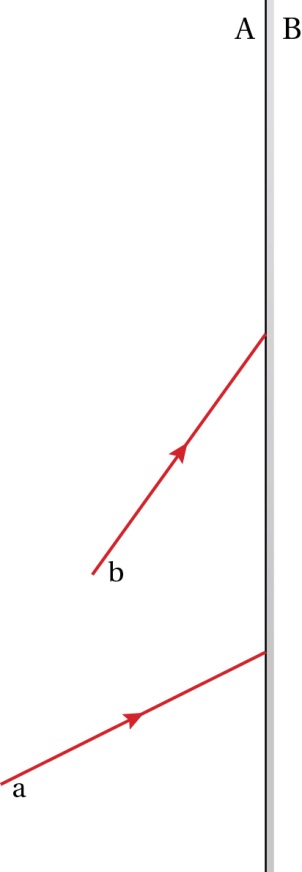
**4.1 Optische eigenschappen**

**Opgave 1**

Het grensvlak van twee doorschijnende stoffen A en B wordt vanuit A door twee lichtstralen getroffen. Dit is getekend in figuur 4.1.



**Figuur 4.1**

a Bepaal in figuur 4.1 hoe groot bij lichtstraal a de hoek van inval is.

De brekingsindex voor de overgang van A naar B is 0,671.

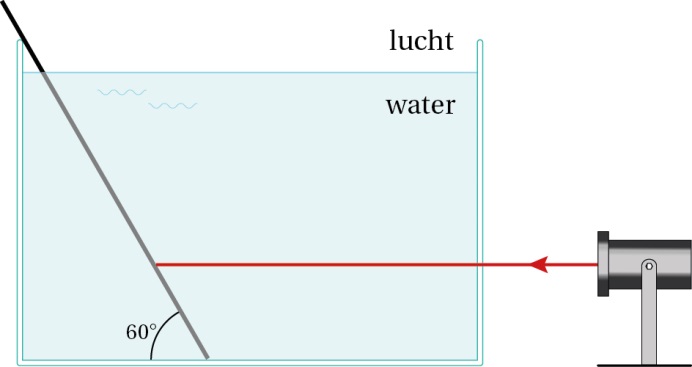
b Leg uit of er voor straal a breking ‘van de normaal af’ of ‘naar de normaal toe’ optreedt.

c Teken in figuur 4.1 hoe lichtstraal a in stof B verder loopt.

d Teken in het werkboek hoe lichtstraal b verder gaat.

**Opgave 2**

In een glazen bak die met water is gevuld, is een vlakke metalen plaat opgesteld. Zie figuur 4.2. De plaat maakt een hoek van 60° met de bodem van de bak en werkt als een spiegel. Vanuit een lichtbron valt een lichtstraal loodrecht op de zijwand van de glazen bak. De brekingsindex van water is 1,33.



**Figuur 4.2**

Teken in figuur 4.2 hoe de lichtstraal door de bak met water loopt en daarna uit het water tevoorschijn komt. Bereken daartoe eerst de hoek van breking op de plaats waar de straal het water verlaat.

**Opgave 3**

Vergeleken met andere doorschijnende stoffen heeft diamant een opvallend grote brekingsindex. Daardoor is de grenshoek van diamant kleiner dan die van andere stoffen.

a Wanneer is er sprake van een grenshoek: bij overgang van lucht naar diamant, of bij overgang van diamant naar lucht?

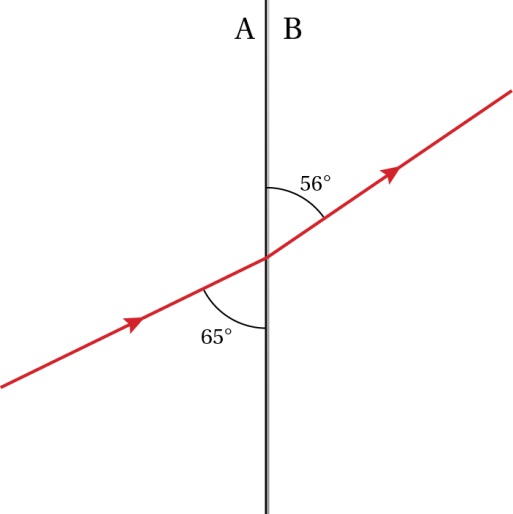
b Bereken de grenshoek van diamant voor geel licht.

Als je een diamant een klein beetje beweegt, zie je de schittering veranderen.

c Leg uit hoe het ‘schitteren’ van een diamant te maken heeft met het feit dat diamant zo’n kleine grenshoek heeft.

