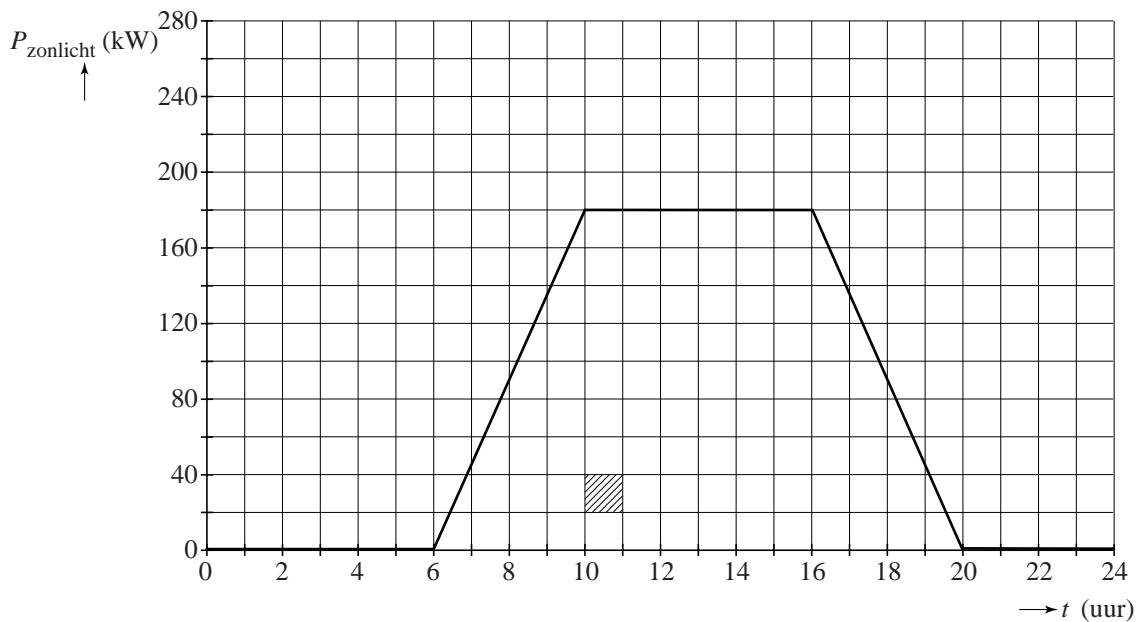
2p 9 Bereken het vermogen van het zonlicht dat dan op elke m^2 van de zonnecellen valt.

Het vliegtuig moet ook 's nachts kunnen vliegen. Veronderstel dat de accu's helemaal vol zijn als de nacht begint. De maximale energie-inhoud van de accu's samen is 110 kWh.

- 2p **10** Bereken hoelang de accu's energie kunnen leveren aan de motoren.

In figuur 2 is weergegeven hoe het vermogen van het invallend zonlicht op de zonnecellen verloopt tijdens één etmaal. De oppervlakte van het gearceerde hokje komt overeen met een energie van 20 kWh.

figuur 2



De zonnecellen leveren tijdens een etmaal meer energie dan nodig is om in die tijd te vliegen.

- 5p **11** Bereken deze extra geleverde hoeveelheid energie in kWh.

Opgave 3 Kerstboomlampjes

Karin heeft op zolder een kerstboomverlichting gevonden die bestaat uit 24 lampjes die in serie zijn geschakeld. De verlichting moet worden aangesloten op een stopcontact van 230 V.



