



Inhoudsopgave

Deel 1: Herhaling	bladzijde
T 1. Optika	4
T 2. Mechanika	10
T 3. Elektriciteit en magnetisme	13
T 4. Vast, vloeibaar en gas	16
T 5. Geluid	19
 Deel 2: Trefwoordenlijst	
L 1. Optika	21
L 2. Mechanika	21
L 3. Elektriciteit en magnetisme	22
L 4. Vast, vloeibaar en gas	23
 Deel 3: Opgaven en antwoorden	
W 1. Optika	25
W 2. Mechanika	27
W 3. Elektriciteit en magnetisme	29
W 4. Vast, vloeibaar en gas	31
W 1. Antwoorden	33
W 2. Antwoorden	36
W 3. Antwoorden	38
W 4. Antwoorden	41

Blok 25 Inleiding

Dit herhaalkatern is bedoeld om je te helpen bij de voorbereiding op je eindexamen.

Je vindt in hoofdstuk 1, 2, 3 en 4 een korte herhaling van alle stof, die je voor het examen moet kennen. Als je van een bepaald onderwerp aan deze samenvatting niet genoeg hebt, kun je het nakijken in een van de blokken. Boven elk onderdeel staat aangegeven waar je het in de blokken terug kunt vinden.

Na de samenvatting vind je vier trefwoordenlijsten. In zo'n trefwoordenlijst staan van elk onderdeel van het katern de begrippen en wetten die er in voor komen. Achter de naam van het begrip of de wet staat waar dat begrip of die regel in een van de blokken staat.

Na de vier trefwoordenlijsten is een overzicht gegeven van alle opgaven van de eindexamens en herexamens vanaf 1973. Bij elk katernhoofdstuk zie je een aantal opgaven van examens die daarover gaan. Als je dus een bepaald onderdeel wilt oefenen met examenopgaven kun je daar vinden welke opgaven je dan kunt maken.

Een aantal van die examenopgaven zijn in dit herhaalkatern opgenomen. De uitwerkingen van deze opgaven vind je achter in het katern.

T 1 Optika

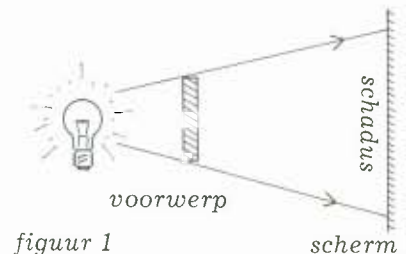
Inleiding

In dit gedeelte van het katern vind je een opsomming van wat er behandeld is in de blokken 7, 9 en 11. Het gaat daar over lichtstralen en wat je daarmee kunt doen met een spiegel of een lens. Je vindt er ook enkele toepassingen van de theorie. Namelijk het fototoestel en de diaprojektor.

Blok 7, P 2 Lichtstralen

Licht plant zich rechtlijnig voort. We zullen een lichtbundel dan ook tekenen als een aantal rechte lijnen.

Omdat licht zich rechtlijnig voortplant ontstaat er een schaduw als je een ondoorzichtig voorwerp voor een lamp zet (fig. 1).



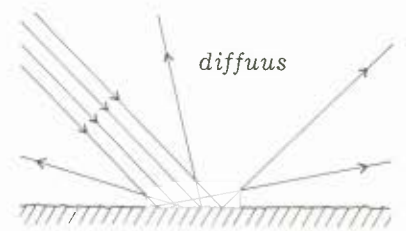
figuur 1

Blok 7, T 1 Terugkaatsing

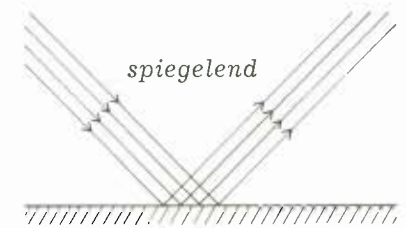
Als een lichtbundel op een voorwerp valt, kan die op twee manieren teruggekaatst worden:

Diffuus: de lichtbundel wordt in allerlei richtingen teruggekaatst (fig. 2).

Spiegelend: de lichtbundel wordt in één bepaalde richting teruggekaatst en wel zo dat $\angle i = \angle t$ (fig. 3).



figuur 2

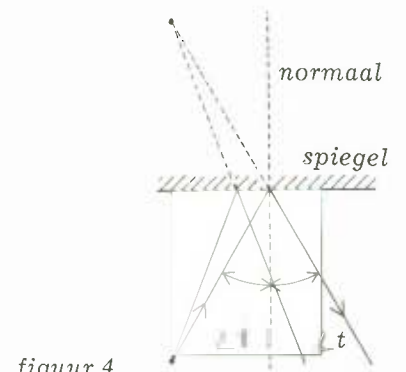


figuur 3

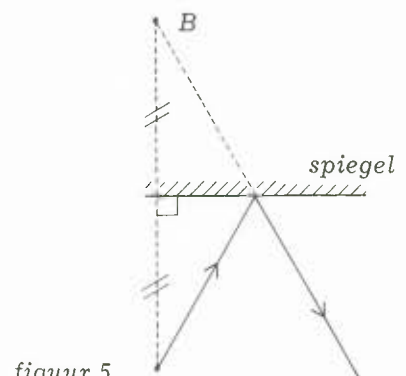
Blok 9: P 2, T 2. De vlakke spiegel

Als je een voorwerp voor een vlakke spiegel zet, ontstaat er een spiegelbeeld. Je kunt dat beeld op twee manieren konstrueren:

1. Teken enkele stralen, die op de spiegel vallen en weerkaatst worden. Het snijpunt van de teruggekaatste stralen is het beeldpunt (fig. 4).
2. Het beeld ligt aan de andere kant van de spiegel op dezelfde afstand als het origineel (fig. 5).

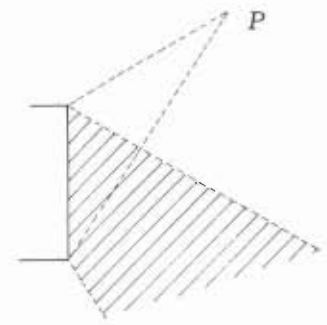


figuur 4



figuur 5

De stralen die precies op de rand van de spiegel vallen, noemen we de **randstralen**. Zij vormen de grens van het gebied dat je in de spiegel kunt zien (fig. 6).

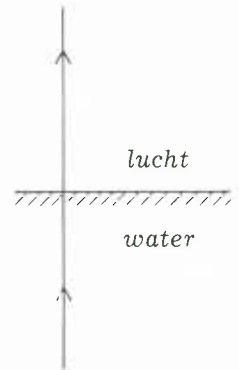


figuur 6

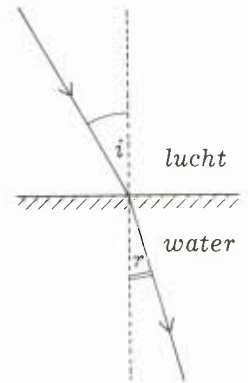
Blok 10, T 1 Breking

Niet in alle stoffen plant het licht zich even gemakkelijk voor. Een stof waarin het licht zich snel voortplant noemen we **optisch ijl**. Een stof waarin het licht zich minder snel voortplant, noemen we **optisch dichter**. Als een lichtstraal van de ene stof naar de andere gaat wordt hij gebroken. Voor de breking gelden drie regels:

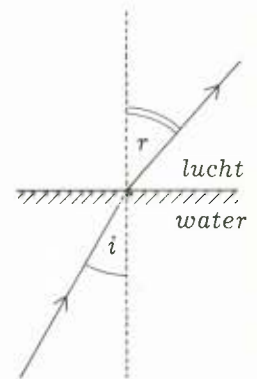
1. Bij een hoek van inval van 0° vindt geen breking plaats (fig. 7);
2. Van optisch ijl naar optisch dicht vindt breking naar de normaal toe plaats (fig. 8);
3. Van optisch dicht naar optisch ijl vindt breking van de normaal af plaats. (fig. 9).



figuur 7

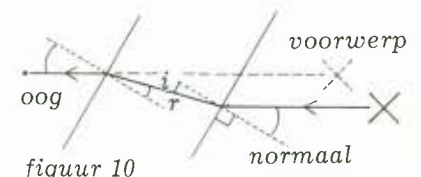


figuur 8

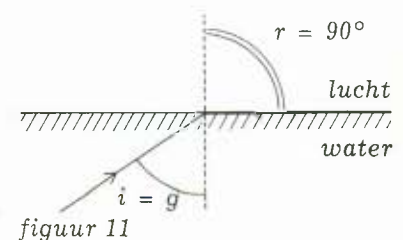


figuur 9

Als een lichtstraal door een ruit valt, zijn de invallende en de uittredende stralen parallel. (fig. 10).



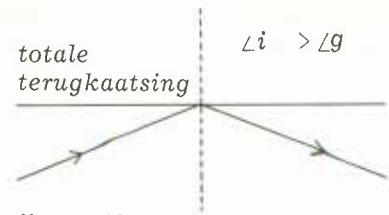
figuur 10



figuur 11

Bij breking van de normaal af kan de hoek van breking 90° zijn. De hoek van inval heet dan de **grenshoek**. (fig. 11).

Als de hoek van inval groter is dan de grenshoek ($\angle i > \angle g$) dan vindt er geen breking plaats maar totale reflectie. (fig. 12).

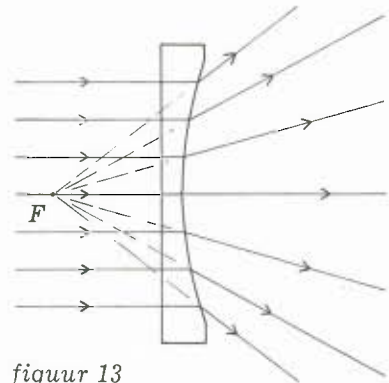


figuur 12

Blok 7: P, T 3; Blok 9: T 3, T 4; Blok 10: T 2 **Lenzen**

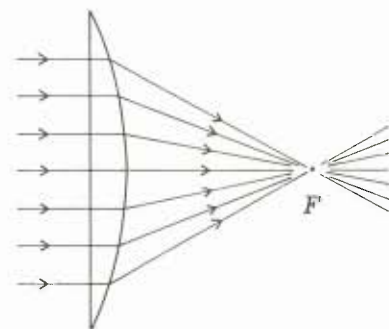
Een voorbeeld van een voorwerp dat lichtstralen breekt is een lens. Er zijn twee soorten lenzen:

1. **Holle lenzen** buigen de lichtstralen van elkaar af, **divergeren** de lichtbundel (fig. 13);



figuur 13

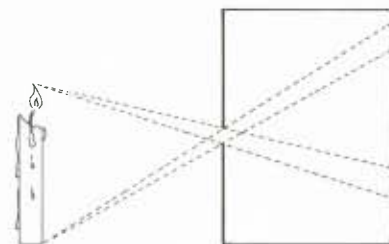
2. **Bolle lenzen** buigen de lichtstralen naar elkaar toe, **konvergeren** de lichtbundel (fig. 14).



figuur 14

Blok 7: P, T 1; Blok 10: T 3: **Het fototoestel**

Een heel eenvoudig fototoestel is de camera obscura: een doos met een gaatje erin. In fig. 15 ziet je hoe een voorwerp op het scherm wordt afgebeeld. Er ontstaat een vlekje. Als je het **diafragma** verder open zet, wordt het vlekje helderder, maar vager.

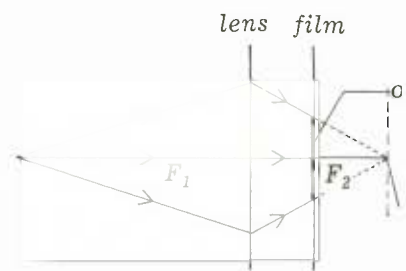


figuur 15

Een oplossing voor dat probleem is een lens in het gaatje te zetten. Je moet nu wel goed instellen waar de lens moet staan. (fig. 16.).

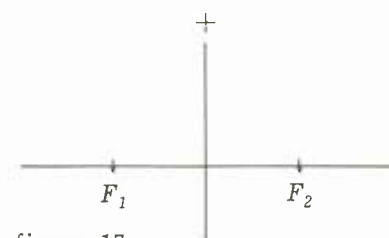
Uit de afstand van de lens tot het voorwerp en de brandpuntsafstand kun je berekenen hoever het filmpje van de lens moet staan.

Op dezelfde manier kun je bij een **diaprojektor** uit de afstand van de dia tot de lens en de brandpuntsafstand berekenen waar je het scherm moet neerzetten.



figuur 16

Als een evenwijdige bundel invalt op een bolle lens, komen alle stralen samen in het **brandpunt** van de lens. Omdat je het licht ook van de andere kant kunt laten invallen, heeft elke lens twee brandpunten (fig. 17).



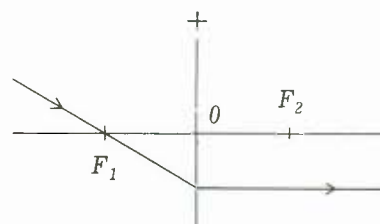
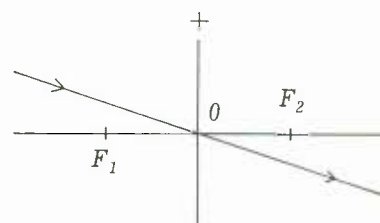
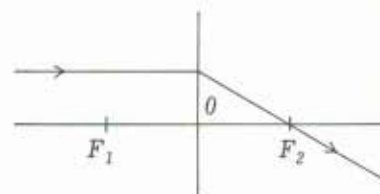
figuur 17

De afstand van het midden van de lens tot het brandpunt heet de **brandpuntsafstand**, van het voorwerp tot de lens de **voorwerpsafstand**, van het beeld tot de lens de **beeldsafstand**.

De sterkte van de lens is $\frac{1}{\text{brandpuntsafstand}}$. ($S = \frac{1}{f}$).

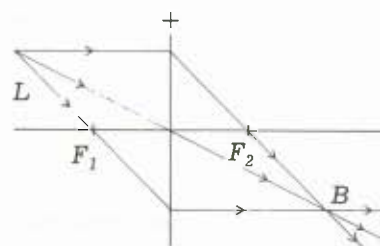
Als je f in meter zet krijg je de sterkte in **dioptrie**.

Met een lens kun je van een voorwerp een afbeelding maken. Om het beeld te konstrueren gebruik je de drie bijzondere konstruktiestralen. (Fig. 18).



figuur 18

Als je het beeld kunt projekteren op een scherm, heet het **reëel**. Als je het alleen in de lens kunt zien **virtueel**.



figuur 19 reëel beeld

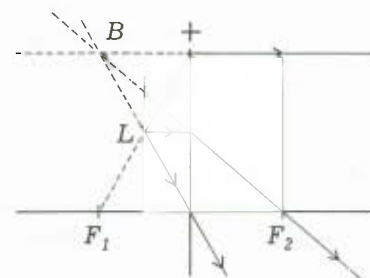
Het beeld zal in het algemeen niet even groot zijn als het voorwerp. We noemen $\frac{\text{de grootte van het beeld}}{\text{de grootte van het voorwerp}}$ de **vergroting** N .

Voor de vergroting kun je ook schrijven: $\frac{\text{beeldsafstand}}{\text{voorwerpsafstand}}$.

In formule $N = \left| \frac{b}{v} \right|$

Het verband tussen v , b en f wordt gegeven door de **lenzenformule**:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$



figuur 20 virtueel beeld

Vergrotingsapparaat (en diaprojektor)

Net zoals in een diaprojektor maak je met een **vergrotingsapparaat** (vergroter) afbeeldingen van eerder gemaakte kiekjes. In beide apparaten zit een positieve lens die voor de afbeelding zorgt.

Met een diaprojektor maak je een vergroot beeld van een dia (= een positief plaatje) op een scherm. De dia in de projektor is het voorwerp en op het scherm verschijnt het beeld.