**Opgave 4**

Een lichtstraal gaat van stof A naar stof B. Dit is weergegeven in figuur 4.3. Eén van de stoffen is lucht. De andere stof is een vloeistof.



**Figuur 4.3**

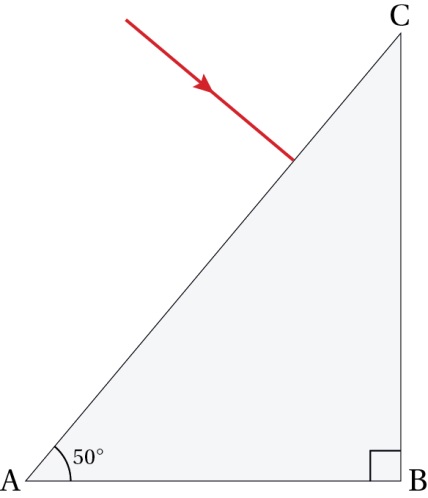
a Leg uit welke van de stoffen A en B de vloeistof is.

b Bereken de brekingsindex van de vloeistof.

c Zoek in BINAS op welke vloeistof is gebruikt.

**Opgave 5**

Een lichtstraal valt loodrecht op het zijvlak AC van een glazen prisma. Dit is weergegeven in figuur 4.4.



**Figuur 4.4**

De lichtstraal treft het zijvlak BC en blijkt scherend langs het zijvlak BC het prisma uit te gaan.

a Teken in figuur 4.4 het verdere verloop van de lichtstraal.

b Geef in de figuur 4.4 de grenshoek aan en bepaal hoe groot de grenshoek van de glassoort is.

c Bereken de brekingsindex van de glassoort.

**4.2 Temperatuur, warmte en uitzetten**

**Opgave 6**

Laat je een druppel inkt in water vallen, dan blijkt de inkt zich in het water te verspreiden.

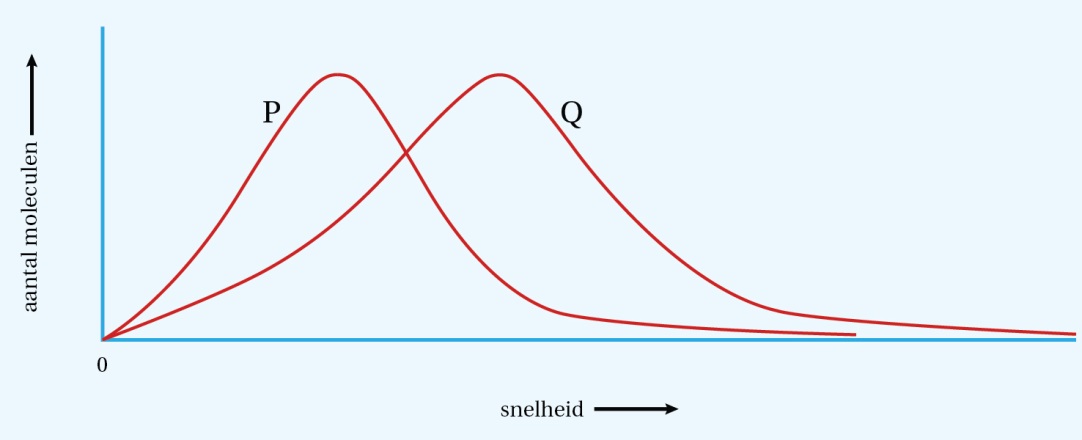
a Leg uit waarom de inkt zich over de gehele vloeistof verspreidt.

Het verspreiden van de inkt gaat sneller in warm water dan in koud water.

b Verklaar dit met behulp van het molecuulmodel.

**Opgave 7**

In twee afgesloten vaten P en Q bevindt zich een hoeveelheid stikstof. Het diagram van figuur 4.5 geeft de snelheidsverdeling van de moleculen in elk vat weer bij een bepaalde temperatuur.



**Figuur 4.5**

a Welke natuurkundige betekenis heeft de oppervlakte onder deze grafiek?

b Zit in vat Q meer of minder stikstof dan in vat P? Of zit er in beide vaten evenveel? Licht je antwoord toe.

c Is de temperatuur in vat Q hoger of lager dan die in vat P? Licht je antwoord toe.

Je laat de helft van het gas uit vat P wegstromen.

d Teken in figuur 4.5 de snelheidsverdeling van de moleculen in vat P als de helft van het gas is weggestroomd.