Het is vervelend als er één lampje stuk gaat, want dan zijn er twee problemen:

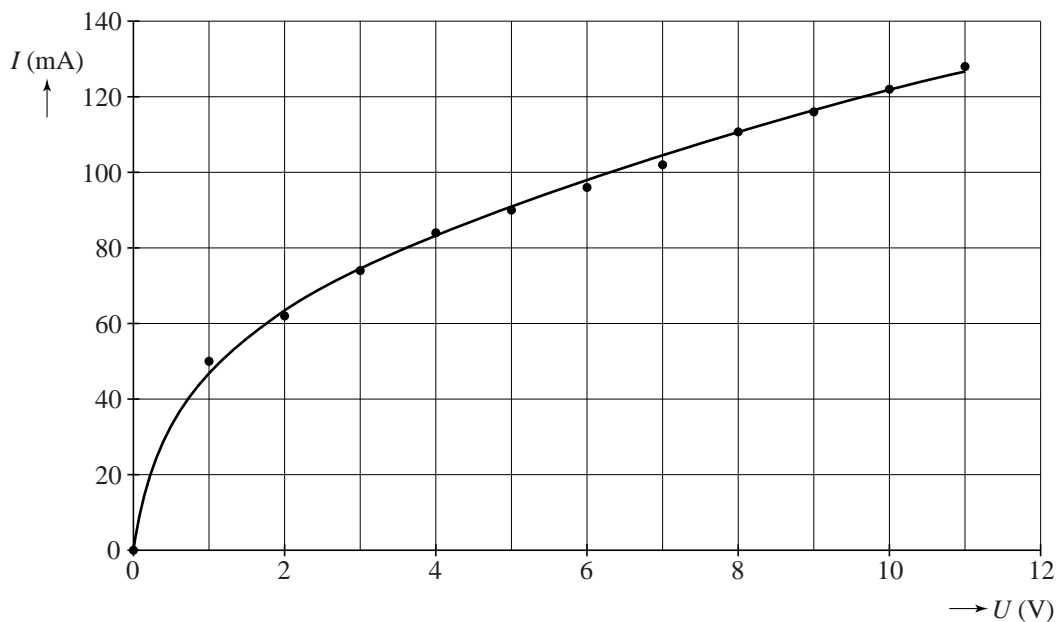
- alle lampjes gaan uit en
- je weet niet welk lampje stuk is.

Karin wil daar een oplossing voor bedenken.

Zij begint met het maken van een (U, I) -karakteristiek van één van de lampjes.

Het resultaat van de meting is de grafiek van figuur 1.

figuur 1

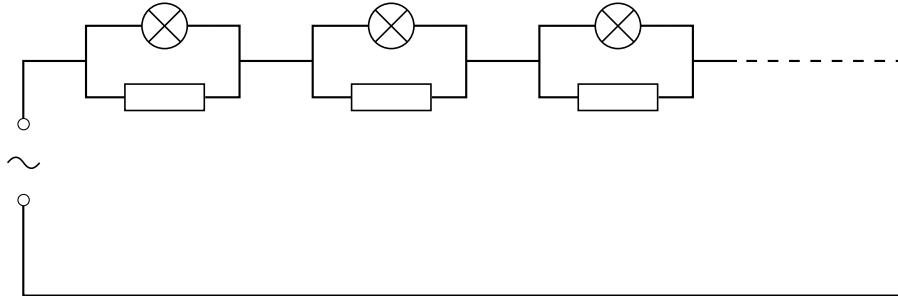


Als het lampje normaal brandt, is de weerstand 80Ω .

3p 12 Toon dit aan met behulp van figuur 1.

Karin komt op het idee om parallel aan elk lampje een weerstand te schakelen, zodat de schakeling van figuur 2 ontstaat.

figuur 2



Volgens haar kunnen beide problemen met deze schakeling worden opgelost omdat de stroomkring niet verbroken wordt als één lampje stuk gaat.

Karin moet een keuze maken voor de grootte van de parallel geschakelde weerstanden. Zij kan kiezen tussen weerstanden van $2,0 \Omega$ of weerstanden van $2,0 \text{ k}\Omega$.

2p 13 Leg uit dat in beide gevallen alle lampjes op de normale sterkte branden.

Zij besluit eerst de weerstanden van $2,0 \Omega$ te gebruiken. Om het stuk gaan van één lampje na te bootsen, draait zij één lampje los. De overige lampjes blijven (vrijwel) hetzelfde branden. Beide problemen lijken hiermee opgelost.

Als Karin het vermogen berekent dat in de schakeling wordt omgezet, is zij zo ontevreden dat zij dit ontwerp afkeurt.