De afstand van de **dia tot de lens** is de **voorwerpsafstand v** en de afstand van het **scherm tot de lens** is de **beeldafstand b**.

Een vergroter is eigenlijk een vertikaal hangende diaprojektor: je maakt een vergroot beeld van een 'negatief' op de grondplaat van de vergroter. Daarop leg je een stuk fotografisch papier, dat als het belicht is en daarna ontwikkeld (met vloeistoffen behandeld) een 'positief' (= foto) geeft.

De afstand van het **negatief tot de lens** is de **voorwerpsafstand v** en de afstand van de **lens tot de grondplaat** is de **beeldafstand b**.

In beide apparaten kun je de **vergroting** N_{lin} berekenen met de formule:

$$N_{\text{lin}} = \frac{b}{v}$$

Bouw van het oog

Het oog is eigenlijk een bijzonder soort fotokamera: Je beeldt er, met behulp van een lens, voorwerpen die je ziet verkleind mee af.

In een kamera worden de voorwerpen afgebeeld op een filmpje, waarvan na ontwikkeling 'positieve' dia's of 'negatieven' voor foto's ontstaan.

In je oog worden de voorwerpen afgebeeld op je netvlies, dat bedekt is met zintuigcellen die de waarneming vertalen naar je hersenen: je 'ziet' het voorwerp.

In beide gevallen zorgt een positieve lens voor de **bundeling** van de lichtstralen: de **convergerende** werking van de bolle lens.

De lichtstralen uit een punt van het voorwerp die op de lens vallen worden hierdoor gebundeld tot een punt van het beeld.

Met je oog en ook met een fotokamera kun je voorwerpen die zich op verschillende afstanden van de lens bevinden, scherp afbeelden.

Bij iedere scherpe afbeelding kun je met de lenzenformule:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \text{ de plaats van voorwerp en beeld berekenen.}$$

Omdat in het oog de beeldafstand lens-netvlies niet kan veranderen, heeft de ooglenzen de mogelijkheid tot **accommoderen** om voorwerpen op verschillende voorwerpsafstanden toch scherp te kunnen afbeelden: de ooglenzen kan boller of minder bol worden.

Het gevolg hiervan is dat de brandpuntsafstand f verandert (een bollere lens heeft een kleinere brandpuntsafstand), zodat een bv. dichterbij liggend voorwerp toch scherp op het netvlies wordt afgebeeld. Kijk

maar naar de lenzenformule: als b niet verandert blijft $\frac{1}{b}$ gelijk; als v kleiner wordt dan wordt $\frac{1}{v}$ groter; dus moet dan $\frac{1}{f}$ groter worden en dus f kleiner.

In een kamera is de plaats van de film niet te veranderen en heeft de lens een **vaste brandpuntsafstand f**. Om voorwerpen die op verschillende afstanden staan scherp af te beelden, kan de lens van een kamera (vaak) verschuiven: de beeldafstand verandert daardoor.

Kijk maar naar de lenzenformule: als f niet verandert blijft $\frac{1}{f}$ gelijk; als v groter wordt dan wordt $\frac{1}{v}$ kleiner; dus moet dan $\frac{1}{b}$ groter worden en dus b kleiner.

Oog en kamera hebben nog een andere mogelijkheid om voorwerpen scherp(er) af te beelden nl. het **diafragma**: een opening waarvan de grootte kan veranderen.

Een kleinere opening maakt de afbeelding scherper, een grotere opening maakt de afbeelding onscherper.

Bovendien wordt door het diafragma de **hoeveelheid licht** die op de lens valt geregeld.

In het oog is je iris het diafragma: dit werkt automatisch. Als je bv. in een lamp kijkt kun je daarna zien, dat je iris erg klein is geworden.

In een kamera wordt het diafragma of automatisch geregeld of met de hand ingesteld. In het laatste geval moet ook de zgn. **sluiter tijd** worden ingesteld: de tijd dat de sluiters open mag staan = de tijd dat er licht op het filmpje mag vallen.

Mooie foto's worden gemaakt door een goed op elkaar afgestemd gebruik van diafragma en sluitertijd.

T 2 Mechanika

Inleiding

In dit hoofdstuk vind je in het kort wat er staat in de blokken 2, 6, 15, 17, 18 en 19.

Het gaat daar over bewegingen, evenwicht, krachten en behoud van mechanische energie.

Blok 15, Blok 18: T 2: Soorten bewegingen

In de tabel hieronder zie je de grootheden en eenheden die bij bewegingen horen:

grootheid	symbool	eenheid
afgelegde weg op tijdstip t	s_t	m
tijd	t	s
snelheid op tijdstip t	v_t	m/s
beginsnelheid	v_0	m/s
versnelling	a	m/s ²

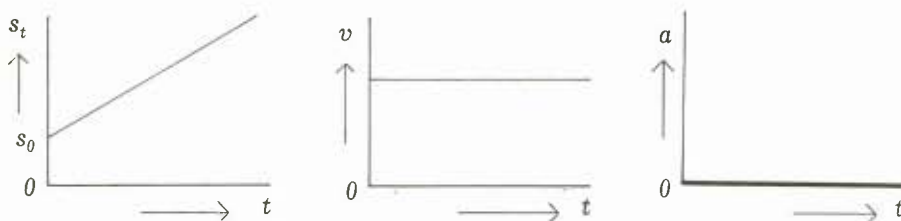
Je kent twee soorten bewegingen: de eenparig rechtlijnige beweging en de eenparig versnelde beweging.

Voor de **eenparig rechtlijnige beweging** geldt:

$$s_t = s_0 + v \cdot t$$

v is konstant en $a = 0 \text{ m/s}^2$

In fig. 21 zie je de diagrammen die bij de eenparig rechtlijnige beweging horen.



figuur 21

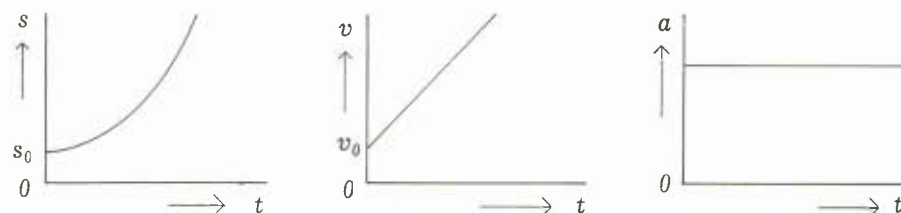
Voor de **eenparig versnelde beweging** geldt:

$$s_t = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$v_t = v_0 + a \cdot t$$

a is konstant.

In fig. 22 weer de bijbehorende diagrammen.



figuur 22

Als de beweging eenparig vertraagd is, moet je voor a een negatief getal nemen.

Je krijgt een versnelling als er op een voorwerp een kracht werkt. Het verband tussen de kracht op het voorwerp, de massa ervan en de versnelling is:

$$F = m \cdot a \quad (F \text{ in N, } m \text{ in kg, } a \text{ in m/s}^2).$$

Als er op een voorwerp meer dan één kracht werkt, moet je ze optellen om de totale kracht, de **resultante** te krijgen. Die resultante moet je gebruiken in de formule $F = m \cdot a$.

Blok 17, 18: Krachten en momenten

Een kracht kun je voorstellen door een vektor:

- de lengte van de vektor geeft de grootte van de kracht aan;
- de richting van de vektor geeft de richting van de kracht aan;
- het begin van de vektor geeft het aangrijpingspunt van de kracht aan.

Krachten ontbind je en tel je op met de parallelogramkonstruktie (zie fig. 23).

De definitie van het **moment van een kracht** is de grootte van de kracht maal de arm.

De **arm** is de afstand tussen het draaipunt en de werklijn van de kracht.

In formule: $M = F \cdot \text{arm}$ (M is het moment in Nm, F in N, arm in m). Het moment is positief als de kracht het voorwerp tegen de wijzers van de klok in draait. Het moment is negatief als de kracht het voorwerp met de wijzers van de klok meedraait.

Enkele voorbeelden van krachten zijn:

- **Zwaartekracht.** De grootte van de zwaartekracht is $F_z = m \cdot g$ ($g = 10 \text{ m/s}^2$, m in kg). Het aangrijpingspunt van de zwaartekracht heet het **zwaartepunt** of **massamiddelpunt**.
- **Veerkracht.** De grootte van de veerkracht is $F = C \cdot u$ (C is de veerconstante in N/m of N/cm en u is de uitrekking in m of cm).
- **Normaalkracht.** Dit is de kracht die een vlak uitoefent op een voorwerp dat erop rust.
- **Wrijvingskracht.** Deze kracht remt de beweging van een voorwerp af of verhindert dat een voorwerp gaat bewegen. De grootte van de wrijvingskracht ligt tussen 0 N en de maximale wrijvingskracht $F_{w, \max}$. Als het voorwerp net gaat bewegen, geldt: $F_w = F_{w, \max}$. Als het voorwerp beweegt, geldt weer: $F_w = F_{w, \max}$.

Blok 19: Arbeid, vermogen en energie

Als een kracht een voorwerp over een bepaalde afstand verplaatst, verricht die kracht **arbeid**.

De formule voor de arbeid is: $W = F_s \cdot s$ (W is de arbeid in J, F_s is de component van de kracht in de richting van de verplaatsing).

De definitie van **vermogen** is: de hoeveelheid omgezette energie of verrichte arbeid gedeeld door de tijd, waarin dat gebeurt.

In formule: $P = \frac{E}{t}$ of $P = \frac{W}{t}$ (P is het vermogen in J/s)

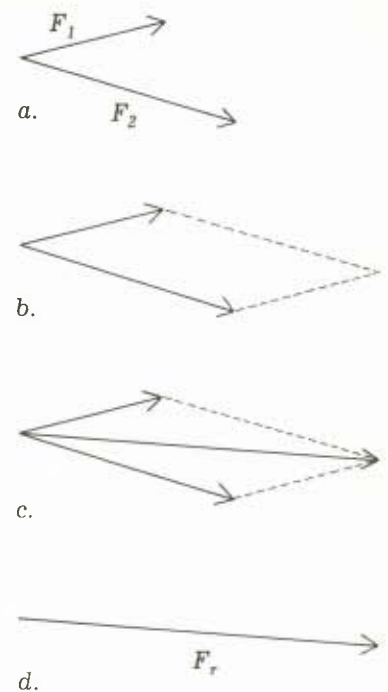
$$1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}.$$

Er zijn twee soorten **mechanische energie**:

1. **Kinetische energie.** Dit is bewegingsenergie. De kinetische energie van een voorwerp met massa m en snelheid v is:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (E_k \text{ is de kinetische energie in J, } m \text{ in kg, } v \text{ in m/s}).$$

2. **Potentiële energie.** Dit is de arbeid die een kracht op een voorwerp kan gaan verrichten. Bijvoorbeeld de arbeid die de zwaartekracht kan verrichten op een voorwerp boven de grond. Of de arbeid die een ingedrukte veer kan verrichten op een kogeltje dat ervoor ligt. In het geval van de zwaartekracht spreek je van zwaarte-energie.



figuur 23

De zwaarte-energie van een voorwerp met massa m en op hoogte h is:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \text{ (} E_p \text{ is de potentiële enerige in J, } g = 10 \text{ m/s}^2, h \text{ in m).}$$

Als er geen andere energiesoorten in het spel zijn, is de som van de kinetische en potentiële energie konstant.

$E_k + E_p$ is konstant of:

$$(E_k + E_p)_{\text{begin}} = (E_k + E_p)_{\text{eind}}.$$

Bij **evenwicht** geldt:

De som van alle momenten is 0 Nm.

Blok 25 Deel 1: Elektriciteit en magnetisme

T 3 Elektriciteit en magnetisme

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt herhaald wat je geleerd hebt over elektriciteit en magnetisme.

Bij elektriciteit gaat het over lading, spanning, stroom en weerstand. Je moet kunnen rekenen aan serie- en parallelschakelingen. Ook moet je weten wat kortsluiting en overbelasting is.

Bij magnetisme heb je verschillende magnetische velden gezien.

Je weet dat elektriciteit en magnetisme met elkaar te maken hebben.

Immers een stroomspoel heeft een magnetisch veld en een bewegende magneet voor een spoel geeft een spanning.

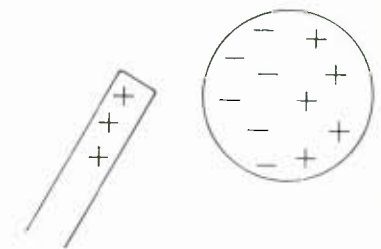
Je vindt dit alles in de blokken 5, 10, 12, 13, 16 en 22.

Blok 10: Elektrische verschijnselen

Er zijn twee soorten elektrische lading: positieve en negatieve lading.

Gelijke ladingen stoten elkaar af en ongelijke ladingen trekken elkaar aan. Lading kun je constateren met een elektroskoop.

Als je een geladen voorwerp bij een ongeladen geleider houdt, worden de positieve en de negatieve ladingen van elkaar gescheiden. We noemen dat **influentie**. (fig. 24).



figuur 24

Blok 12, T 1, T 4

Bewegende lading is **stroom**. Stroom gaat lopen als ergens een **spanning** of spanningsverschil over staat. Met een stroom kun je een stof chemisch ontleden. Dat heet **elektrolyse**.

Blok 22: T 1, 2: Weerstand; wet van Ohm

De weerstand van een apparaat is de spanning over dat apparaat gedeeld door de stroomsterkte door het apparaat.

In formule: $R = \frac{V}{I}$ (R in Ω , V in V, I in A).

De weerstand van een draad hangt af van de lengte (l) van de draad, de doorsnede A en het materiaal: $R = \rho \frac{l}{A}$ (ρ is de soortelijke weerstand

van het materiaal in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ of $\Omega \text{ m}$).

De soortelijke weerstand hangt af van de temperatuur van de draad (meestal neemt ρ en dus R toe als T toeneemt).

Blok 22: T 1, 2: Serie- en parallelschakeling

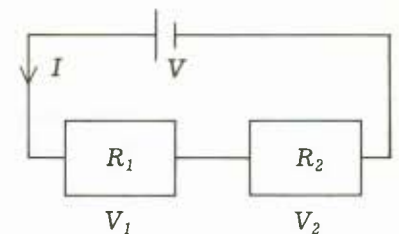
Hiernaast zie je een **serieschakeling** van twee apparaten met weerstand R_1 en R_2 (fig. 25).

Voor deze schakeling gelden de volgende formules:

$$V = V_1 + V_2;$$

$$I = I_1 = I_2;$$

$$R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2.$$



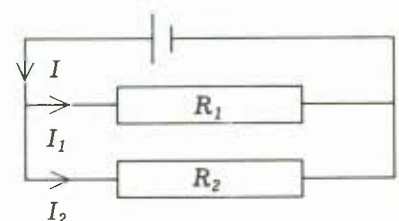
figuur 25

Voor de **parallelschakeling** hiernaast gelden de volgende formules:

$$V = V_1 = V_2;$$

$$I = I_1 + I_2;$$

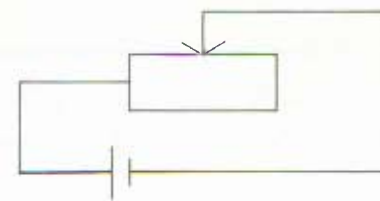
$$\frac{1}{R_{\text{totaal}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$



figuur 26

Blok 22: T 2: Spanningsdeling

Hiernaast zie je het schema van een regelbare weerstand. Door de schuif langs de draad te schuiven neemt de weerstand toe of af.

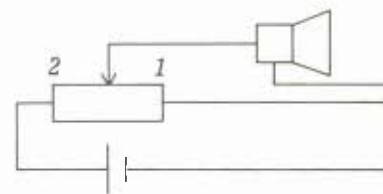


figuur 27

Een potentiometer werkt volgens ditzelfde principe.