**Opgave 8**

De meeste kaarsen zijn gemaakt van stearine. Deze stof heeft een smeltpunt van 69 °C.

a Reken 69 °C om in K.

Tijdens het smelten van stearine blijft de temperatuur constant. Toch neemt tijdens het smelten het totale volume wel toe.

b Leg dit uit aan de hand van het molecuulmodel.

Vaste stukjes stearine die in gesmolten stearine vallen, zinken naar de bodem.

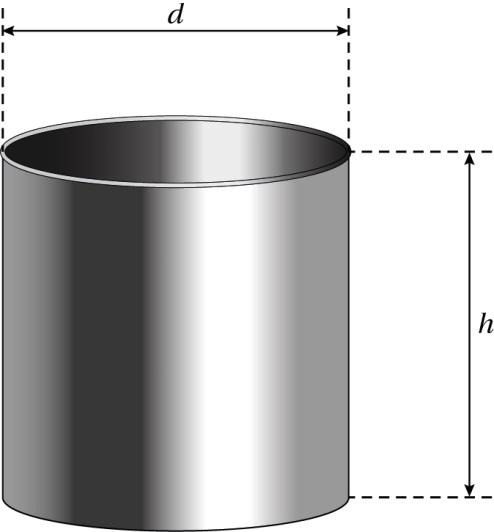
c Leg uit waarom dit gebeurt..

Om stearine te laten smelten, is warmte nodig. Pas als alle stearine gesmolten is, stijgt de temperatuur van de ontstane vloeistof.

d Leg uit waarom er toevoer van warmte nodig is tijdens het smelten van stearine.

**Opgave 9**

Als standaardmassa wordt in Sèvres bij Parijs een platina cilinder bewaard. Zie figuur 4.6.



**Figuur 4.6**

De massa van de cilinder vertegenwoordigt de waarde van één kilogram.

a Toon aan dat bij een temperatuur van 20 °C, het volume van deze cilinder 46,5 cm3 is.

Uit figuur 4.6 blijkt dat de diameter *d* en de hoogte *h* even groot zijn.

b Bereken de hoogte *h* van de cilinder.

c Leg uit dat de dichtheid afneemt als de temperatuur stijgt.

Voor de relatieve verandering van de dichtheid geldt bij benadering:



met *V* het volume.

d Bereken de relatieve afname van de dichtheid van de cilinder als de temperatuur met 1 graad toeneemt.

**Opgave 10**

Bij 20 °C is de ‘gemiddelde’ snelheid van een zuurstofmolecuul in de lucht 478 m/s.

a In de inleiding van deze opgave staat het woord ‘gemiddelde’ tussen aanhalingstekens. Leg uit waarom we niet gewoon over de gemiddelde snelheid van moleculen kunnen spreken.

Noteer je antwoorden op de vragen b, c en d in drie significante cijfers.

b Toon aan met behulp van BINAS tabel 99 dat de massa van een zuurstofmolecuul (O2) 1,78 keer groter is dan de massa van een watermolecuul (H2O).

Bij een gegeven temperatuur is de gemiddelde kinetische energie van alle moleculen gelijk. Voor de gemiddelde kinetische energie geldt:



met *m* de massa van het molecuul en *v* de gemiddelde snelheid van het molecuul.

c Bereken hoe groot de ‘gemiddelde’ snelheid van een watermolecuul is in water van 20 °C.

**4.3 Transport van warmte**

**Opgave 11**

In een kamer is een deel van de vloer bekleed met hout en de rest met tegels. Je loopt op blote voeten door de kamer. Je merkt dat de tegels kouder aanvoelen dan het hout.