4p 14 Licht haar besluit toe met een berekening van het totaal ontwikkelde vermogen als alle lampjes in deze schakeling branden.

Karin gebruikt nu voor elke parallelle weerstand een weerstand van $2,0 \text{ k}\Omega$. Opnieuw draait zij één lampje los. Tot haar teleurstelling ziet zij dat de andere lampjes nu nog maar nauwelijks gloeien.

3p 15 Geef hiervoor een verklaring. Bereken hiervoor eerst de totale weerstand.

Karin geeft het nog niet op. Het blijkt dat het gebruik van NTC weerstanden, die bij kamertemperatuur een weerstand hebben van $2,0 \text{ k}\Omega$ en bij hoge temperatuur $2,0 \Omega$, een oplossing bieden voor alle problemen die zij tot nu toe ondervonden heeft.

4p 16 Leg uit dat nu:

- alle lampjes normaal blijven branden;
- het vermogen niet te hoog is.

Opgave 4 Railbaan

In een speeltuin staat een railbaan waarop een skateboard is bevestigd.

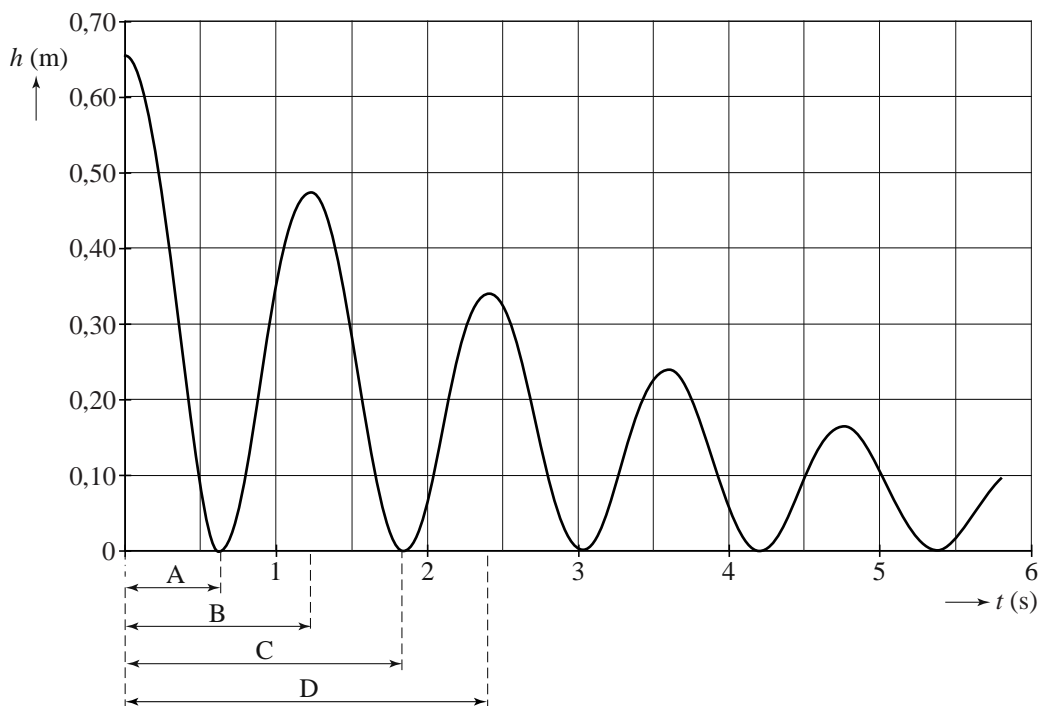
Fermi stapt op het skateboard en beweegt heen en weer op de railbaan. Zie figuur 1.

In figuur 2 is de hoogte van het skateboard als functie van de tijd weergegeven. De hoogte is gemeten ten opzichte van het laagste punt in de railbaan. Fermi startte op $t = 0$ s links op de railbaan.

figuur 1



figuur 2



De trillingstijd van de beweging is de tijd die verstrijkt vanaf $t = 0$ s tot het moment dat Fermi weer in het hoogste punt links is. In figuur 2 zijn vier tijdsintervallen aangegeven. Eén van deze tijdsintervallen is de trillingstijd.