In stand 1 is de spanning over het verbruikstoestel (hier een luidspreker) 0 V.

In stand 2 is de spanning over de luidspreker maximaal.



figuur 28

Blok 13: T 2, 3: Vermogen en energie

Het vermogen dat door een stroom geleverd wordt is:

$$P = V \cdot I \text{ (P is het vermogen in Watt, V in V, I in A).}$$

De ontwikkelde energie is dan:

$$E = P \cdot t = V \cdot I \cdot t$$

Omdat $1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$ is dus $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \Rightarrow 1 \text{ joule} = 1 \text{ Wattseconde}$

Een andere eenheid voor elektrische energie is de kilowattuur:

$$1 \text{ kWh} = 3.600.000 \text{ Joule.}$$

Blok 13: T4: Kortsluiting en overbelasting

Als ergens in een schakeling een directe verbinding ontstaat tussen de beide polen van de spanningsbron, spreek je van **kortsluiting**.

Als er niet een directe verbinding is, maar toch te veel stroom loopt, spreek je van **overbelasting**.

Een **zekering** of **smeltveiligheid** smelt door zodra er een te grote stroom door loopt. Daardoor bescherm je apparaten tegen een te grote stroom.

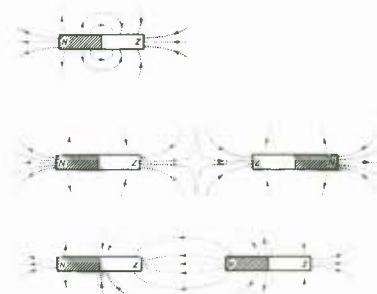
Blok 16: T 1, T 2: Magnetische verschijnselen

Een magneet heeft een noord- en een zuidpool. Gelijksnamige polen stoten elkaar af en ongelijksnamige polen trekken elkaar aan.

Rondom een magneet is een **magnetisch veld**.

Je kunt dat zichtbaar maken met ijzervijlsel.

In fig. 29 zie je voorbeelden van magnetische velden.

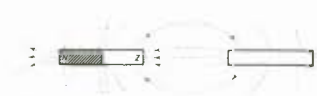


figuur 29

Door magnetische influentie wordt een stuk weekijzer magnetisch als er een magneet in de buurt is.

In fig. 30 is het veld getekend van een stuk weekijzer en een magneet.

De kant van het ijzer dat het dichtst bij de zuidpool van de magneet ligt wordt noordpool.



figuur 30

Blok 22: T 4: Elektromagnetische verschijnselen

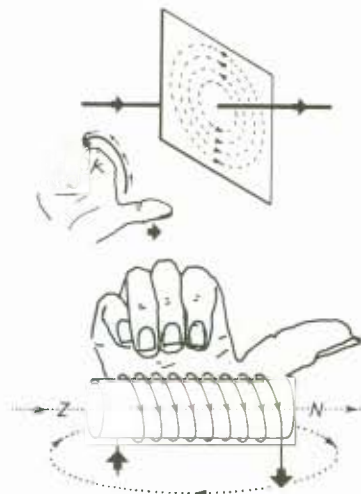
Er is verband tussen elektriciteit en magnetisme:

1. Een stroom door een draad of spoel veroorzaakt een magnetisch veld.
De richting daarvan bepaal je met de rechterhandregel. (fig. 31).

2. Als een magneet beweegt voor een spoel komt er een spanning over de spoel te staan. We noemen dat **inductie**.

Je kunt de opgewekte spanning vergroten door de magneet sneller te bewegen, een spoel met meer windingen te nemen, een sterkere magneet te nemen of een weekijzeren kern in de spoel te stoppen.

Een toepassing van inductie is de **dynamo**.



figuur 31

Een spoel waar een stroom door kan gaan lopen, heet een **elektromagneet**.

Je kunt de elektromagneet sterker maken door de stroom groter te maken, een even lange spoel met meer windingen te nemen en een weekijzeren kern in de spoel te stoppen.

Toepassingen van elektromagneten: Het **relais** en de bel of **interruptor**.

Een toepassing van 1. en 2. samen is de **transformator** (zie fig. 32).

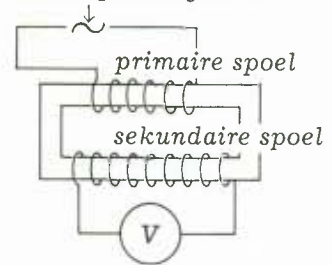
Voor de transformator gelden de volgende formules (s: secundair, p: primair):

$P_s = P_p$ (voor een ideale transformator) en daaruit volgt:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

wisselspanningsbron



figuur 32

Blok 25 Deel 1: Vast, vloeibaar en gas

T 4 Vast, vloeibaar en gas

Inleiding

Dit hoofdstuk gaat over de blokken 1, 3, 4, 8, 14, 20 en 21.

Het gaat in die blokken over gassen, vloeistoffen en vaste stoffen.

Elke stof bestaat uit molekulen. Je kunt allerlei verschijnselen begrijpen met de eigenschappen van die molekulen.

Blok 1: T 1: Voorwerps- en stoffeigenschappen

Eigenschappen waaraan je een bepaald voorwerp herkent noem je **voorwerpseigenschappen**.

Eigenschappen die horen bij de stof waarvan een voorwerp gemaakt is, noem je **stoffeigenschappen**.

Blok 20: T 4:

Een voorwerpseigenschap is de **warmtekapaciteit** van een voorwerp. Dat is het aantal Joule dat nodig is om dat voorwerp 1 Kelvin (= 1°C) in temperatuur te doen stijgen.

(symbool: k ; eenheid: $\frac{J}{K}$)

Een stoffeigenschap is de **soortelijke warmte**. Dat is het aantal Joule dat nodig is om 1 kg van die stof 1 K in temperatuur te doen stijgen.

(symbool: c_v ; eenheid: $\frac{J}{kg \cdot K}$)

Je berekent de warmte Q van een voorwerp dat ΔT in temperatuur stijgt als volgt:

$$Q = k \cdot \Delta T$$

De hoeveelheid warmte die nodig is om m kg van een stof ΔT in temperatuur te doen stijgen is:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Blok 3: T 1

De **dichtheid** van een stof is ook een stoffeigenschap. Het is de massa van een voorwerp gedeeld door het volume ervan:

$$\text{dichtheid} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Blok 20: T 2: Het molekuulmodel

Elke stof bestaat uit kleine deeltjes: molekulen. Ze hebben de volgende eigenschappen:

1. De molekulen hebben massa;
2. Er bevindt zich ruimte tussen de molekulen;
3. De molekulen bewegen en botsen;
4. Hoe sneller de molekulen bewegen, hoe hoger de temperatuur.
Bij het absolute nulpunt ($0 \text{ K} = -273^\circ\text{C}$) staan alle molekulen stil;
5. Op korte afstand trekken de molekulen elkaar aan. We noemen die aantrekking Vanderwaalskrachten.
Aantrekking tussen molekulen van dezelfde stof heet **kohesie**.
Aantrekking tussen molekulen van verschillende stoffen heet **adhesie**.

Met dit model begrijp je veel eigenschappen van een stof. Elke stof kan in drie **fasen** voorkomen: de vaste, de vloeibare of de gasvormige. Bij elk van die fasen horen enkele kenmerken:

Vast:

- de molekulen zitten in een rooster;
- hun onderlinge afstand is klein;
- bij hogere temperatuur trillen de molekulen harder en de stof zet uit;

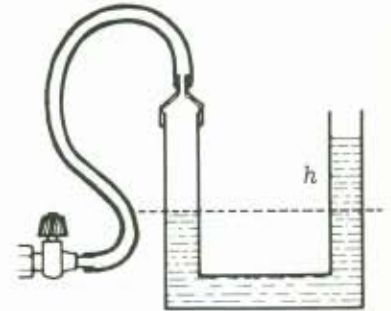
- Vloeibaar: - de molekulen bewegen vrij langs elkaar heen;
 - hun onderlinge afstand is groter dan in de vaste fase, maar nog vrij klein;
- Gas: - de molekulen bewegen vrij;
 - hun onderlinge afstand is groot, ze botsen tegen de wand en oefenen daardoor een druk uit op de wand.

Wetten bij vloeistoffen en gassen

Een belangrijke wet bij **vloeistoffen** is de **wet van Archimedes**: als je een voorwerp in een vloeistof houdt, oefent die vloeistof een opwaartse kracht er op uit, die gelijk is aan het gewicht van de hoeveelheid verplaatste vloeistof.

Een andere vloeistof-wet is de **hoofdwet van de hydrostatika**: op twee plaatsen even diep onder de vloeistofspiegel heerst dezelfde druk. Je berekent de druk van een kolom vloeistof door het gewicht van een even hoge kolom van die vloeistof met een doorsnede van 1 cm^2 te berekenen. Je krijgt dan de druk in $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$.

Met een manometer bepaal je de druk van een gas. De druk van het gas is gelijk aan de druk van de kolom vloeistof met hoogte h opgeteld bij de buitenluchtdruk (zie fig. 33).



figuur 33

Voor **gassen** heb je de volgende wetten geleerd:

De **wet van Boyle**: de druk maal het volume van een gas is konstant als de temperatuur en de hoeveelheid gas niet veranderen.

In formule: $p \cdot V = \text{konstant}$ als T en hoeveelheid gas konstant.

De **drukwet van Gay-Lussac**: de druk gedeeld door de temperatuur is konstant als het volume en de hoeveelheid gas niet veranderen.

In formule: $\frac{P}{T} = \text{konstant}$ als V en hoeveelheid gas konstant.

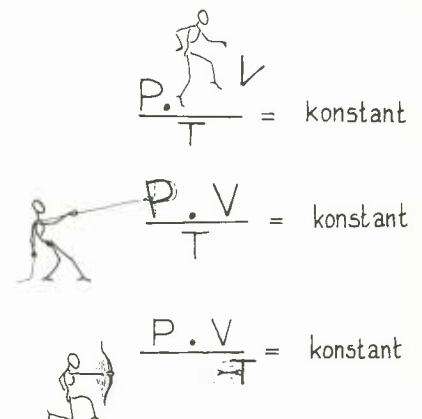
De **volumewet van Gay-Lussac**: het volume gedeeld door de temperatuur is konstant als de druk en de hoeveelheid gas niet veranderen.

In formule: $\frac{V}{T} = \text{konstant}$ als p en hoeveelheid gas konstant.

Je kunt ook de **algemene gaswet** gebruiken:

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}.$$

De andere gaswetten kun je hieruit afleiden (fig. 34).



figuur 34

Blok 20: T 1: Fase-overgangen en warmte

Hiernaast zie je een overzicht van de fase-overgangen en hun namen.

Bij fase-overgangen komt warmte vrij of er is warmte voor nodig.

De **smeltwarmte/stollingswarmte** van een stof is het aantal Joule dat nodig is/vrij komt om 1 kg van die stof te laten smelten/stollen.

(eenheid: $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$)

De **verdampingswarmte/kondensatiewarmte** is het aantal Joule dat nodig is/vrij komt om 1 kg van een stof te laten verdampen/kondenseren.

(Eenheid: $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$)



figuur 35

Je berekent de warmte Q die bij de fase-overgang nodig is of vrij komt met de volgende formules:

$Q = \text{verdampingswarmte} \cdot \text{massa}$

$Q = \text{kondensatiewarmte} \cdot \text{massa}$

$Q = \text{smeltwarmte} \cdot \text{massa}$

$Q = \text{stollingswarmte} \cdot \text{massa}$

Er geldt: smeltwarmte = stollingswarmte en verdampingswarmte = kondensatiewarmte.

Blok 20: T 3: **Verdampen en koken**

Verdamping kun je op drie manieren bevorderen:

- de oppervlakte vergroten;
- de lucht boven de vloeistof verversen;
- de druk boven de vloeistof verlagen.

Als een vloeistof in een afgesloten vat zit, bevindt zich boven de vloeistof een damp. Zolang er nog vloeistof verdampt is de damp **onverzadigd**. Als er net zo veel molekulen de vloeistof uit gaan als er door botsingen weer ingaan, is de damp **verzadigd**.

De druk die de damp dan uitoefent, heet de **verzadigingsdruk**.

Hoe hoger de temperatuur, hoe meer vloeistof er kan verdampen, hoe hoger de verzadigingsdruk.

Als de temperatuur in een vloeistof zo hoog is dat overal door de vloeistof heen verdamping plaats vindt, zeggen we dat de vloeistof kookt.

De temperatuur waarbij dat gebeurt, heet het kookpunt.

De verzadigingsdruk in de bellen is dan even groot als de druk boven de vloeistof.

Bij een hogere druk ligt het kookpunt hoger.

Blok 25 Deel 1: Geluid

T 5 Geluid (aanvulling)

Geluid/geluidssterkte

Geluid ontstaat door trillingen, die door een medium (bv. lucht) worden getransporteerd: daardoor wordt je trommelvlies in trilling gebracht en kun je het geluid horen.

De geluidstrillingen worden met een bepaalde snelheid, de

geluidssnelheid, getransporteerd. Deze is in normale lucht:

$v_{\text{geluid}} = 340 \text{ m/s}$. De afstand die door geluid wordt afgelegd is te

berekenen met: $s = v_{\text{geluid}} \cdot t$.

Geluid kan verschillend van sterkte zijn; de **geluidssterkte** (aangeduid met het symbool L_p) wordt gemeten in dB (decibel) met een dB-meter.

Geluidsoverlast/pijngrens

Om effecten van geluidsoverlast van bv. het verkeer te beperken wordt tegenwoordig veel aandacht besteed aan geluidsisolatie: het plaatsen van geluidsschermen, geluidswallen en dubbele beglazing zijn daarvan voorbeelden.

Ook in de industrie wordt veel aandacht besteed aan de effecten van geluidsoverlast. De schadelijke gevolgen van langdurig blootstaan aan hoge geluidssterktes zijn te ernstig om dit niet te doen.

Geluidssterktes lopen voor de mens van 0 dB (absolute stilte) tot 140 dB (pijngrens). Hogere geluidssterktes zijn niet meer zonder absoluut schadelijke gevolgen waar te nemen.

Trillingen

(Geluids-)trillingen hebben bepaalde karakteristieke eigenschappen:

- een trilling heeft een bepaalde **trillingstijd T** (gemeten in sekonde)
- een trilling heeft een bepaalde „sterkte”: de **amplitudo A** (gemeten in m of cm)
- het aantal trillingen/sekonde: de **frequentie f** (in Hz)

Een **geluidsbron** (stembanden, luidspreker enz.) bestaat meestal uit een trillend voorwerp dat lucht in beweging brengt. Hierdoor ontstaan in de lucht afwisselend gebiedjes met hoge en lage luchtdruk. De tijd die de bron nodig heeft om één lagedrukgebiedje en één hogedrukgebiedje uit te zenden, noemen we de trillingstijd.

Rekenvoorbeeld: als de trillingstijd 0,01 s is, dan zal het aantal trillingen per sekonde (of de frequentie) 100 zijn.

De relatie tussen trillingstijd en frequentie is dus: $f = \frac{1}{T}$

Een **hoge toon** heeft een **hoge frequentie** (en dus een korte trillingstijd); een **lage toon** heeft een **lage frequentie** (en dus een grote trillingstijd).

Het menselijk oor heeft een gemiddeld frequentiebereik van 20 Hz tot 20 kHz.

Trillingen kunnen zichtbaar worden gemaakt met een **oscilloscoop**:

De **trillingstijd** kun je aflezen op de **x-as**: de afstand tussen 2 „sinussen” geeft de trillingstijd. Bij hoge frequenties liggen de trillingen dicht bij elkaar op het scherm, bij lage frequenties liggen ze ver uit elkaar.

Geluidssterktes kun je aflezen op de **y-as** van het scherm: de hoogte van de „sinus”, de amplitudo, is een maat voor de geluidssterkte. Een hard geluid zal een grote amplitudo te zien geven.