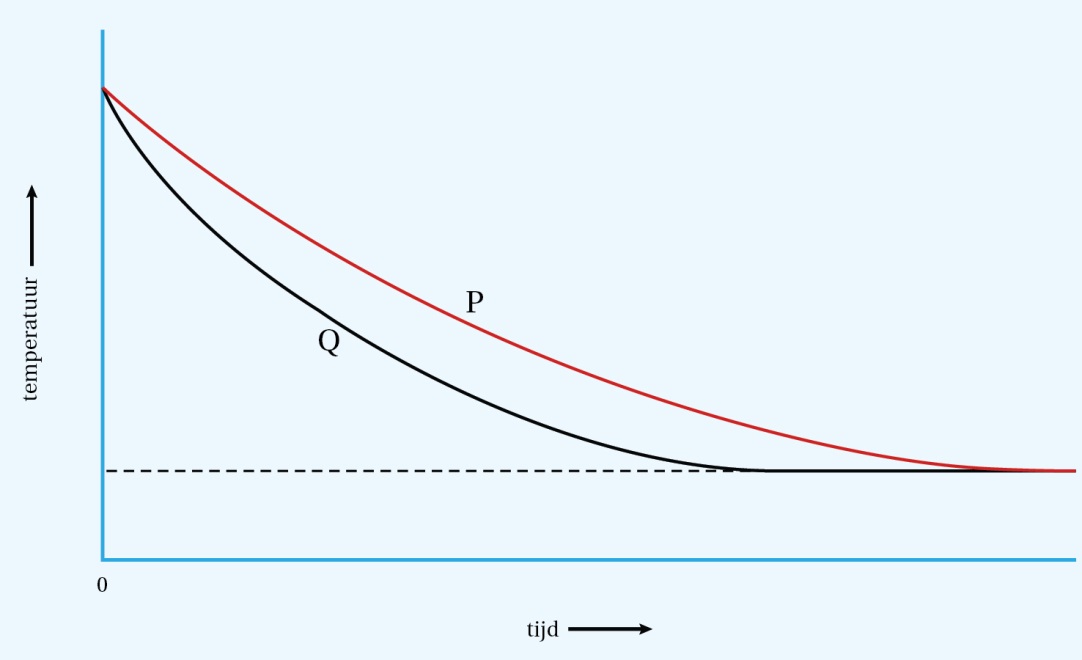
a Wat zegt dit over de warmtegeleiding van de tegels en van het hout?

In sommige winkels wordt vloerverwarming gebruikt voor het verwarmen. Bij vloerverwarming liggen de verwarmingsbuizen in het beton van de vloer.

b Wat kun je bij vloerverwarming beter gebruiken als vloerbedekking, tegels of parket? Licht je antwoord toe.

**Opgave 12**

Je laat als proef twee kopjes koffie afkoelen. Eén kopje is hoog en smal, het andere kopje is laag en wijd. Beide kopjes zijn gemaakt van hetzelfde aardewerk. In beide kopjes zit evenveel koffie. Van beide kopjes heb je de temperatuur gemeten als functie van de tijd. In figuur 4.7 is een diagram geschetst met de meetresultaten.



**Figuur 4.7**

a Hoe is in het diagram te zien dat de koffie in beide kopjes dezelfde begintemperatuur had?

b Leg uit waarom beide grafieklijnen in het begin steil omlaag lopen en later minder steil.

c Leg uit welke grafieklijn bij het hoge smalle kopje hoort.

d Leg uit dat uiteindelijk de eindtemperatuur van beide kopjes koffie gelijk is.

**Opgave 13**

Om huizen te isoleren, worden de ramen voorzien van ‘dubbel glas’. ‘Dubbel glas’ bestaat uit twee glasplaten met een dunne, afgesloten luchtlaag ertussen.

a Leg uit waarom er minder warmte verloren gaat door dubbel glas dan door enkel glas.

Als een bepaalde kamer wordt verwarmd, stijgt de temperatuur eerst snel en daarna minder snel totdat er een eindtemperatuur wordt bereikt. Deze kamer is voorzien van enkel glas.

b Schets het verband tussen de temperatuur en de tijd.

De kamer wordt nu voorzien van dubbel glas. De verwarming wordt zo ingesteld dat dezelfde eindtemperatuur wordt bereikt.

c Schets in dezelfde figuur ook het temperatuurverloop als de kamer voorzien is van dubbel glas.

d Licht het verschil tussen je antwoorden bij b en c (de twee lijnen) toe.

**4.4 Soortelijk warmte**

**Opgave 14**

Een oude eenheid van energie is de kilocalorie, afgekort kcal. Er geldt: 1 kilocalorie is de warmte die nodig is om één kilogram water één graad in temperatuur te verhogen.

a Druk 1 kcal uit in J.

b Druk de soortelijke warmte van water uit in kcal/kg/K.

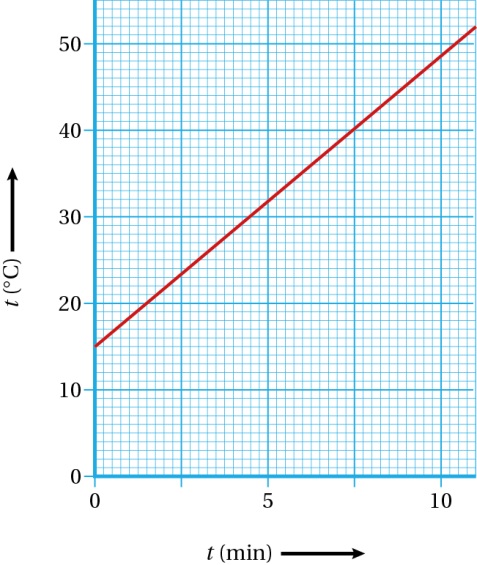
**Opgave 15**

Tijdens een proef geeft een kwikthermometer een temperatuurstijging van 65 °C aan. De thermometer bevat 8,2 gram kwik.