- 2p 17 Leg uit welk tijdsinterval overeenkomt met de trillingstijd van deze beweging.

Het laagste punt op de railbaan is de evenwichtsstand van de trilling. De uitwijking u van trilling is de horizontale afstand tot de evenwichtsstand.

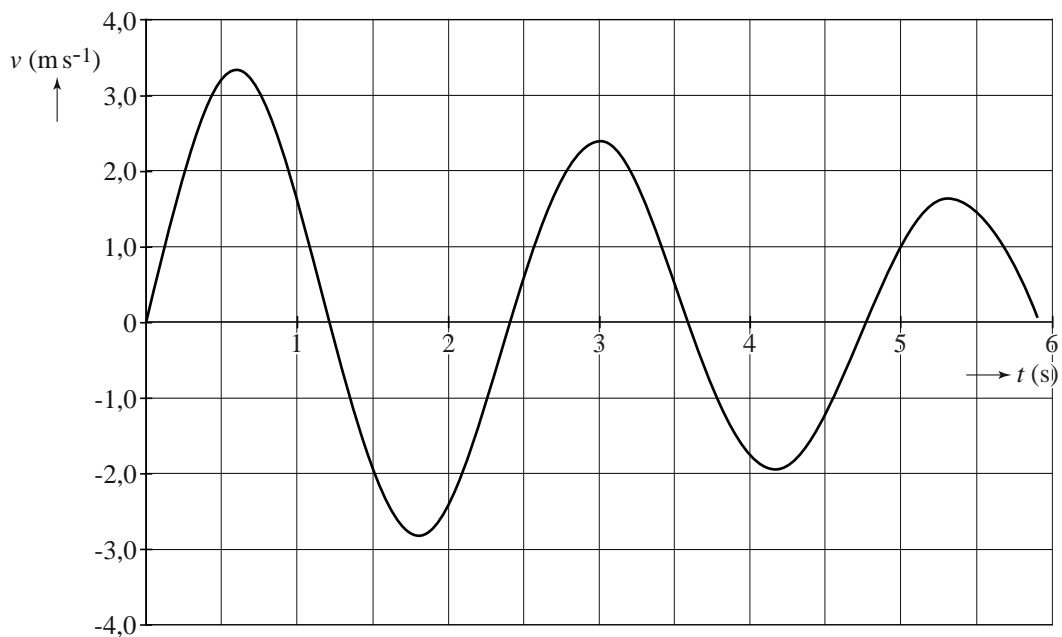
- 4p 18 Schets op de uitwerkbijlage het (u, t) -diagram van deze beweging tussen $t = 0$ s en $t = 5,5$ s. De schaalverdeling op de verticale as is niet van belang.

In figuur 1 beweegt Fermi versneld omlaag. Hiervoor is een resulterende kracht in voorwaartse richting nodig. In de figuur op de uitwerkbijlage is deze kracht met een vectorpijl op schaal weergegeven. In de figuur is ook de zwaartekracht op Fermi met een vectorpijl op schaal weergegeven. De totale massa van Fermi en het skateboard is 31 kg.

- 5p **19** Voer de volgende opdrachten uit:
- Construeer op de uitwerkbijlage de component van de zwaartekracht langs de railbaan;
 - Bepaal met behulp van de uitwerkbijlage de grootte van de wrijvingskracht (in Newton) langs de railbaan op het moment van de foto.