Resonantie

Het spontaan gaan meetrillen van voorwerpen met het een of ander geluid noemen we **resonantie**: de frequentie van het uitgezonden geluid „past” bij de frequentie van het geluid dat het voorwerp zelf kan produceren.

Denk bv. aan het tikken tegen een wijnglas, zodat het een toon voortbrengt. Wordt van buitenaf die toon gemaakt, dan zal het wijnglas gaan meetrillen (resoneren). De amplitudo van het geluid bepaalt of het glas op een bepaald moment kapot zal springen.

(Snaar-)muziekinstrumenten

Snaarinstrumenten (gitaar, banjo, viool, piano enz.) brengen geluid voort doordat de **snaren** op een of andere manier in **trilling** worden gebracht: door aanslaan, tokkelen of er langs strijken.

Bij al deze instrumenten is goed te horen dat het voortgebrachte geluid afhangt van de snaren: vooral de **snaarspanning** en de **snaarlengte** spelen daarbij een belangrijke rol.

Een **strak** gespannen snaar zal een **hoger** geluid geven dan dezelfde los gespannen snaar.

Een **lange** snaar zal een **lager** geluid geven dan eenzelfde kortere snaar. Dit is bv. goed te zien in een piano.

Een dikke (zwaardere) snaar zal bovendien een lagere toon geven dan een dunne (lichtere) snaar van dezelfde lengte en spanning.

Kracht	Blok 2: pag. 2, 7; Blok 16: pag. 13
Massa	Blok 1: pag. 5, 8
Massamiddelpunt	Blok 17: T 1
Maximale wrijvingskracht	Blok 18: T 1
Mechanische energie, behoud van	Blok 18: T 3
Moment(enwet)	Blok 17: T 3
Normaalkracht	Blok 18: T 1
Ontbinden van een kracht	Blok 17: T 2
Parallellogramkonstruktie	Blok 17: P 2
Potentiële energie	Blok 18: T 2
Resultante	Blok 17: P 2
Samenstellen van krachten	Blok 17: P 2, T 2
Snelheid	Blok 15: pag. 2, 14
Snelheid, gemiddelde	Blok 15: pag. 1, 14
Tijd	Blok 1: pag. 7
Tijdtikker	Blok 15: pag. 3
Unster	Blok 2: pag. 3
Valbeweging	Blok 15: pag. 10
Veerkonstante	Blok 2: pag. 9
Vektor	Blok 17: P 1, T 1
Vermogen	Blok 18: T 1
Versnelling	Blok 15: pag. 12
Vertraging	Blok 15: pag. 18
Werklijn	Blok 17: T 3
Wrijving(skracht)	Blok 18: P 1, T 1
Zwaarte-energie	Blok 6: pag. 3; Blok 18: T 2
Zwaartekracht	Blok 17: T 1
Zwaartepunt	Blok 17: T 1

L 3 Elektriciteit en magnetisme

Akku	Blok 12: pag. 10
Ampere	Blok 5: pag. 4, 12
Amperemeter	Blok 5: pag. 4, 12
Batterij	Blok 12: pag. 2, 10
Bimetaal	Blok 14: pag. 35
Dynamo	Blok 22: T 4
Elektrische energie	Blok 13: pag. 8
Elektrolyse	Blok 11: pag. 13
Elektromagneet	Blok 16: pag. 14
Elektromagnetisme	Blok 16: T 3
Elektroskoop	Blok 11: pag. 4, 9
Geleider	Blok 11: pag. 10
Induktie	Blok 22: T 4
Influentie, elektrische	Blok 11: pag. 5, 10
Influentie, magnetische	Blok 16: pag. 12
Interruptor	Blok 16: pag. 8, 16
Isolator	Blok 11: pag. 10
Joule, wet van	Blok 13: pag. 6
Kilowattuur	Blok 13: pag. 6
Kortsluiting	Blok 13: pag. 10
Kurketrekkerregel	Blok 22: T 3
Lading	Blok 11: pag. 2, 9
Magneet	Blok 16: pag. 1, 9
Magnetisch veld bij een spoel	Blok 16: pag. 14
Magnetisch veld bij een stroomdraad	Blok 16: pag. 13
Negatieve lading	Blok 11: pag. 9
Ohm, wet van	Blok 12: pag. 11
Overbelasting	Blok 13: pag. 9
Parallelschakeling	Blok 12: pag. 12
Polen van een magneet	Blok 16: pag. 1, 10
Positieve lading	Blok 11: pag. 9
Potentiometer	Blok 22: T 3
Relais	Blok 16: pag. 8, 15
Rechterhandregel	Blok 16: pag. 13
R_v	Blok 12: pag. 12
Schakelschema	Blok 5: pag. 6, 12

Schuifweerstand	Blok 22: P 2
Serieschakeling	Blok 12: pag. 12
Smeltveiligheid	Blok 13: pag. 10
Soortelijke weerstand	Blok 22: T 2
Spanning	Blok 12: pag. 10
Spanningsbron	Blok 12: pag. 10
Spanningsdeler	Blok 22: P 3, T 3
Spanningsverschil	Blok 12: pag. 10
Spoel	Blok 16: pag. 14
Stroomkring	Blok 5: pag. 11
Stroomsterkte	Blok 5: pag. 12
Transformator	Blok 22: T 4
Veld	Blok 16: pag. 3, 11
Veldlijn	Blok 16: pag. 11
Vermogen, elektrisch	Blok 13: pag. 2, 6, 7
Volt	Blok 12: pag. 10
Voltmeter	Blok 12: pag. 10
Wattseconde	Blok 13: pag. 6
Weekijzer	Blok 16: pag. 14
Weerstand	Blok 12: pag. 4, 6, 11
Wisselspanning	Blok 22: P 4
Zekering	Blok 13: pag. 10

L 4 Vast, vloeibaar en vast

Absolute nulpunt	Blok 14: pag. 12; Blok 20: T 2
Absolute temperatuur	Blok 14: pag. 12
Absorptie	Blok 14: pag. 16
Adhesie	Blok 20: P 2, T 2
Aggregatietoestand	Blok 20: T 1
Algemene gaswet	Blok 21: T 4
Archimedes, wet van	Blok 4: pag. 5, 7
Boyle, wet van	Blok 21: P 3, T 3
Brownbeweging	Blok 8: pag. 3, 6
Damp	Blok 20: T 3
Dampspanning	Blok 20: T 3
Dichtheid	Blok 3: pag. 4
Diffusie	Blok 8: pag. 5
Dompelaar	Blok 14: pag. 9
Druk	Blok 21: T 1
Energie, wet van behoud van	Blok 6: pag. 6, 9
Fase(-overgang)	Blok 20: T 1, T 2
Franklin, proef van	Blok 20: P 3, T 3
Gasmodel	Blok 8: T 1, T 3
Gasvormige fase	Blok 20: T 2
Gay-Lussac, wet van	Blok 21: P 3, T 3
Geleiding	Blok 14: pag. 3, 13
's Gravezande, proef van	Blok 1: pag. 4
Hydrostatika, hoofdwet van	Blok 21: T 2
Joulemeter	Blok 14: pag. 9
Kelvin	Blok 14: pag. 12
Kohesie	Blok 20: P 2, T 2
Koken	Blok 20: P 3, T 3
Kookpunt	Blok 20: T 3
Kondensatie(warmte)	Blok 20: T 4
Luchtdruk	Blok 21: T 2
Manometer	Blok 21: T 2
Molekulen	Blok 8: pag. 5; Blok 20: T 2
Onverzadigde damp	Blok 20: T 3
Opwaartse kracht	Blok 4: pag. 2, 7
Pascal, wet van	Blok 21: T 2
Reflektie	Blok 14: pag. 15
Smeltpunt	Blok 20: T 1
Smeltwarmte	Blok 20: P 3, T 4
Soortelijke massa	Blok 3: pag. 4
Stofeigenschappen	Blok 1: pag. 2, 6
Stolling(swarmte)	Blok 20: T 1, T 4
Straling	Blok 14: pag. 7, 15

Stroming	Blok 14: pag. 6, 14
Sublimeren	Blok 10: T 1
Temperatuur	Blok 14: pag. 12
Thermometer	Blok 14: pag. 1, 12
Thermosfles	Blok 14: pag. 15
Tyndall, proef van	Blok 20: P 2
Uitzetting	Blok 1: pag. 4; Blok 20: P 2, T 2
Vanderwaalskracht	Blok 20: T 2
Vaste fase	Blok 20: T 2
Verdamping	Blok 20: T 3
Verzadigde damp	Blok 20: T 3
Vloeistoffase	Blok 20: T 2
Vluchtige vloeistof	Blok 20: T 1
Volume	Blok 1: pag. 3
Volumewet van Gay-Lussac	Blok 21: P 3, T 3
Voorwerpseigenschappen	Blok 1: pag. 1, 6
Warmte en temperatuur	Blok 14: T 1
Warmtecapaciteit	Blok 14: pag. 16
Zinken, zweven en drijven	Blok 4: T 1

Blok 25 Deel 3: Opgaven en antwoorden

W 1 Optika

1

Van een dia van 4 bij 4 cm projekteert men met behulp van een diaprojektor een scherp beeld op het scherm.

Het beeld van de dia vult precies het gehele scherm.

De lineaire vergroting is 25.

De brandpuntsafstand van de lens is 10 cm.

- bereken de afmetingen van het scherm
- bereken de afstand tussen de dia en de lens als gegeven is dat het scherm 260 cm van de lens staat.

Men plaatst nu een dia van 2 bij 2 cm in de projektor en wijzigt verder niets aan de opstelling.

- beredeneer of het beeld op het scherm wel of niet scherp is.
- beredeneer welk deel van de oppervlakte van het scherm door het beeld is gevuld.

Men wil van de dia van 2 bij 2 cm een beeld projekteren dat het hele scherm vult. Daartoe verschuift men het scherm en de lens.

- hoe groot is in deze nieuwe situatie de vergroting.

2

In de figuur 2.1. zijn het lichtend voorwerp LL', het door de lens gevormde beeld BB' en de hoofdas van deze lens getekend.

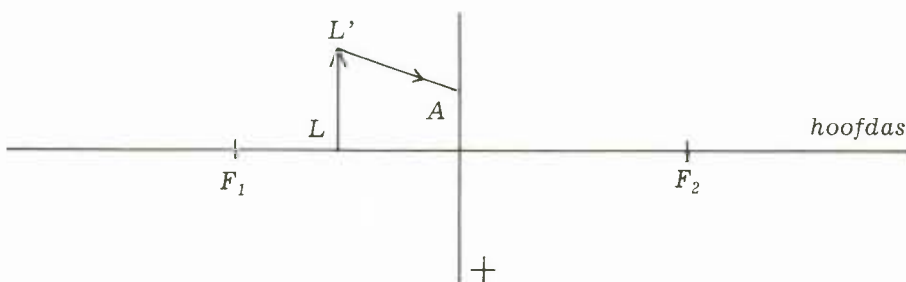


figuur 2.1.

- teken de figuur over en konstrueer in de tekening de plaats van de lens.
- bepaal in de situatie van figuur 2.1. de lineaire vergroting.

In figuur 2.2. staat het voorwerp LL' voor een andere bolle lens.

- konstrueer in deze figuur het verdere verloop van de reeds getekende lichtstraal L'A.

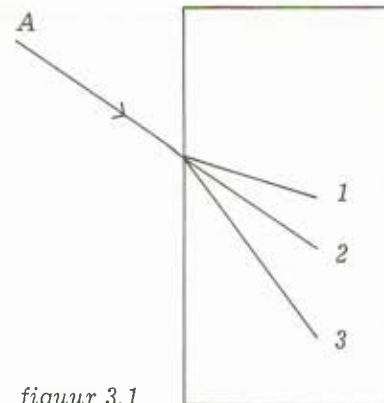


figuur 2.2

3

Een lichtstraal A valt vanuit lucht op het linkerzijvlak van een rechthoekig blok glas, zie figuur 3.1.
Van de drie gestippelde lijnen in figuur 3.1 geeft één lijn de juiste loop van deze lichtstraal in het glas weer.
Neem figuur 3.1. over.

- kies van deze drie lijnen de juiste en teken deze in figuur 3.1. als een getrokken lijn.
Trek deze lijn dan door tot het rechterzijvlak van het blok.
- teken in figuur 3.1. hoe deze lichtstraal verder loopt na uittreding uit het rechterzijvlak.



figuur 3.1.

4

Iemand wil de lengte PQ van de gloeidraad van een lampje bepalen (zie figuur 4.1.). Hij maakt daarvoor gebruik van een lens, die een vergroot beeld van het lampje op een scherm geeft.
Op het scherm ontstaat een scherp beeld als de afstand van het scherm tot de lens 20 cm bedraagt en de afstand van de gloeidraad tot de lens 5 cm.

- bereken de brandpuntsafstand van de lens.
Het beeld van de gloeidraad PQ op het scherm blijkt een lengte van 8,4 cm te hebben.
- Bereken de lengte van de gloeidraad PQ.

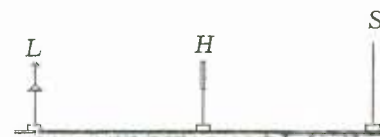


figuur 4.1

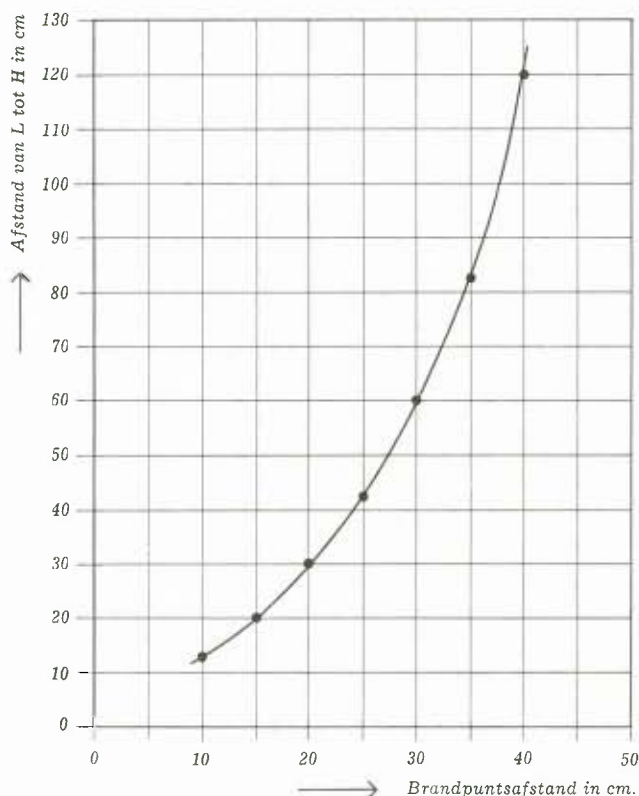
5

Op een optische bank wordt een lenshouder H geplaatst. Rechts van H wordt op een bepaalde afstand een scherm S neergezet, links van H een lichtend voorwerp L, zie figuur 5.1.

In de lenshouder H worden achtereenvolgens verschillende bolle lenzen gezet. Van deze lenzen is de brandpuntsafstand bekend. Bij elke lens wordt het voorwerp L zo verschoven dat hiervan een scherp beeld ontstaat op het scherm S. De afstand van L tot H wordt dan gemeten en met de bijbehorende brandpuntsafstand genoteerd.
Bij deze proeven blijven de lenshouder H en het scherm S op dezelfde plaats staan.
De resultaten van de proeven worden weergegeven in de volgende grafiek.



figuur 5.1



Men plaatst nu in de houder een lens met een sterkte van 8 dioptrie.

- hoe groot moet de afstand van het voorwerp L tot de lenshouder H zijn om een scherp beeld te krijgen op het scherm?
- bereken met behulp van één van de meetpunten uit de grafiek de afstand van de lenshouder H tot het scherm S.