Bereken de hoeveelheid warmte die het kwik heeft opgenomen.

**Opgave 16**

In een geïsoleerd bakje bevindt zich 300 g water. Met een verwarmingselement dat een vermogen heeft van 75 W, verwarm je het water. Het verloop van de temperatuur als functie van de tijd staat in figuur 4.8.



**Figuur 4.8**

a Bepaal de kamertemperatuur.

b Bepaal de hoeveelheid warmte die het bakje heeft opgenomen.

**Opgave 17**

Je giet 400 g water van 17,8 °C in een bekerglas van 200 g. Het bekerglas heeft een temperatuur van 20,0 °C. De eindtemperatuur van water en glas wordt 18,0 °C.

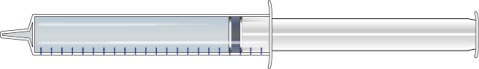
a Bereken de soortelijke warmte van glas.

b Waarom is het resultaat niet erg betrouwbaar?

**4.5 Algemene gaswet**

**Opgave 18**

Van een injectiespuit is de naald verwijderd. De ontstane opening is met een dopje afgesloten. Zie figuur 4.9. In de spuit bevindt zich 16 cm3 lucht met een temperatuur van 18 °C. De druk van de buitenlucht is 1,01 bar. De massa van het zuigertje is te verwaarlozen. Het zuigertje kan zonder wrijving bewegen.



**Figuur 4.9**

De spuit wordt in een bekerglas met warm water gehangen, waardoor de spuit een temperatuur van

53 °C krijgt. Daarbij wordt met behulp van spierkracht het zuigertje op zijn plaats gehouden, zodat het volume van de afgesloten lucht niet verandert.

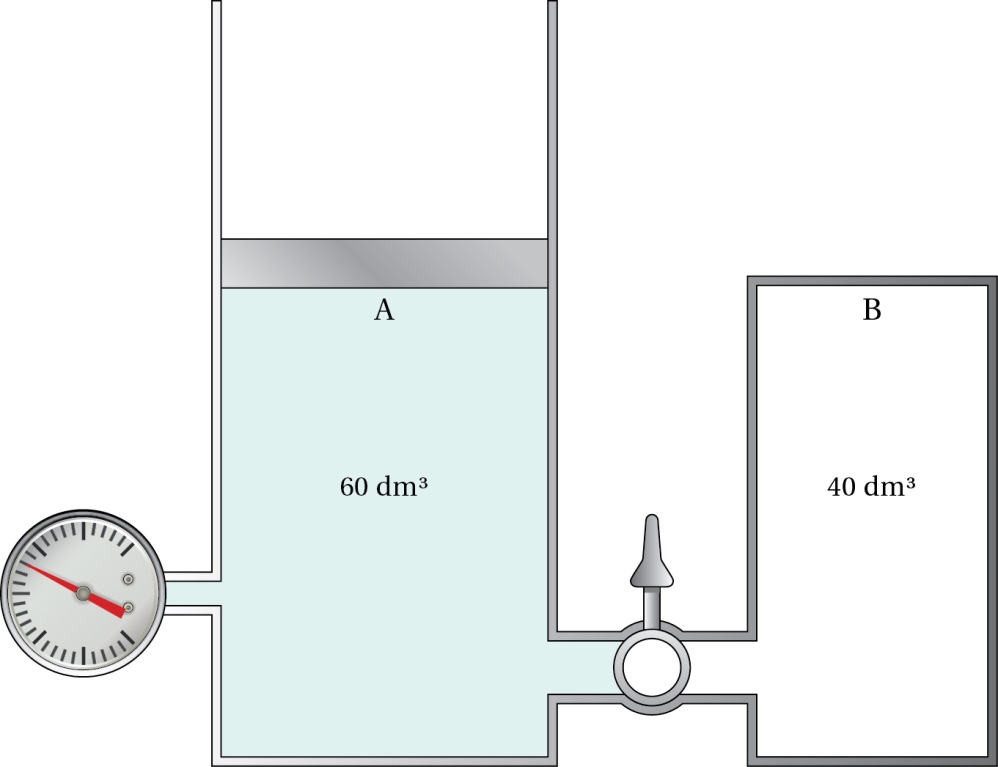
a Toon aan dat de druk die de lucht in de spuit krijgt 1,1 bar is.