In figuur 3 staat het (v, t) -diagram van de beweging. Als Fermi van links naar rechts beweegt is de snelheid positief; als Fermi van rechts naar links beweegt is de snelheid negatief.

figuur 3

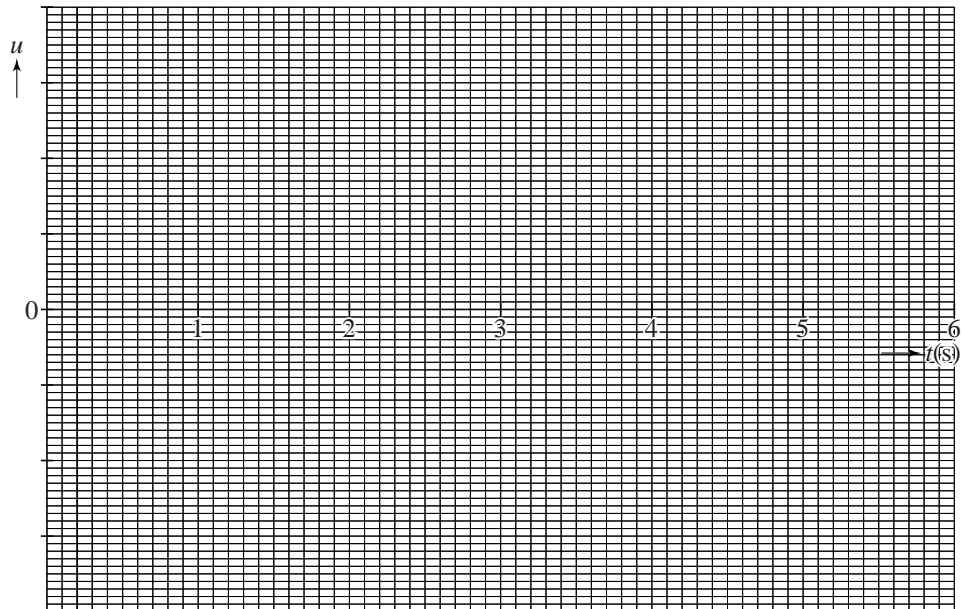


Op een bepaald moment is Fermi voor de eerste keer op het hoogste punt van zijn beweging rechts op de railbaan.

- 3p **20** Bepaal met behulp van figuur 3 de afstand die hij dan langs de baan heeft afgelegd.