W 2 Mechanika

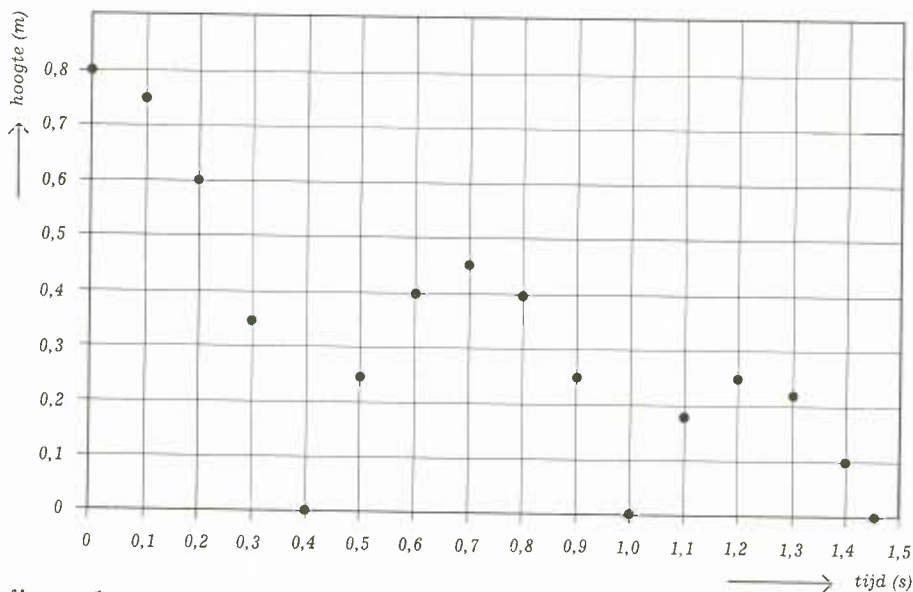
1

Men laat een bal van een hoogte van 0,8 m loodrecht naar beneden vallen. De luchtweerstand verwaarlozen we. Na 0,4 s bereikt de bal de grond.

- bereken de snelheid waarmee de bal de grond bereikt.

De bal stuit daarna telkens vertikaal omhoog.

Door energieverlies tijdens dit stuiten komt de bal steeds minder hoog. Elke 0,1 s heeft men de hoogte van de bal bepaald en de gegevens in onderstaand diagram verwerkt (zie figuur 1).



figuur 1

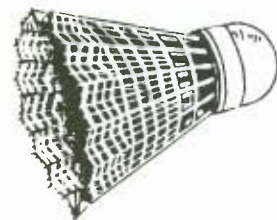
- beredeneer op welk tijdstip na $t = 0,4$ s de bal de grootste potentiële energie heeft.

Nadat de bal voor de eerste keer op de grond is terecht gekomen, stuit hij met een snelheid van 3 m/s omhoog ($t = 0,4$ s). De massa van de bal bedraagt 0,4 kg.

- bereken de kinetische energie waarmee de bal op het tijdstip $t = 0,4$ s de grond verlaat.
- bepaal hoeveel energie de bal verloor toen hij voor de eerste keer op de grond stuitte (op $t = 0,4$ s).

2

Een shuttle, waarmee men badminton speelt (zie figuur 2.1) ondervindt veel wrijving bij zijn beweging door de lucht.



figuur 2.1.

In figuur 2.2. is een deel van de baan getekend. In het punt P van de baan is de richting van de snelheid v aangegeven.

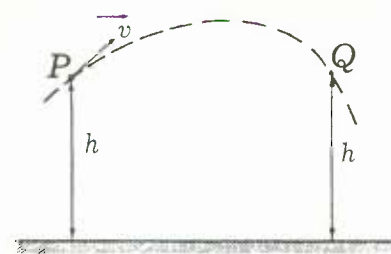
- a. Teken in figuur 2.2. de richting van de wrijvingskracht die in P op de shuttle werkt.

De grootte van de snelheid in het punt P is $6,0 \text{ m/s}$.

De hoogte h , waarop de shuttle zich bevindt is $4,0 \text{ m}$ boven de grond.

De massa van de shuttle bedraagt $5,0 \text{ gram}$.

- b.1. bereken de kinetische energie van de shuttle in P.
- b.2. bereken de potentiële energie van de shuttle in P ten opzichte van de grond.
- c.1. Is de potentiële energie in Q groter dan die in P, kleiner dan die in P of gelijk aan die in P? Licht het antwoord toe.
- c.2. Is de kinetische energie in Q groter dan die in P, kleiner dan die in P of gelijk aan die in P? Licht het antwoord toe.



figuur 2.2.

3

Een kist met een massa van 120 kg wordt opgehesen met behulp van een touw en een vaste katrol. Als de kist in 36 s vanaf de grond $7,2 \text{ m}$ opgehesen is, wordt het touw vastgezet (zie figuur 3.1.).

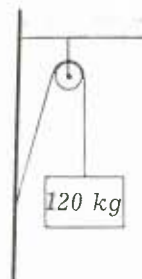
De wrijving van de katrol en de massa van het touw mogen verwaarloosd worden, evenals de luchtweerstand.

- a. bereken het vermogen dat nodig was om de kist op te hijsen. Direkt na het vastzetten breekt het touw.
- b. bereken hoeveel seconden na het breken van het touw de kist de grond raakt.
- c. bereken de kinetische energie die de kist heeft 1 s na het breken van het touw.

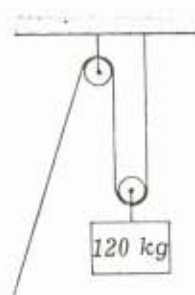
Om te voorkomen dat het touw weer breekt, wordt bij het opnieuw ophijzen een losse katrol gebruikt (zie figuur 3.2.).

De massa en de wrijving van deze katrol mogen verwaarloosd worden.

- d. hoeveel arbeid wordt nu verricht als de kist $7,2 \text{ m}$ opgehesen wordt?



figuur 3.1



figuur 3.2.

4

Op een horizontaal vlak ligt een blokje aluminium A van 5 cm lang, 5 cm breed en 3 cm hoog.

Op het blokje kan een horizontale kracht uitgeoefend worden door een draad die over een katrol loopt en met gewichtjes belast kan worden (zie figuur 4). De wrijving van de katrol en de massa van de draad zijn te verwaarlozen evenals de luchtweerstand.

De dichtheid van aluminium is 2400 kg/m^3 .

- a. bereken de massa van het blokje aluminium.

De maximale wrijvingskracht tussen het blokje en het vlak is $0,2 \text{ N}$.

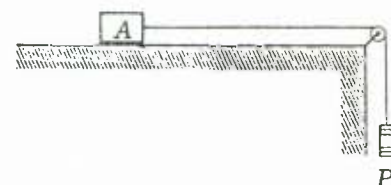
- b. als het blokje niet in beweging mag komen, hoe groot mag dan de totale massa van de gewichtjes hoogstens zijn?
Licht het antwoord toe.

Bij P worden zoveel gewichtjes gehangen dat het blokje een eenparig versnelde beweging krijgt met een versnelling van $0,5 \text{ m/s}^2$.

- c. bereken welke kracht de draad nu op het blokje A uitoefent.
- d. bereken de snelheid die het blokje A heeft als het een afstand heeft afgelegd van 1 m .

Als men in deze situatie op het blokje een gewichtje plaatst, wordt de versnelling kleiner.

- e. geef hiervoor een mogelijke verklaring.



Figuur 4

W 3 Elektriciteit en magnetisme

1

In de schakeling, weergegeven in figuur 1, zijn op de spanningsbron B aangesloten een weerstand R_1 ($10\ \Omega$), een lampje L_1 ($6\ \text{V}$, $12\ \text{W}$), een ampèremeter A en parallel met elkaar weerstand R_2 van $48\ \Omega$ en een lampje L_2 .

Het lampje L_2 behoort te branden op een spanning van $24\ \text{V}$.

De spanningsbron B levert een konstante spanning.

De weerstand van de verbindingsdraden en de ampèremeter is te verwaarlozen.

De lampjes L_1 en L_2 branden in deze schakeling op de juiste spanning.

- bereken de stroomsterkte die de ampèremeter aanwijst.
- bereken in deze situatie de weerstand van het lampje L_1 .
- bereken in deze situatie de weerstand van het lampje L_2 .
- bereken de spanning die de spanningsbron B levert.

2

Twee weerstanden zijn aangesloten op een spanningsbron volgens onderstaand schema (zie figuur 2).

Gegevens:

$$I_{\text{tot}} = 2,0\ \text{A}$$

$$I_2 = 0,5\ \text{A}$$

$$R_1 = 12\ \Omega$$

Bereken de grootte van R_2 .

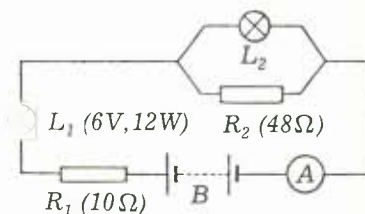
3

Een lampje ($6\ \text{V}$, $0,3\ \text{W}$) wordt aangesloten op een batterij. De batterij levert een konstante spanning van $9\ \text{V}$.

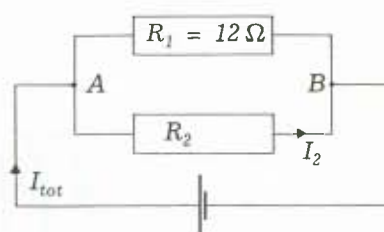
Met behulp van een bepaalde weerstand is het mogelijk de lamp op de juiste spanning te laten branden.

Kies uit de figuur 3.1 of figuur 3.2 het schema waarin deze weerstand op de juiste wijze is geschakeld.

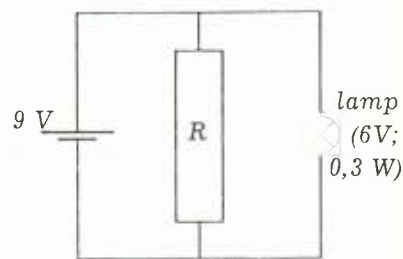
Licht het antwoord toe.



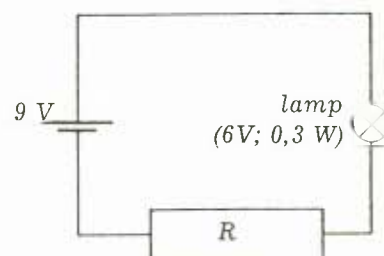
Figuur 1



figuur 2



figuur 3.1.



figuur 3.2

4

Een elektrische kachel is aangesloten op een spanning van $220\ \text{V}$.

De stroomsterkte in de gloeidraad bedraagt dan $5\ \text{A}$.

- bereken de weerstand van de gloeidraad.
- noem drie factoren waarvan de weerstand van een draad afhankelijk is.
- bereken het opgenomen vermogen door de gloeidraad.
- bereken hoeveel warmte in de gloeidraad wordt ontwikkeld in 5 minuten.

In de kachel bevindt zich ook een ventilator.

Het totale vermogen van de kachel (gloeidraad en ventilator samen) is $1200\ \text{W}$.

De prijs van $1\ \text{kWh}$ is f $0,25$.

- bereken de kosten aan elektriciteit als de kachel 5 uur aan staat.

5

Een spoel AB is aangesloten op een spanningsbron (zie figuur 5.1.).

De weerstand van de spoel is $10\ \Omega$.

De sterkte van de stroom door de spoel is 3 A.

De weerstand van de verbindingsdraden wordt verwaarloosd.

a. bereken het vermogen van de spanningsbron.

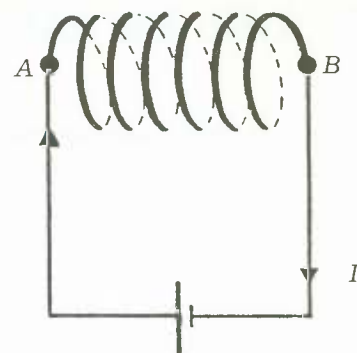
De draad van de spoel AB heeft een lengte van 5,0 m en een doorsnede van $0,2\ \text{mm}^2$.

We vervangen deze draad door een draad van hetzelfde materiaal met een lengte van 20,0 m en een doorsnede van $0,4\ \text{mm}^2$.

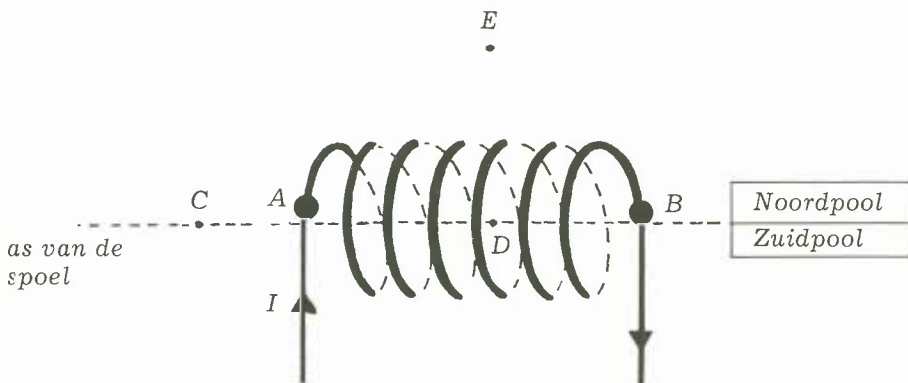
b. bereken de weerstand van de draad van deze nieuwe spoel.

In figuur 5.2 is de spoel nogmaals getekend.

De richting van de stroom is in de figuur aangegeven.



figuur 5.1.



figuur 5.2

c. Geef in de rechthoek aan de rechterkant van de spoel aan of zich hier de noordpool of de zuidpool bevindt.

In figuur 5.2 zijn de punten C, D en E aangegeven.

De punten C en D liggen op de as van de spoel. Punt E ligt recht boven de spoel. In de punten C, D en E plaatst men draaibare magneetnaalden.

In figuur 5.3 is zo'n magneetnaald getekend.



figuur 5.3

d. Teken in figuur 5.2 de stand van de magneetnaalden in de punten C, D en E.

Voor een van de uiteinden van een spoel draait een staafmagneet rond. Er is geen spanningsbron in de schakeling opgenomen (zie figuur 5.4).

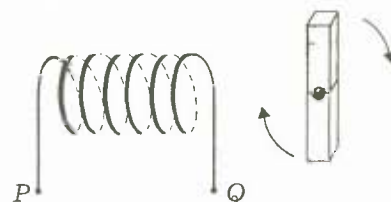
In de spoel ontstaat nu:

1. een gelijkspanning met gelijkstroom,
2. een gelijkspanning zonder gelijkstroom,
3. een wisselspanning met wisselstroom,
4. een wisselspanning zonder wisselstroom.

e.1. Welke van de bovenstaande vier beweringen is goed?

Licht de keuze toe.

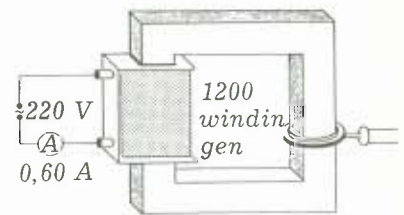
2. Noem drie manieren waarop men tussen de punten P en Q van deze spoel een grotere spanning kan krijgen.



figuur 5.4

Tijdens een demonstratieproef bouwt men een transformator. Deze transformator mag als een ideale transformator beschouwd worden. In de primaire stroomkring is een spoel met 1200 windingen opgenomen. Deze spoel is aangesloten op het lichtnet dat een spanning van 220 V heeft.

Als sekundaire spoel gebruikt men een ringvormig metalen bakje. In de goot van dit bakje bevindt zich een hoeveelheid water. De stroommeter die in de primaire kring is opgenomen wijst een stroomsterkte van 0,60 A aan (zie figuur 6).



figuur 6

- Leg uit dat een transformator op een wisselspanning en niet op een gelijkspanning moet zijn aangesloten om te kunnen werken.
- Bereken de sekundaire spanning.
- Bereken de elektrische stroomsterkte in het ringvormige bakje.
- Hoeveel warmte wordt in 1,5 minuut door de elektrische stroom in het ringvormige bakje ontwikkeld?