Het zuigertje heeft een oppervlakte van 2,0 cm2.

b Bereken de kracht die je op het zuigertje moet uitoefenen om het op zijn plaats te houden.

**Opgave 19**

Twee vaten A en B zijn door een nauwe buis met elkaar verbonden. Zie figuur 4.10. De kraan in deze buis staat dicht. Als de kraan wordt geopend, bevindt zich in beide vaten samen 150 gram lucht. De manometer wijst een druk van 1,25 bar aan. De druk van de buitenlucht is 1,00 bar. Dit noem je toestand 1. De druk veroorzaakt door de massa van de zuiger is te verwaarlozen.



**Figuur 4.10**

a Leg uit dat in toestand 1 de zuiger vastgezet is.

b Toon aan dat zich 60 g lucht in vat B bevindt.

De kraan wordt dichtgedraaid. Hierna wordt de zuiger losgemaakt zodat die vrij kan bewegen. De eindsituatie noem je toestand 2.

c Bereken voor toestand 2 het volume van de afgesloten lucht in vat A.

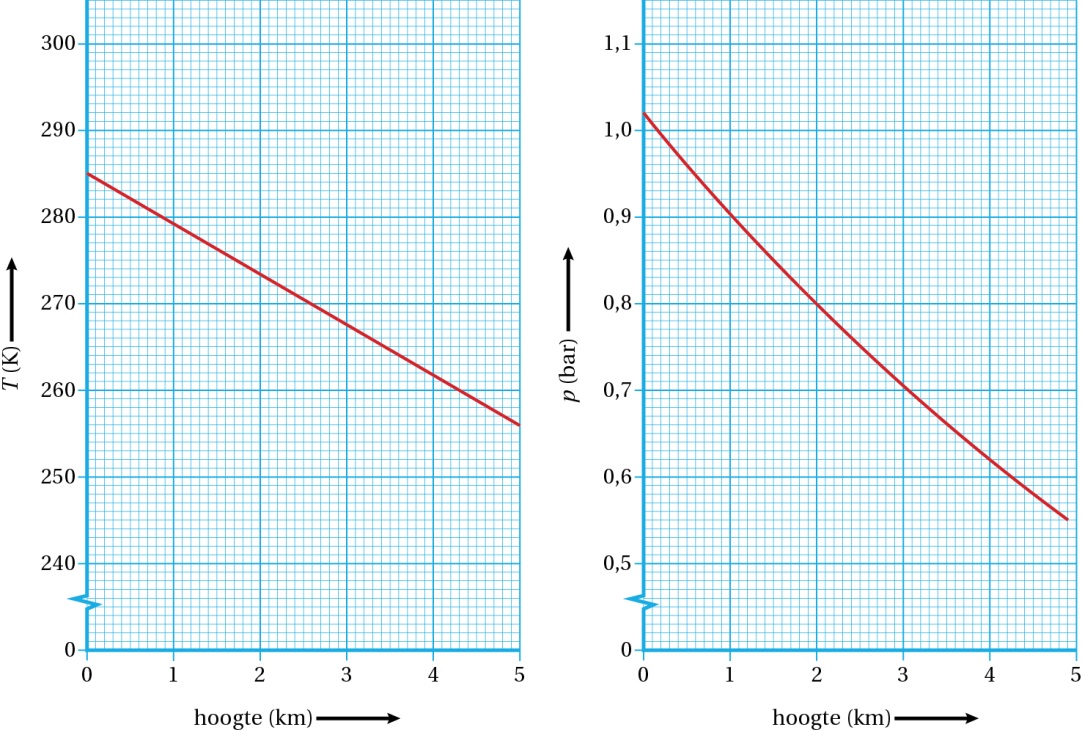
Vervolgens wordt de kraan opengedraaid. De eindsituatie noem je toestand 3.

d Bereken de massa van de lucht die dan door de verbindingsbuis is gestroomd.

e Bereken voor toestand 3 het volume van de afgesloten lucht in vat A.

**Opgave 20**

Op een bepaalde dag meet men met behulp van een stratosfeerballon de temperatuur en de druk van de lucht op verschillende hoogten in de aardatmosfeer. De resultaten hiervan zie je in figuur 4.11a en 4.11b.