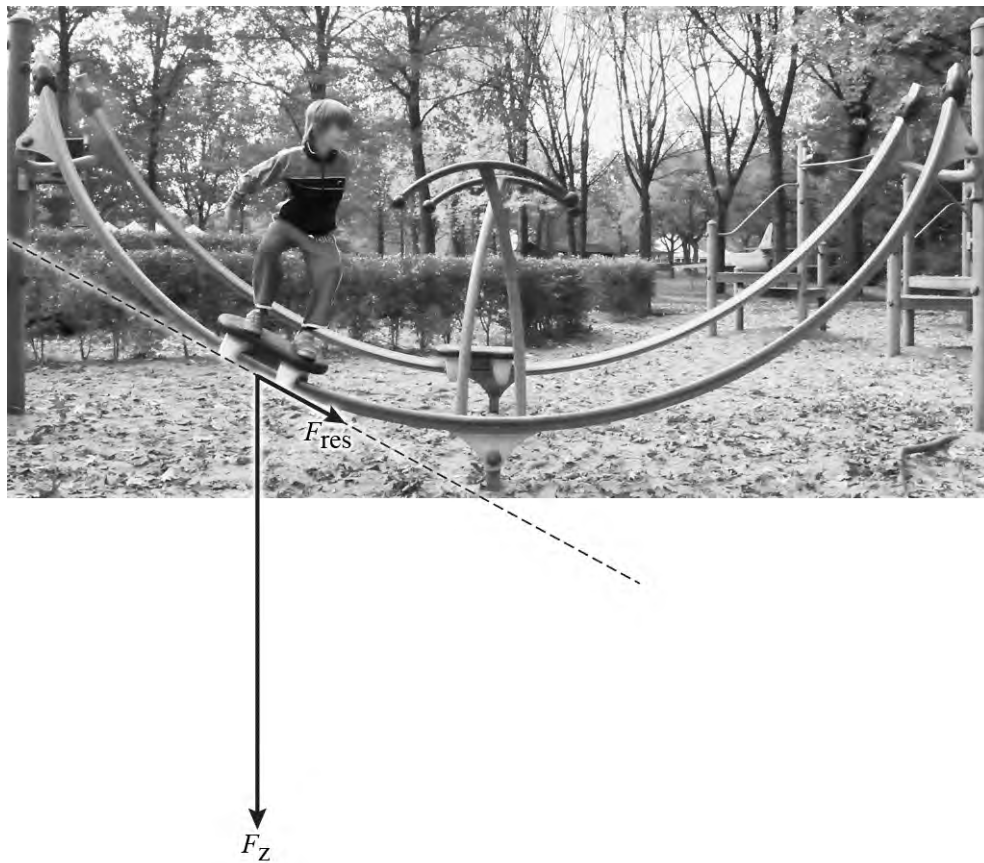
uitwerkbijlage

18



uitwerkbijlage

19



Ruimte voor het beantwoorden van vraag 19:

.....

.....

.....

.....

.....

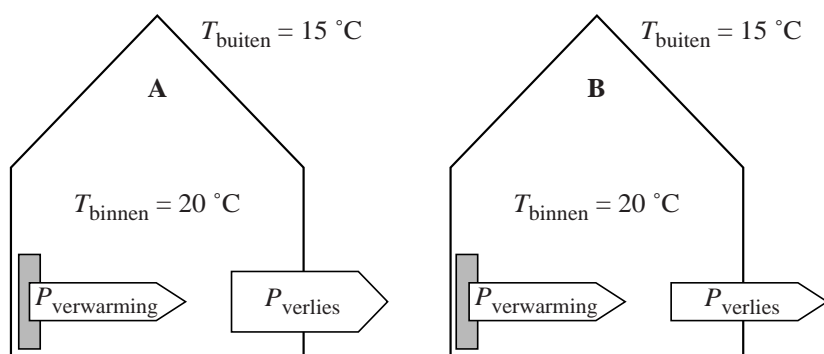
Opgave 5 Binnenklimaat

Huizen worden tegenwoordig steeds beter geïsoleerd. Het gevolg hiervan is dat er ook goed geventileerd moet worden. In deze opgave wordt daarom zowel naar isolatie als naar ventilatie gekeken.

Isolatie

In figuur 1 zijn twee identieke huizen getekend die niet op dezelfde wijze zijn geïsoleerd. In de huizen is met pijlen aangegeven hoeveel warmte er per seconde aan een huis wordt toegevoerd ($P_{\text{verwarming}}$) en hoeveel warmte er per seconde verloren gaat (P_{verlies}). De breedte van de pijlen is een maat voor het vermogen.

figuur 1



Op de uitwerkbijlage staat een diagram waarin vier grafieken zijn gegeven die het mogelijke verloop van de binnentemperatuur van huis A geven als functie van de tijd.

Op een bepaald moment is de binnentemperatuur 20 °C. Veronderstel dat de toegevoerde warmte per seconde en de buitentemperatuur niet veranderen.

- 3p 21 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage met de letter A aan welke grafiek het temperatuurverloop in huis A het beste weergeeft.
 - Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het temperatuurverloop in huis B.

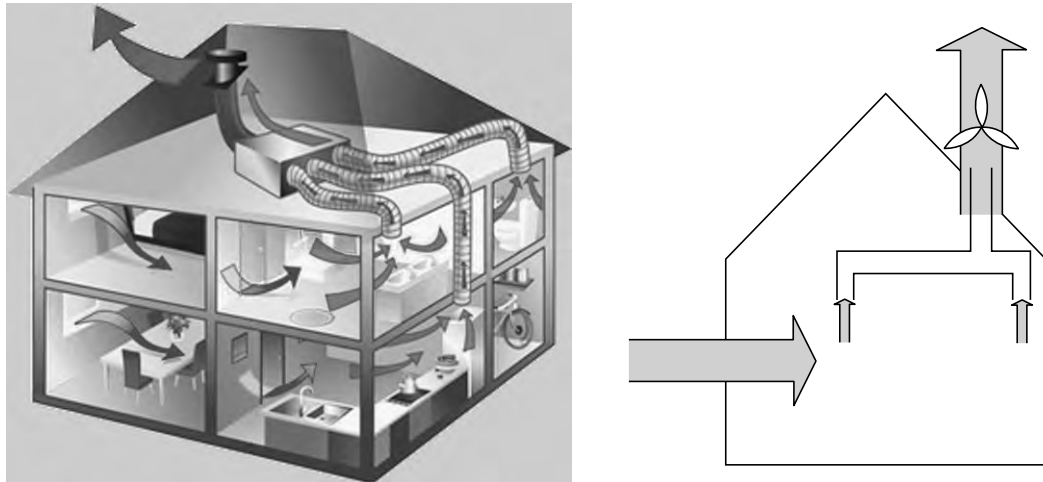
Een goede manier om een schuin dak te isoleren is het aanbrengen van een laag steenwol. Steenwol is verkrijgbaar in verschillende diktes. Voor de warmtestroom door het steenwol geldt:

$$P = kA \frac{\Delta T}{d}$$

- 2p 22 Veronderstel dat het oppervlak en het temperatuurverschil gelijk blijft. Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor P en voor k aan of deze grootheden kleiner worden, gelijk blijven of groter worden als de dikte van de isolatie toeneemt.

Ventilatie

Om te ventileren wordt gebruik gemaakt van een elektrisch ventilatiesysteem. Een ventilator zuigt lucht via een aantal ventilatiekanalen uit de kamers en blaast de lucht vervolgens naar buiten. Verse lucht wordt aangevoerd door ramen of roosters. Zie figuur 2.

figuur 2

In een bepaalde huiskamer wordt zo 215 m^3 lucht per uur afgevoerd. Deze kamer heeft een vloeroppervlak van 44 m^2 en een hoogte van $2,44 \text{ m}$. Het 'ventilatievoud' geeft aan hoe vaak de lucht in een ruimte per uur volledig wordt afgevoerd.

- 2p **23** Bereken het ventilatievoud van deze kamer.

Het debiet is het aantal kubieke meters lucht dat per seconde wordt afgevoerd en is te berekenen met:

$$\text{debiet} = vA$$

Hierin is:

- A de oppervlakte van de doorsnede van de ventilatiekanalen in m^2 ;
- v de snelheid van de lucht in de ventilatiekanalen in ms^{-1} .

Volgens de bouwvoorschriften mag de snelheid van de lucht in de kanalen niet groter zijn dan $4,0 \text{ ms}^{-1}$. De huiskamer beschikt over twee ventilatiekanalen om de lucht af te voeren. Bij de bouw van het huis had men de keuze uit buizen met een diameter van 80 mm , 100 mm , 125 mm en 150 mm .

- 5p **24** Leg met een berekening uit welke buisdiameter in dit huis minimaal moest worden gebruikt.

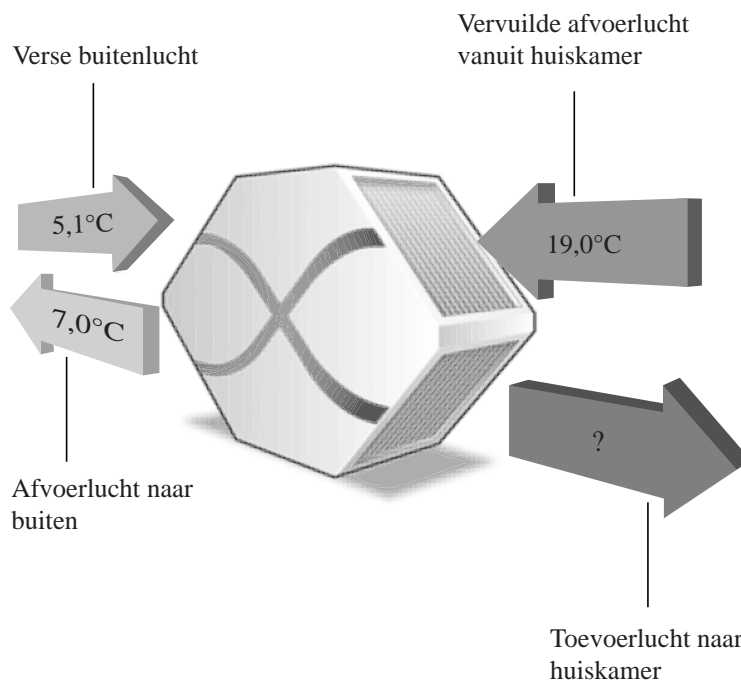
In de winter is de lucht die aangevoerd wordt koud. De centrale verwarming moet deze lucht dan verwarmen. In deze verwarmingsinstallatie wordt aardgas verbrand. Bij het verbranden van $1,0 \text{ m}^3$ aardgas komt $32 \cdot 10^6 \text{ J}$ warmte vrij.