W 4 Vast, vloeibaar, gas

1

Iemand wil de dichtheid van vloeistoffen bepalen. Daarvoor gebruikt hij een glazen buis die verzwaard is met kogeltjes. Hij wil de buis van een schaalverdeling voorzien. Zie figuur 1.1.

Hij laat de buis voorzichtig in water zakken totdat de buis rechtstandig blijft drijven.

De dichtheid van water is $1,0 \text{ g/cm}^3$.

- welke krachten werken op de buis?
- bereken hoeveel cm de buis in het water is gezakt.

Hij zet nu een streep op de buis ter hoogte van de waterspiegel. Vervolgens laat hij de buis voorzichtig in alcohol zakken. De dichtheid van alcohol is $0,8 \text{ g/cm}^3$.

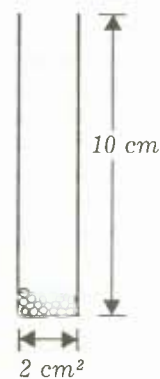
- beredeneer of de aangebrachte streep onder of boven de alcoholspiegel komt te staan.

Hij zet nu op de buis ook een streep ter hoogte van de alcoholspiegel. Om de schaalverdeling te voltooien herhaalt hij bovenstaande proeven in een aantal vloeistoffen met elk een andere dichtheid. Door het aanbrengen van deze schaalverdeling is het apparaat geijkt.

- leg uit dat dit apparaat niet geschikt is om te controleren of een vloeistof een dichtheid heeft van $0,7 \text{ g/cm}^3$.

Hij neemt nu een even lange buis met een grotere doorsnede dan 2 cm^2 . Met behulp van kogeltjes zorgt hij ervoor dat de totale massa opnieuw 14,4 gram is. Met de tweede buis worden dezelfde proeven als hierboven uitgevoerd.

- leg uit dat de afstanden tussen de strepen op de tweede buis kleiner zijn dan de overeenkomstige strepen op de eerste buis.



De massa van de buis met zijn inhoud is 14,4 gram.

figuur 1.1.

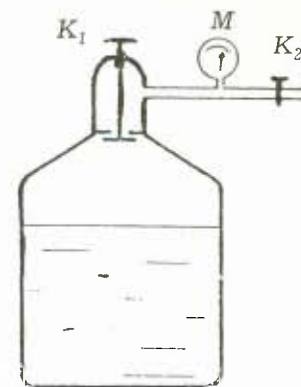
2

In figuur 2.1 is schematisch een gasfles met toebehoren getekend. 75% van het volume van de fles bevat vloeibaar propaan. Daarboven bevindt zich gasvorming propaan.

- noem twee manieren waarop men een gas vloeibaar kan maken. Nadat de gasfles enige tijd gebruikt is, is het vloeistofvolume verminderd tot 30% van het volume van de fles.
- leg uit of de damp boven de vloeistof nu verzadigd of onverzadigd is.

Iemand wil weten hoe de druk van het gas verandert bij verandering van de temperatuur. Met behulp van manometer M vindt hij bij verwarmen van de fles de volgende resultaten:

temperatuur (K)	265	275	285	295	305
druk (10^5 Pa)	3,5	4,8	6,1	8,5	11,0



K_1 en K_2 zijn afsluitkranen
 M is een metaalmanometer die de druk binnen de fles meet als K_1 open en K_2 gesloten is.

figuur 2.1

- teken met behulp van de bovenstaande gegevens de grafiek die in deze situatie het verband tussen druk en temperatuur geeft.
- toon met behulp van de grafiek of de gegevens uit de tabel aan dat de spanningswet van Gay-Lussac bij deze proef niet geldt.

Na lang gebruik is geen vloeistof meer in de fles aanwezig. De temperatuur is dan 285 K en de druk van het gas bedraagt $5,7 \cdot 10^5$ Pa. De gasfles wordt nu in de zon gezet. Daardoor stijgt de temperatuur van het propaan tot 345 K. De gasfles is getest op een maximaal toelaatbare druk van $30 \cdot 10^5$ Pa.

- Leg uit of er ontplofingsgevaar bestaat.

3

Een leeg jampotje (A) wordt luchtdicht afgesloten. In het jampotje bevindt zich nu $0,50 \text{ dm}^3$ lucht met een temperatuur van 300 K en een druk van 10 N/cm^2 .

In eenzelfde jampotje B wordt eerst $0,18 \text{ dm}^3$ water van 300 K gedaan vóór het luchtdicht wordt afgesloten.

In dit potje bevindt zich dus $0,32 \text{ dm}^3$ lucht met een temperatuur van 300 K en een druk van 10 N/cm^2 . Zie figuur 3.1.

Beide potjes worden in het vriesvak van een koelkast gezet. Na verloop van tijd is de temperatuur van beide gedaald tot 270 K. De volumeverandering van de potjes kan worden verwaarloosd.

- bereken de druk die de lucht in potje A nu heeft.

Het water in potje B is bevroren. Het volume van het gevormde ijs is $0,20 \text{ dm}^3$.

- bereken de dichtheid van het ijs als gegeven is dat de dichtheid van water $1,0 \text{ kg/dm}^3$ is.
- bereken de druk die de lucht in potje B nu heeft. Met de aanwezige waterdamp hoeft geen rekening te worden gehouden.
- bereken met behulp van onderstaande gegevens hoeveel warmte aan potje B onttrokken is.

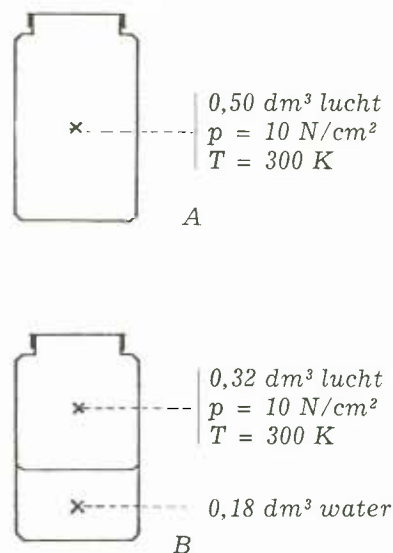
warmtecapaciteit van potje met deksel $150 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

soortelijke warmte van water $4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ($4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$)

soortelijke warmte van ijs $2,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ($2200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$)

smeltwarmte ijs $3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$ ($330.000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$)

De soortelijke warmte van lucht kan worden verwaarloosd.



figuur 3.1

4

Een bekerglas bevat een hoeveelheid water. De temperatuur van het geheel is 298 K.

Een stuk ijs met een massa van 64,4 g en een temperatuur van 273 K wordt voorzichtig in het bekerglas met water gelegd.

Het ijs drijft in het water.

- a. bereken hoeveel cm^3 ijs in het begin boven water uitsteekt.

Na enige tijd roeren blijkt de temperatuur van het water niet verder te dalen. Er is dan nog 9,4 g ijs over.

- b. verklaar dat de temperatuur in het bekerglas nu 273 K moet zijn.

- c. bereken hoeveel warmte door het smeltende ijs is opgenomen.

Als berekend wordt hoeveel warmte het water en het bekerglas hebben afgestaan, blijkt deze hoeveelheid warmte kleiner te zijn dan de uitkomst bij vraag c.

- d. licht toe dat dit verschil mede veroorzaakt is doordat op de buitenkant van het glas waterdamp is gekondenseerd.



figuur 5.1

5

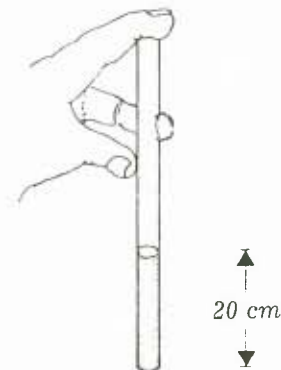
Een glazen buis staat in een bak met water (zie figuur 5.1). De buis is aan beide kanten open.

We sluiten de buis aan de bovenkant af en halen hem uit de bak. Er blijft een hoeveelheid water in de buis achter (zie figuur 5.2).

De lengte van de waterkolom is 20 cm.

De druk van de buitenlucht is 10 N/cm^2 .

1 cm^3 water weegt $0,01 \text{ N}$ (de dichtheid van water is $1,0 \text{ g/cm}^3$).



figuur 5.2

Bereken de druk van de afgesloten lucht in de buis.

Antwoorden W 1

1

- a. Gegeven: grootte voorwerp is 4 bij 4 cm.

$$N = 25; f = 10 \text{ cm.}$$

Gevraagd: grootte van het scherm = grootte van het beeld.

$$\text{Formule: } N = \frac{BB'}{LL'}$$

Invullen geeft: $25 = \frac{BB'}{4 \text{ bij } 4}$ (de afmetingen worden 25 keer zo groot).

Daaruit volgt dat de afmetingen van het scherm 100 bij 100 cm zijn.

- b. Gegeven: $b = 260 \text{ cm}$ (afstand lens-scherm)

$$f = 10 \text{ cm}$$

Gevraagd: v (de voorwerpsafstand)

$$\text{Formule: } \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \Rightarrow$$

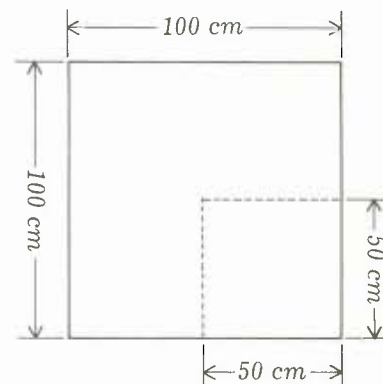
$$\text{Invullen geeft: } \frac{1}{10} = \frac{1}{v} + \frac{1}{260} \Rightarrow v = 10,4 \text{ cm}$$

c.1. Gegeven: grootte van het voorwerp wordt 2 bij 2 cm.
 f, b en v blijven gelijk. Ook de afstand lens-scherf.
 Gevraagd: is het beeld scherp?
 Het beeld is scherp als het scherm op beeldsafstand van de lens staat. Omdat f en v niet veranderd zijn, verandert b ook niet. Het scherm is op dezelfde afstand blijven staan. Het staat dus nog steeds op beeldsafstand van de lens. Het beeld is dus nog steeds scherp.

c.2. Gegeven: grootte van het voorwerp is 2 bij 2 cm.
 $N = 25$.

Gevraagd: bereken welk deel van 100 bij 100 cm wordt door het beeld gevuld?

De dia van 2 bij 2 cm wordt 25 keer vergroot.
 Het beeld is dan 50 bij 50 cm groot. Het scherm is 100 bij 100 cm.
 Er wordt dus $\frac{1}{4}$ -deel van het scherm gevuld door het beeld (zie tekening).



d. Gegeven: grootte van het voorwerp is 2 bij 2 cm .
 grootte van het beeld is 100 bij 100 cm.
 Gevraagd: N.

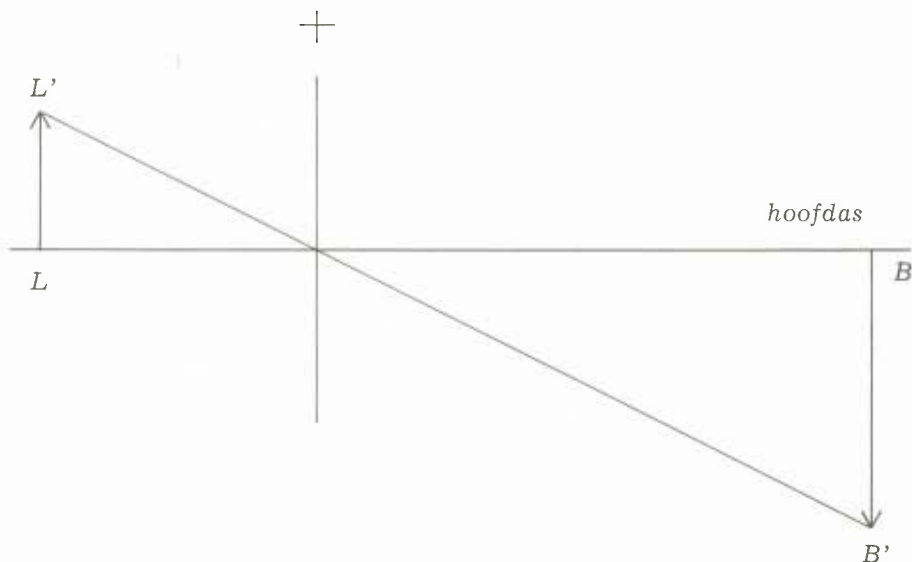
$$\text{Formule: } N = \frac{BB'}{LL'}$$

Invullen geeft: $N = \frac{100 \text{ bij } 100}{2 \text{ bij } 2}$.

Daaruit volgt dat $N = 50$.

2

a.



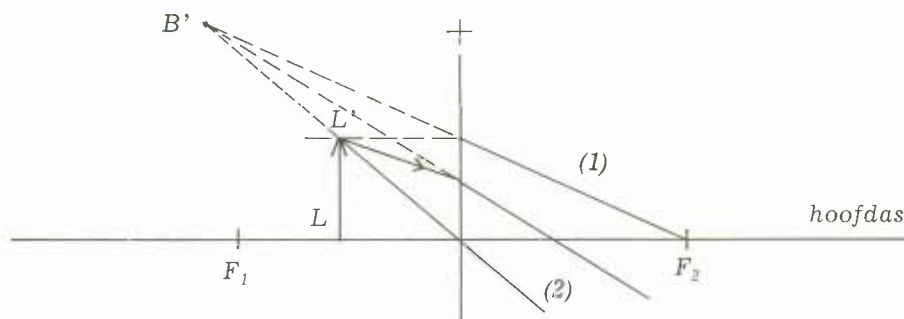
De konstruktiestraal door het optisch middelpunt loopt van L' ongebroken door naar B' en passeert ter hoogte van de hoofdas het optisch middelpunt.

Op het snijpunt van de verbindingslijn van L' naar B' met de hoofdas ligt dus het optisch middelpunt. Als je dat weet, heb je ook meteen de plaats van de lens.

b. Meet de grootte van het voorwerp: $LL' = 2 \text{ cm}$.
 Meet de grootte van het beeld: $BB' = 4 \text{ cm}$.

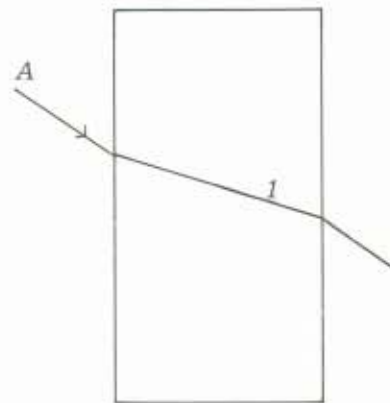
$$\text{De vergroting } N = \frac{BB'}{LL'} = \frac{4}{2} = 2.$$

- c. Deze lichtstraal behoort niet tot de drie bekende konstruktiestralen. Je zult hem dus moeten vinden door eerst de plaats van het beeld te bepalen. Als je B' gekonstrueerd hebt met de bekende konstruktiestralen, kun je de lichtstraal doortrekken naar B', want daar gaan alle lichtstralen vanuit L' doorheen.
- (1) valt evenwijdig aan de hoofdas in en loopt verder door F₂,
 (2) loopt door het optisch middelpunt.
- Omdat de uittredende stralen divergeren, moet je de stralen achter de lens doortrekken om B' te vinden.