**Figuur 4.11a en b**

Vlak boven de grond heeft de ballon een volume van 47 m3. In eerste instantie nemen we aan dat er in de ballon een overdruk heerst van 0,10 bar, ongeacht de hoogte waarop de ballon zich bevindt.

a Bepaal het volume van de ballon op een hoogte van 4,5 km.

In werkelijkheid neemt de overdruk in de ballon tijdens het stijgen toe.

b Leg uit dat een toename van het volume samengaat met een toename van de overdruk.

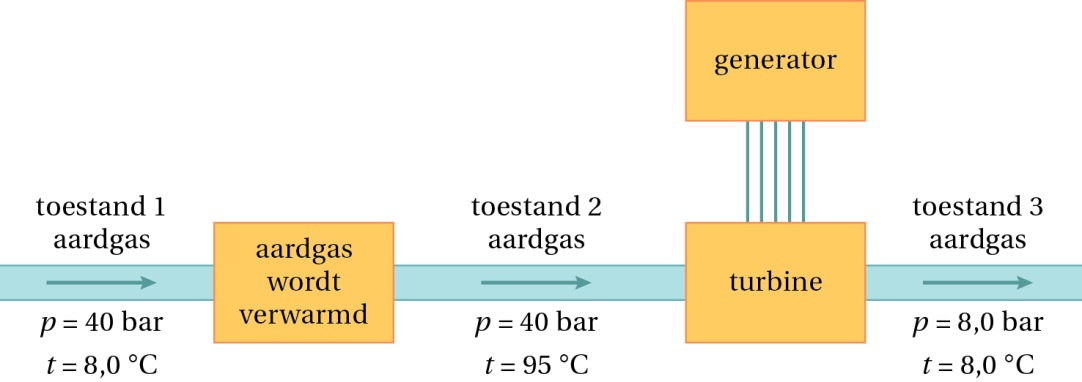
c Als je hiermee rekening houdt, heeft het bij vraag a bepaalde volume dan een te hoge of een te lage waarde? Licht je antwoord toe.

**Opgave 21**

Aardgas wordt getransporteerd via pijpleidingen. Een bepaalde pijpleiding waardoor Gronings aardgas stroomt, heeft een doorsnede van 30 cm2. De temperatuur van dit gas is 8,0 °C en de druk is 40 bar. De snelheid van het gas is 40 ms−1.

a Toon aan dat er 2,1·102 mol aardgas per seconde door een dwarsdoorsnede van deze leiding stroomt.

Het energiebedrijf verlaagt de druk voordat het gas verder naar de verbruikers gestuurd wordt. Sommige energiebedrijven gebruiken deze drukverlaging voor de productie van elektriciteit. Het gas stroomt dan door een turbine die gekoppeld is aan een generator. Het gas koelt daarbij aanzienlijk af. Het is daarom noodzakelijk het gas eerst te verwarmen voor het door de turbine stroomt. Zie figuur 4.12.



**Figuur 4.12**

b Bereken het volume van het gas dat per uur de turbine verlaat onder de omstandigheden die gelden bij de uitgang van de turbine.

**Opgave 22**

De dichtheid van een gas is afhankelijk van de temperatuur en de druk. In ruimte A zit een hoeveelheid gas bij een bepaalde druk en temperatuur.

In ruimte B zit een gelijke hoeveelheid gas bij dezelfde druk, maar de temperatuur is hoger.

In ruimte C zit een andere hoeveelheid gas bij dezelfde temperatuur, maar nu is de druk hoger.

Het volume van ruimte A is gelijk aan het volume van ruimte C.

a In welke ruimte is de dichtheid van het gas het grootst? Licht je antwoord toe.

In BINAS tabel 12 vind je de dichtheid van een aantal gassen. In de kop van de kolom staat vermeld:  
T = 273 K, *p* = *p*0. Hierin is *p*0 de zogenaamde standaarddruk zoals vermeld in tabel 7 van BINAS.

Met behulp van de dichtheid en de algemene gaswet kun je de molaire massa van een gas berekenen.

b Bereken de molaire massa van zuurstof.

Bereken je op een overeenkomstige manier de molaire massa van zwaveldioxide dan kom je uit op 65,0 g mol−1. Volgens tabel 98 in BINAS is de molaire massa van zwaveldioxide echter gelijk aan 64,06 gmol−1.

c Geef een verklaring voor het feit dat je voor zwaveldioxide een te hoge waarde berekent.