Stel dat de thermostaat in de huiskamer is ingesteld op $19,0 \text{ }^\circ\text{C}$ bij een buitentemperatuur van $5,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Er wordt 255 kg lucht per uur toegevoerd. Het totale rendement van de verwarmingsinstallatie is 100%.

- 3p **25** Bereken hoeveel kubieke meter aardgas er per uur verbrand moet worden om de aangevoerde lucht te verwarmen.

Om energie te besparen zijn er ook ventilatiesystemen met een warmte-terugwin-systeem. Hierin wordt de toevoerlucht door een ventilator aangezogen en dan langs de afvoerlucht geleid. Bij lage buitentemperaturen wordt zo de warme afvoerlucht gebruikt om de koude toevoerlucht te verwarmen. Zie figuur 3.

figuur 3



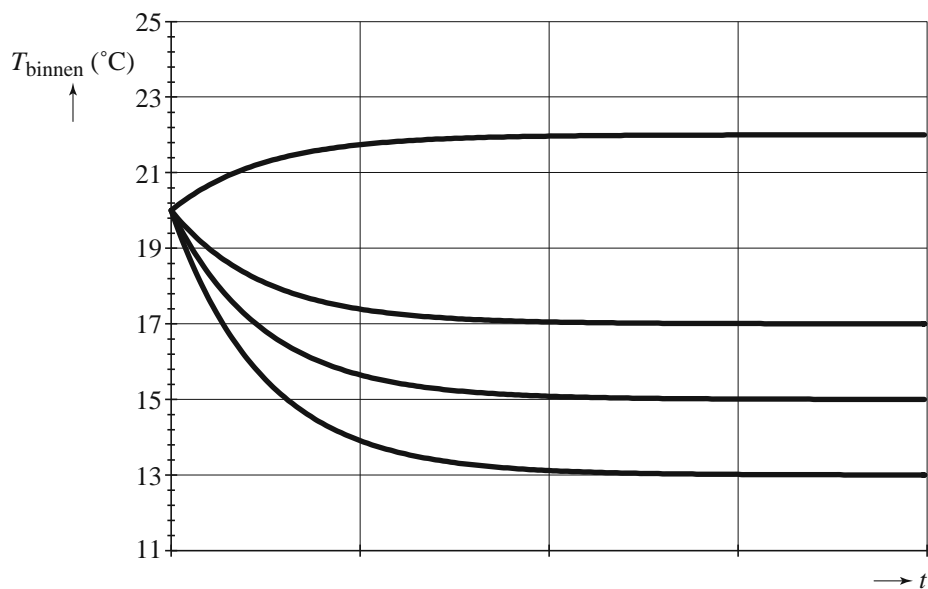
Stel dat de aangevoerde lucht een temperatuur heeft van $5,1 \text{ }^\circ\text{C}$ en de afgevoerde lucht afkoelt van $19,0 \text{ }^\circ\text{C}$ tot $7,0 \text{ }^\circ\text{C}$, zie figuur 3.

De massa van de lucht die per seconde wordt aangevoerd is gelijk aan de massa van de lucht die per seconde wordt afgevoerd.

- 2p **26** Bereken de temperatuur waarmee de toevoerlucht de huiskamer binnenkomt. Geef je antwoord in drie significante cijfers.

uitwerkbijlage

21



22

	wordt kleiner	blijft gelijk	wordt groter
P			
k			
A		X	
ΔT		X	
d			X