3

- a. Van optisch ijl naar optisch dicht vindt breking plaats naar de normaal toe.
 Straal 1 is naar de normaal toe gebroken,
 straal 2 is helemaal niet gebroken en
 straal 3 is van de normaal af gebroken.
 Straal 1 is dus de juiste.
- b. Na breking door een ruit is de uittredende straal altijd evenwijdig aan de invallende. De juiste konstruktie is hiernaast getekend:



4

- a. Gegeven: $v = 5$ cm.
 $b = 20$ cm.
 Gevraagd: f .

$$\text{Formule: } \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}.$$

$$\text{Invullen geeft: } \frac{1}{f} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20}.$$

$$\text{Hieruit kun je } f \text{ oplossen: } \frac{1}{f} = \frac{4}{20} + \frac{1}{20} = \frac{5}{20}.$$

$$f \text{ is dus } \frac{20}{5} = 4 \text{ cm.}$$

- b. Gegeven: $f = 4$ cm.
 $b = 20$ cm.
 $v = 5$ cm.
 grootte van het beeld is 8,4 cm.
 Gevraagd: grootte van het voorwerp.

$$\text{Formules: } N = \frac{BB'}{LL'}, \text{ en } N = \left| \frac{b}{v} \right|$$

We berekenen uit b en v de vergroting N en vervolgens kunnen we LL' berekenen.

$$\text{Uit } N = \left| \frac{b}{v} \right| \text{ volgt } N = \frac{20}{5} = 4.$$

$$\text{Dit invullen in de andere formule geeft: } 4 = \frac{8,4}{LL'}.$$

$$\text{Daaruit volgt dat } LL' = 2,1 \text{ cm.}$$

5

- a. Gegeven: een v - f diagram. Bij elke v kun je de f aflezen en omgekeerd.
 Sterkte van de lens is 8 dioptrie.
 Gevraagd: v .

Het diagram geeft het verband tussen f en v .
 Als je f weet lees je de bijbehorende v af.
 f kun je berekenen uit de sterkte:

$$S = \frac{1}{f}.$$

$$\text{Invullen geeft: } 8 = \frac{1}{f}.$$

Daaruit volgt dat $f = 12,5 \text{ cm}$.

In de grafiek lees je bij $f = 12,5 \text{ cm}$ af $v = 16 \text{ cm}$.

- b. Gegeven: een v - f diagram.
 Gevraagd: b (de afstand van de lenshouder tot scherm).

$$\text{Formule: } \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}.$$

Neem een punt van de grafiek, bijvoorbeeld $f = 30 \text{ cm}$ en $v = 60 \text{ cm}$.

$$\text{Invullen geeft: } \frac{1}{30} = \frac{1}{60} + \frac{1}{b}.$$

$$\text{Hieruit kun je } b \text{ oplossen: } \frac{1}{b} = \frac{2}{60} - \frac{1}{60} = \frac{1}{60}.$$

Daaruit volgt dat $b = 60 \text{ cm}$.

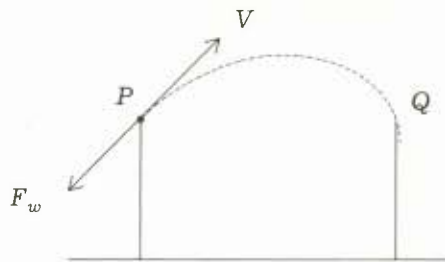
Antwoorden W 2

1

- a. Gegeven: $h = 0,8 \text{ m}$ en op $t = 0,4 \text{ s}$ is $s_t = 0,8 \text{ m}$.
 (hij heeft na $0,4 \text{ s}$ immers de grond bereikt).
 Gevraagd: v_t op $t = 0,4 \text{ s}$ (dan bereikt hij de grond).
 Formule: We hebben te maken met een eenparig versnelde beweging zonder beginsnelheid.
 $v_t = at$ (met $a = 10 \text{ m/s}^2$).
 Invullen: $v_t = 10 \cdot 0,4 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}^2$.
- b. Gegeven: een diagram van de hoogte tegen de tijd.
 Gevraagd: de grootste E_p na $t = 0,4 \text{ s}$.
 Formule/
 regel: $E_p = mgh$. Dus hoe hoger de bal, hoe groter de potentiële energie.
 Na $t = 0,4 \text{ s}$ wordt de grootste hoogte bereikt op $t = 0,7 \text{ s}$ en dan is dus E_p (na $t = 0,4 \text{ s}$) maximaal.
- c. Gegeven: $v = 3 \text{ m/s}$
 $m = 0,4 \text{ kg}$
 Gevraagd: E_k
 Formule: $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
 Invullen: $E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 3^2 = 1,8 \text{ J}$.
- d. Gevraagd: E_k (vóór de eerste keer stuiten) – E_k (na de eerste keer stuiten).
 Formule: $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$.
 Invullen: na de eerste keer stuiten is $v = 3 \text{ m/s}$,
 dus $E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 3^2 = 1,8 \text{ J}$.
 vóór de eerste keer stuiten is $v = 4 \text{ m/s}$,
 dus $E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 4^2 = 3,2 \text{ J}$.
 Het energieverval is dus $3,2 - 1,8 = 1,4 \text{ J}$.

2

a.



- b.1. Gegeven: $v = 6,0 \text{ m/s}$
 $h = 4,0 \text{ m.}$
 $m = 5,0 \text{ gram} = 0,005 \text{ kg.}$
 Gevraagd: $E_k.$
 Formule: $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
 Invullen: $E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,005 \cdot 6,0^2 = 0,090 \text{ J.}$

- b.2. Gevraagd: $E_p.$
 Formule: $E_p = m \cdot g \cdot h$
 Invullen: $E_p = 0,005 \cdot 10 \cdot 4,0 = 0,2 \text{ J.}$

- c.1 De potentiële energie $E_p = m \cdot g \cdot h$
 m , g en h zijn alle gelijk in P en in Q, dus de potentiële energie is in Q even groot als in P.
 c.2 De kinetische energie $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
 m is gelijk in P en in Q, maar de snelheid is in Q kleiner dan in P door de luchtweerstand.
 De kinetische energie is dus in Q kleiner dan in P.

3

- a. Gegeven: $m = 120 \text{ kg.}$
 $t = 36 \text{ s.}$
 $h = 7,2 \text{ m.}$
 Gevraagd: P (het vermogen).

Formule/ regel:

$$P = \frac{W}{t}$$

Je weet alleen t , dus moet je proberen W te weten te komen: $W = F \cdot s$

Uitwerking:

$$\left. \begin{array}{l} F = mg = 120 \cdot 10 \text{ N} = 1200 \text{ N.} \\ s = 7,2 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow W = 1200 \cdot 7,2 \text{ J} = 86400 \text{ J}$$

$$\left. \begin{array}{l} W = 86400 \text{ J} \\ t = 36 \text{ s} \end{array} \right\} \Rightarrow P = \frac{86400}{36} \text{ J/s} = 2400 \text{ W.}$$

- b. Gevraagd: t , waarbij $s_t = 7,2 \text{ m}$ (hij valt $7,2 \text{ m}$ naar beneden).
 Formule: $s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ (want het is een eenparig versnelde beweging).
 Invullen: $7,2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$ (want $v_0 = 0 \text{ m/s}$).
 Daaruit volgt dat $t = 1,2 \text{ s}$.
 c. Gevraagd: E_k na 1 s
 Formule: $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ m weten we, maar v niet. Om v te berekenen gebruik je $v_t = v_0 + at$.

Uitwerking: $v_0 = 0 \text{ m/s}$

$$a = 10 \text{ m/s}^2$$

$$t = 1 \text{ s}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_t = 0 + 10 \cdot 1 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s} \\ E_k = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 100 = 6.000 \text{ J} \end{array} \right\}$$

- d. Je kunt nu niet de arbeid berekenen als bij a. want je weet de kracht niet. Maar je weet wel, dat de arbeid gelijk is aan de toename van de potentiële energie van de kist
 Die potentiële energie is $E_p = m \cdot g \cdot h$
 Omdat m , g en h hetzelfde zijn als bij a. is de toename van de potentiële energie hetzelfde als bij a. dus ook 86400 J .

4

- a. Gegeven: afmetingen blokje lengte = 5 cm,
breedte = 5 cm,
hoogte = 3 cm.
dichtheid aluminium = 2400 kg/m³.
Gevraagd: massa.
Formule: massa = dichtheid · volume. De dichtheid weet je en het volume bereken je met:
Het volume van het blokje = lengte · breedte · hoogte.
Invullen: volume = 5 · 5 · 3 = 75 cm³ = 0,000075 m³
massa = 2400 · 0,000075 kg = 0,18 kg.
- b. De kracht die de gewichtjes uitoefenen mag dan niet groter zijn dan de maximale wrijvingskracht tussen het blokje en het vlak, dat is dus 0,2 N. Dat betekent dat het gewicht van de gewichtjes niet meer dan 0,2 N mag zijn. De massa mag dan niet meer dan 0,02 kg = 20 g bedragen.
- c. Gegeven: a = 0,5 m/s².
Gevraagd: F_{draad}
Formule: F = m · a
Invullen: F = 0,18 · 0,5 = 0,09 N.
Deze F bestaat uit de resultante van de kracht die de draad op A uitoefent en de maximale wrijvingskracht.
De maximale wrijvingskracht staat tegengesteld gericht aan de kracht van het draadje.
 $0,09 = F_{\text{draad}} - F_{\text{w, max}} \Leftrightarrow 0,09 = F_{\text{draad}} - 0,2 \Leftrightarrow F_{\text{draad}} = 0,29 \text{ N}.$
- d. Gevraagd: v_t als s_t = 1 m.
Formule: v_t = a · t
a weten we, maar t niet. t kun je berekenen uit s_t = ½ at² (v₀ = 0 m/s!)
Invullen: s_t = ½ · a · t² ⇔ 1 = ½ · 0,5 · t²
Daaruit volgt dat t = 2 s.
Maar dan: v_t = 0,5 · 2 = 1 m/s.
- e. Er wordt iets gevraagd over a.
De formule waarin a voorkomt is F = m · a.
Als a kleiner wordt betekent dat dat F kleiner wordt (de massa blijft gelijk).
F is de vektorsom van de kracht van de draad op A en de maximale wrijvingskracht.
De kracht van de draad op A is gelijk aan het gewicht van de gewichtjes bij P. Daar verandert niets aan.
Blijkbaar wordt dus de maximale wrijvingskracht groter.

Antwoorden W 3

1

- a. Gegeven: R₁ = 10 Ω
R₂ = 48 Ω
V_{L₁} = 6 V.
V_{L₂} = 24 V.
P_{L₁} = 12 W.
Gevraagd: I_{am}.
Je ziet in figuur 1 dat de stroomsterkte door de ampèremeter gelijk is aan de stroom door L₁. Die stroom kun je gemakkelijk berekenen want P en V zijn gegeven.
Formule: P_{L₁} = V_{L₁} · I_{L₁}
Invullen: 12 = 6 · I_{L₁}. Daaruit volgt dat I_{L₁} = 2 A.
Dus is ook I_{am} = 2 A.

b. Formule: $R_{L_1} = \frac{V_{L_1}}{I_{L_1}}$

Invullen: $R_{L_1} = \frac{6}{2} = 3 \Omega$

c. Formule: $R_{L_1} = \frac{V_{L_2}}{I_{L_2}}$

Je weet V_{L_2} (24V). I_{L_2} bepaal je door I_{R_2} te berekenen en gebruik te maken van het feit dat de hoofdstroom zich vertakt.

Je ziet in de figuur dat $V_{R_2} = V_{L_2}$.

Nu kun je I_{R_2} berekenen:

Formule: $R_2 = \frac{V_{L_2}}{I_{R_2}}$. Invullen: $48 = \frac{24}{I_{R_2}}$. Daaruit volgt dat $I_{R_2} = 0,5 \text{ A}$.

Uit $I_{\text{tot}} = I_{R_2} + I_{L_2}$ volgt

$2 \text{ A} = 0,5 \text{ A} + I_{L_2}$. Daaruit volgt, dat $I_{L_2} = 1,5 \text{ A}$ en dan:

$R_{L_2} = \frac{24}{1,5} = 16 \Omega$.

d. Je ziet in de figuur dat $V_B = V_{R_1} + V_{L_1} + V_{L_2}$ en je moet V_{R_1} nog berekenen.

Formule: $R_1 = \frac{V_{R_1}}{I_{R_1}}$. Invullen: $10 = \frac{V_{R_1}}{2}$. Daaruit volgt dat $V_{R_1} = 20 \text{ V}$.

Dus: $V_B = 6 + 24 + 20 = 50 \text{ V}$.

2

Gevraagd: R_2 .

Formule: $R_2 = \frac{V_{R_2}}{I_2}$. Je weet wel I_2 , maar niet V_{R_2} .

Je ziet in figuur 2, dat $V_{R_2} = V_{R_1}$ en V_{R_1} kun je berekenen.

Formule: $R_1 = \frac{V_{R_1}}{I_{R_1}}$.

$R_1 = 12 \Omega$ en I_{R_1} bepaal je als volgt:

je ziet in de figuur, dat $I_{\text{tot}} = I_{R_1} + I_{R_2}$. Invullen: $2,0 = I_{R_1} + 0,5$.

Daaruit volgt dat $I_{R_1} = 1,5 \text{ A}$.

Invullen: $12 = \frac{V_{R_1}}{1,5}$. Daaruit volgt dat $V_{R_1} = 18 \text{ V}$.

Dus ook $V_{R_2} = 18 \text{ V}$ en dus $R_2 = \frac{18}{0,5} = 36 \Omega$.

3

Figuur 3.1. is in elk geval niet goed, want in deze situatie is de spanning over het lampje 9 V.

Figuur 3.2 is juist, want nu staat er 6 V over het lampje als er 3 V over de weerstand staat.

4

a. Gegeven: $V = 220 \text{ V}$

$I = 5 \text{ A}$

Gevraagd: R .

Formule: $R = \frac{V}{I}$

Invullen geeft: $R = \frac{220}{5} = 44 \Omega$.

b. De weerstand hangt af van de soortelijke weerstand, de lengte van de draad en de doorsnede van de draad.

- c. Formule: $P = V \cdot I$
Invullen: $P = 220 \cdot 5 = 1100 \text{ W}$.
- d. Formule: $E = V \cdot I \cdot t$ of $E = P \cdot t$ (t in s!)
Invullen: $E = 1100 \cdot 300 \text{ J} = 330.000 \text{ J}$.
- e. Om de kosten te berekenen moet je eerst weten hoeveel energie er verbruikt is.
Formule: $E = P \cdot t$
Invullen: $E = 1200 \cdot 5 = 6000 \text{ Wh} = 6 \text{ kWh}$. (denk erom: als je kWh moet hebben t in uur).
De kosten zijn dus $6 \text{ kWh} \cdot f 0,25 \text{ per kWh} = f 1,50$.

5

- a. Gegeven: $R = 10 \Omega$.
 $I = 3 \text{ A}$.
Gevraagd: P .
Formule: $P = V \cdot I$.
Je weet wel I , maar niet V , dus moet je eerst V berekenen.
Formule: $R = \frac{V}{I}$. Invullen geeft: $10 = \frac{V}{3}$. Daaruit volgt, dat
 $V = 30 \text{ V}$.
Invullen: $P = 30 \cdot 3 = 90 \text{ W}$.

- b. Gevraagd: R .

Formule: $R = \rho \frac{l}{A}$.