**4.6 Krachten in materialen**

**Opgave 23**

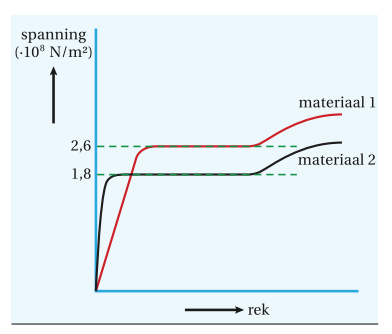
Voor roestvast staal geldt dat de evenredigheidsgrens gelijk is aan 2,41·108 N/m2.

a Toon aan dat de rek bij die evenredigheidsgrens 0,0012 bedraagt.

b Is de spanning in het roestvast staal bij een rek van 0,0015 groter of kleiner dan 3,0·108 N/m2? Leg je antwoord uit.

**Opgave 24**

In het (spanning-rek)-diagram van figuur 4.13 zie je de grafieken van twee materialen.



**Figuur 4.13**

Van beide materialen maak je twee staafjes met dezelfde afmetingen. Op de staafjes leg je een spanning van 1,1·108 N/m2 aan.

a Leg uit welk staafje het langs wordt.

Je neemt een draad met een diameter van 2,0 mm, gemaakt van materiaal 2.

b Bereken welke massa je aan de draad kunt hangen voordat deze plastisch gaat vervormen. Verwaarloos de massa van de draad.

**Opgave 25**

Joke gaat het gedrag van aluminium onderzoeken. Ze koopt daarvoor een aluminium staafje met een lengte van 10,0 cm en een diameter van 1,0 mm.

Ze hangt het staafje verticaal op door het aan de bovenkant in te klemmen. Aan de onderkant bevestigt ze een massa van 10 kg. Het staafje wordt daardoor langer.

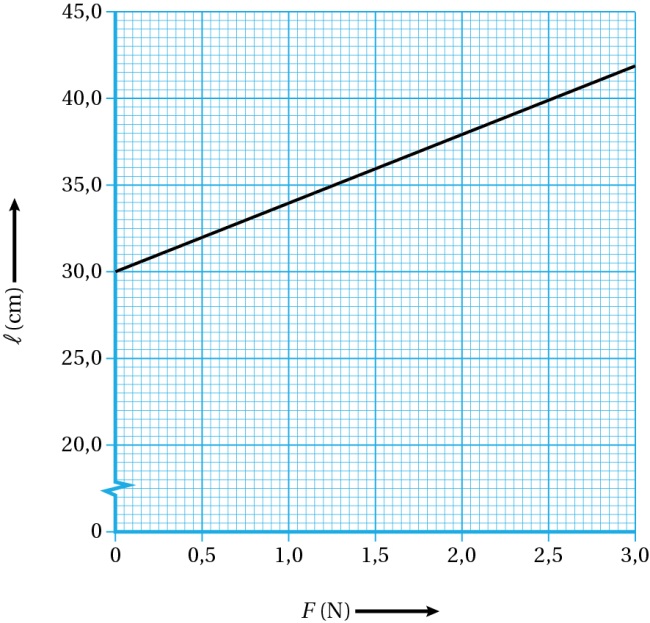
a Toon aan dat de massa een spanning van 1,2·108 N/m2 in het staafje teweeg brengt.

b Bereken hoeveel mm het staafje langer wordt. Verwaarloos de massa van het staafje.

**Opgave 26**

Jaap doet een aantal proeven met een elastiek dat postbodes vaak gebruiken.

Allereerst bepaalt hij de veerconstante *C* van het elastiek. Hij knipt het elastiek door en trekt eraan met een krachtmeter. Hij meet de lengte *l* van het elastiek als functie van de kracht *F*. Zijn metingen heeft hij in een grafiek weergegeven. Zie figuur 4.14.



**Figuur 4.14**

a Toon aan dat uit deze metingen blijkt dat de veerconstante *C* van het elastiek 25 N/m is.

Voor de veerconstante *C* van een elastiek dat niet al te ver wordt uitgerekt, geldt:



Hierin is:

* *E* de elasticiteitsmodulus (in N/m2);
* *l*0 lengte van het onbelaste elastiek (in m);
* *A*0 de oppervlakte van de doorsnede van het onbelaste elastiek (in m2).

b Toon met behulp van bovenstaande formule aan dat de eenheid van de elasticiteitsmodulus *E* gelijk is aan N/m2.

De doorsnede van het onbelaste elastiek is een rechthoek met de afmetingen 1,0 mm × 7,5 mm.

c Zou het elastiek dat Jaap gebruikt van rubber gemaakt kunnen zijn? Licht je antwoord toe met behulp van een berekening.