Je weet wel l en A , maar niet ρ , dus gevraagd: ρ

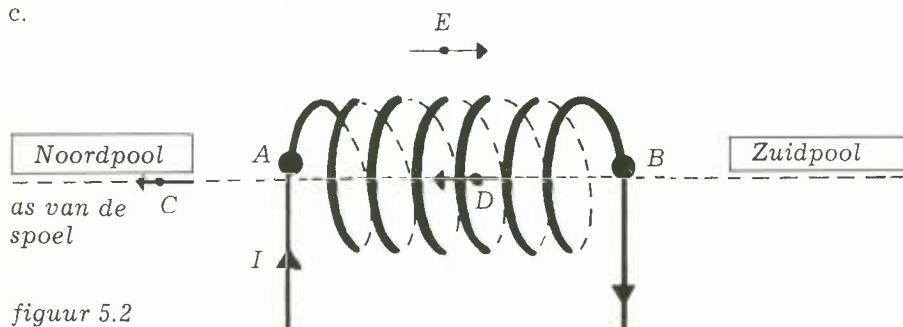
Je weet dat de nieuwe spoel van hetzelfde materiaal is als de oude. Je berekent de soortelijke weerstand van de oude spoel door in de bovenstaande formule de gegevens van de oude spoel in te vullen;

$$10 = \rho \cdot \frac{5,0}{0,2}. \text{ Daaruit volgt, dat } \rho = 0,4 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

Invullen in dezelfde formule, maar nu voor de nieuwe spoel:

$$R = 0,4 \cdot \frac{20,0}{0,4} = 20 \Omega.$$

c.



figuur 5.2

- d. Voor deze opgave gebruik je de rechterhandregel.
Daaruit volgt dat de veldlijnen lopen van B door de spoel naar A en buiten de spoel om weer naar A.
Buiten de spoel lopen de veldlijnen altijd van noord- naar zuidpool. Bij A is dus de noordpool en bij B de zuidpool.
In C lopen de veldlijnen dus van A af, in E rechtsonder van A naar B en in D lopen de veldlijnen van B naar A.
- e.1. Bewering 4 is juist.
Er ontstaat een wisselspanning omdat steeds afwisselend de noord- en zuidpool voor de spoel langs draaien en de richting van induktiespanning wordt bepaald door welke pool er voor de spoel langs draait.
Er loopt geen stroom want de spoel is niet opgenomen in een gesloten stroomkring.
- e.2. Je kunt de spanning vergroten door de magneet sneller te bewegen of een weekijzeren kern in de spoel te stoppen of door een sterkere magneet te nemen.

6

- a. In de sekundaire kring kan alleen een spanning opgewekt worden door een wisselend magnetisch veld in het weekijzer.
Dat wisselend magnetisch veld kun je alleen opwekken door op de primaire kring een wisselspanning aan te sluiten.

- b. Gegeven: $N_p = 1200$
 $N_s = 1$
 $V_p = 220 \text{ V}$.
 Gevraagd: V_s .

Formule: $\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$. Invullen: $\frac{220}{V_s} = \frac{1200}{1}$.

Daaruit volgt dat $V_s = 0,183 \text{ V}$.

- c. Gegeven: $I_p = 0,60 \text{ A}$.
 Gevraagd: I_s .

Formule: $\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$. Invullen: $\frac{I_s}{0,60} = \frac{1200}{1}$.

Daaruit volgt dat $I_s = 720 \text{ A}$.

- d. Gegeven: $t = 1,5 \text{ minuut} = 90 \text{ s}$
 Gevraagd: E .
 Formule: $E = V \cdot I \cdot t$ ($V = 0,183 \text{ V}$; $I = 720 \text{ A}$)
 Invullen: $E = 720 \cdot 0,183 \cdot 90 = 11858,4 \text{ J}$.

Antwoorden W 4

1

- a.1. Op de buis werken de zwaartekracht en de opwaartse kracht.

- a.2. Gegeven: doorsnede = 2 cm^2
 lengte = 10 cm
 dichtheid water = $1,0 \text{ g/cm}^3$
 massa = $14,4 \text{ g}$.

Gevraagd: h .

In deze situatie heffen de opwaartse kracht en de zwaartekracht elkaar precies op.

Er geldt dus: $F_z = F_{\text{opw}}$

$$F_z = m \cdot g = 0,0144 \cdot 10 = 0,144 \text{ N}$$

F_{opw} bereken je als volgt:

F_{opw} is gelijk aan het gewicht van de hoeveelheid verplaatst water.

De massa is gelijk aan de dichtheid maal het volume van de hoeveelheid verplaatst water.

Het volume van de hoeveelheid verplaatst water: doorsnede $\cdot h = 2 \cdot h \text{ cm}^3$.

Dan is de massa van de hoeveelheid verplaatst water:

$$1,0 \cdot 2 \cdot h = 2,0 \cdot h \text{ g}$$

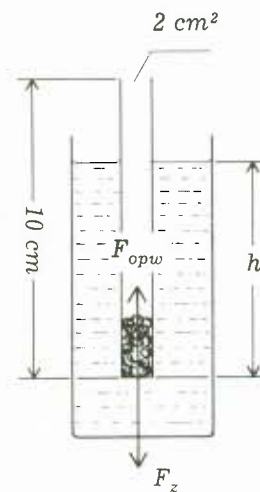
Het gewicht van de hoeveelheid verplaatst water is dan

$$m \cdot g =$$

$$10 \cdot 0,002 \cdot h = 0,02 \cdot h \text{ N}$$

Uit $F_z = F_{\text{opw}}$ volgt $0,144 = 0,02 \cdot h$. Dus $h = 7,2 \text{ cm}$.

- b. De dichtheid van alcohol is kleiner dan die van water.
 Dat betekent dat om dezelfde opwaartse kracht te krijgen als bij a.2. je meer vloeistof moet verplaatsen.
 De buis komt dus verder in de vloeistof en de streep komt boven die bij a.2.
- c. Op het eerste gezicht zie je misschien niet waarom dit niet zou kunnen. Bereken dan maar de hoogte h voor dit geval.
 We doen dat net als in a.2.
 De massa van de verplaatste vloeistof is de dichtheid maal het volume. Het volume is weer $2 \cdot h \text{ cm}^3$.



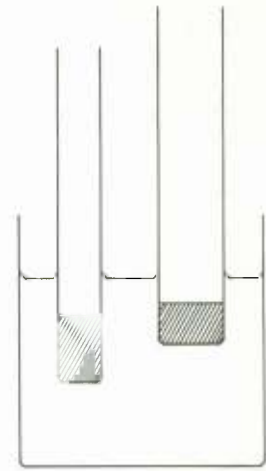
De massa is dus $0,7 \cdot 2 \cdot h = 1,4 \cdot h \text{ g} = 0,0014 \cdot h \text{ kg}$.
 Het gewicht van de verplaatste vloeistof is dus $10 \cdot 0,0014 \cdot h = 0,014 \cdot h \text{ N}$.

Dat moet gelijk zijn aan F_z . Die is nog steeds $0,144 \text{ N}$.

Dus: $0,144 = 0,0114 \cdot h$ en daaruit volgt dat $h = 10 \text{ cm}$.

Maar dat betekent dat de buis helemaal in het water verdwijnt. De buis zal daardoor vollopen en zinken. Je kunt er dus geen dichtheid van $0,7 \text{ g/cm}^3$ mee bepalen.

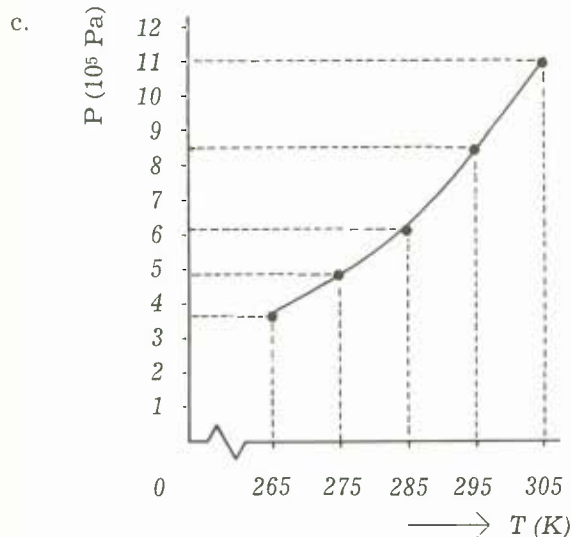
- d. De afstanden tussen de strepen ontstaan door de verschillen in hoeveelheden verplaatste vloeistof.
 Als de nieuwe buis in dezelfde vloeistoffen wordt gehouden als in het voorafgaande gedeelte van deze opgave, dan moeten de hoeveelheden verplaatst water hetzelfde zijn.
 Maar als de doorsnede van de buis groter is en het volume moet gelijk zijn, betekent dat dat de hoogteverschillen dus kleiner zijn.



... evenveel water verplaatst ...

2

- a. 1. Afkoelen
 2. Samenpersen.
- b. Altijd als vloeistof en damp samen voorkomen is de damp verzadigd.



- d. Als het verband tussen p en T volgens de wet van Gay-Lussac zou zijn, zou de grafiek een rechte lijn moeten zijn. Dat is het duidelijk niet.

Je kunt ook twee punten invullen in de wet van Gay-Lussac om te zien of het klopt. Probeer het eens met de eerste en de laatste.

- e. Gegeven: $T_1 = 285 \text{ K}$
 $p_1 = 5,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 $T_2 = 345 \text{ K}$
 $p_{\max} = 30 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 Gevraagd: p_2 kleiner of groter dan p_{\max} ?

We gaan p_2 berekenen. Omdat er geen vloeistof meer in de gasfles aanwezig is, mag je nu wel de wet van Gay-Lussac gebruiken.

Formule: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. Invullen: $\frac{5,7 \cdot 10^5}{285} = \frac{p_2}{345}$. Daaruit volgt dat $p_2 = 6,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Dat is minder dan p_{\max} . Er is dus geen ontplofingsgevaar.

3

- a. Gegeven: $p_1 = 10 \text{ N/cm}^2$
 $T_1 = 300 \text{ K}$
 $T_2 = 270 \text{ K}$
 Gevraagd: p_2

Formule (wet van Gay-Lussac): $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$.

Invullen: $\frac{10}{300} = \frac{p_2}{270}$.

Daaruit volgt, dat $p_2 = 9 \text{ N/cm}^2$.

b. Gegeven: $V_{\text{water}} = 0,18 \text{ dm}^3$
 dichtheid water = $1,0 \text{ kg/dm}^3$

$V_{\text{ijs}} = 0,20 \text{ dm}^3$

Gevraagd: dichtheid ijs.

Formule: $\text{dichtheid} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$.

Je weet het volume van het ijs, maar niet de massa.

Maar de massa van het ijs is natuurlijk net zo groot als de massa van het water.

Dus: berekenen we eerst m_{water} met dezelfde formule:

$\text{dichtheid}_{\text{water}} = \frac{\text{massa}_{\text{water}}}{\text{volume}_{\text{water}}}$.

Invullen: $1,0 = \frac{\text{massa}_{\text{water}}}{0,18}$. Daaruit volgt dat de $\text{massa}_{\text{water}} = 0,18 \text{ kg}$.

Dus ook $\text{massa}_{\text{ijs}} = 0,18 \text{ kg}$.

Invullen: $\text{dichtheid}_{\text{ijs}} = \frac{0,18}{0,20} = 0,9 \text{ kg/dm}^3$.

c. Nu zijn zowel de temperatuur en de druk als het volume verandert.

Je moet hier dus de algemene gaswet gebruiken: $\frac{p_1 \cdot T_1}{V_1} = \frac{p_2 \cdot T_2}{V_2}$.

Invullen: $\frac{10 \cdot 300}{0,32} = \frac{p_2 \cdot 270}{0,30}$. Daaruit volgt, dat $p_2 = 10,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. (= $10,4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$).

d. Warmte is onttrokken door het afkoelen van het water, het bevriezen van het water en het afkoelen van het gevormde ijs.

De hoeveelheid warmte die daarvoor nodig is, bedraagt:

(afkoelen water) $4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,18 \cdot (300-273) = 20,4 \cdot 10^3 \text{ J}$ ($Q = c \cdot m \cdot \Delta T$)

(bevriezen water) $3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,18 = 59,4 \cdot 10^3 \text{ J}$ ($Q = \text{smw} \cdot m$)

(afkoelen ijs) $2,2 \cdot 10^3 \cdot 0,18 \cdot (273-270) = 1,2 \cdot 10^3 \text{ J}$ ($Q = c \cdot m \cdot \Delta T$)

$81,0 \cdot 10^3 \text{ J}$

4

a. Gegeven: $T_w = 298 \text{ K}$
 $m_{\text{ijs}} = 64,4 \text{ gr.}$
 $T_{\text{ijs}} = 273 \text{ K}$

In dit geval is het wel nuttig om een tekening te maken:

Gevraagd: V_{ijs} dat boven water uitsteekt.

Het blok ijs drijft. Er geldt dus dat $F_z = F_{\text{opw}}$.

$F_z = 10 \cdot 0,0644 = 0,644 \text{ N}$.

F_{opw} is gelijk aan het gewicht van de hoeveelheid verplaatst water.

Het volume van het verplaatste water is V_{onder} .

Dat massa van het verplaatste water is dan:

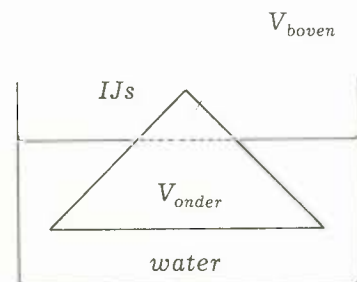
$\text{dichtheid}_{\text{water}} \cdot V_{\text{onder}} = 1,0 \cdot V_{\text{onder}}$.

Het gewicht van het verplaatste water is dan $10 \cdot V_{\text{onder}}$.

Stel dat gelijk aan F_z : $0,644 = 10 \cdot V_{\text{onder}}$.

Daaruit volgt dat V_{onder} gelijk is aan $0,0644 \text{ dm}^3 = 64,4 \text{ cm}^3$.

Het hele volume van het ijs bereken je uit de massa van het ijs en de dichtheid van ijs. De dichtheid van ijs is $0,9 \text{ gr/cm}^3$. (haal je uit de vorige som).



Het volume van het blok ijs is dan $\frac{64,4}{0,9} = 71,6 \text{ cm}^3$.

Er steekt dus $71,6 - 64,4 = 7,2 \text{ cm}^3$ ijs boven water uit.

- b. Alleen bij 273 (het smeltpunt van ijs en het vriespunt van water) kunnen ijs en water samen in evenwicht voorkomen.
- c. De hoeveelheid warmte, nodig voor het smelten
= smeltwarmte \cdot massa_{ijs}.
Invullen: $Q = 3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,0644 = 21,25 \cdot 10^3 \text{ J}$.
- d. De hoeveelheid warmte die het smeltende ijs heeft onttrokken aan het water is kleiner dan de hoeveelheid warmte die het nodig had. Er is dus nog ergens anders warmte aan onttrokken.
Je weet dat kondenseren ook warmte oplevert. Die warmte is dus ook gebruikt voor het smelten van het ijs.

5

Voor deze opgave gebruik je de hoofdwet van de hydrostatika. Die zegt dat de druk onderin de buis gelijk is aan de luchtdruk en ook gelijk is aan de druk van de kolom water + de druk in de buis.

De luchtdruk is gelijk aan 10 N/cm^2 .

De druk in de buis wordt gevraagd.

Je moet dus de druk van de kolom water berekenen.

Je doet dat op de bekende manier: je berekent het gewicht van een kolom met dezelfde hoogte en doorsnede 1 cm^2 .

Het volume van zo'n kolom is: $20 \cdot 1 = 20 \text{ cm}^3$.

De massa van zo'n kolom is $\text{dichtheid}_{\text{water}} \cdot \text{volume} = 1,0 \text{ gr/cm}^3 \cdot 20 \text{ cm}^3 = 20 \text{ gr}$.

Het gewicht van zo'n kolom is $10 \cdot 0,020 = 0,20 \text{ N}$.

Dat is dus de druk van de kolom water: $0,20 \text{ N/cm}^2$.

Dat invullen in: $\text{luchtdruk} = \text{druk van de kolom} + \text{druk in de buis}$,
geeft: $10 = 0,20 + \text{druk in de buis}$. Dus: $P_{\text{lucht in buis}} = 9,80 \text{ N/cm}^2$.