

Het spreekt vanzelf dat de proeven beschreven in dit document perfect door de leerlingen kunnen uitgevoerd worden. Niets belet echter de leerkracht een variante van een van deze proeven uit te voeren. Dit hangt grotendeels af van het beschikbare materiaal. Belangrijk is echter dat steeds de wetenschappelijke methode gevolgd wordt die bij de beschreven proeven aan bod komt. Andere proeven of varianten van deze proeven mogen steeds aan mij gemeld worden zodat een verfijning van het proevenaanbod mogelijk wordt. Zo wordt het ook voor de leerling interessant om steeds over de nieuwste ontwikkelingen in de fysica te beschikken.

*LAB FYSICA 4  
EXPERIMENTEN VOOR HET VIERDE JAAR*

Fysica is een wetenschappelijk vak.

Je kunt het maar goed bestuderen als je de theorie voortdurend toetst aan de werkelijkheid. Experimenten bevestigen immers de theorie of gaan eraan vooraf.

Een deel van die experimenten zal je leerkracht uitvoeren als demonstratieproeven, maar het is onze bedoeling om ook jullie aan het werk te zetten.

Hieronder staan daarom een hele reeks van proeven die je zelfstandig kan uitvoeren. We geven daarbij de volgende wenken.

- Elke beschreven proef duurt ongeveer twee uur.
- Bij elke proef is de theoretische achtergrond genoteerd, zodat je de experimentele resultaten beter kunt begrijpen.
- 'Meten om te meten' is uit den boze. We 'meten' alleen om te begrijpen hoe onze fysische leefwereld er uitziet. Een proef met slechte meetresultaten is daardoor niet noodzakelijk waardeloos. Je kan immers op zoek gaan naar de reden voor die foute metingen.

## 1 Veiligheid voor alles

Labowerk is niet altijd zonder gevaar. Een ongeval ligt soms in een klein hoekje. We zeggen dit niet om je de daver op het lijf te jagen, maar wel om je te laten inzien dat bij het uitvoeren van experimenten een aantal elementaire veiligheidsvoorschriften strikt moeten nageleefd worden.

1 Het dragen van een katoenen labo jas is verplicht. Enkel een dichtgeknoopte labo jas biedt een voldoende bescherming. Lange haren worden samengebonden.

2 Bij sommige proeven heb je specifiek veiligheidsmateriaal nodig. Dit zal altijd vermeld staan bij de proefbeschrijving.

3 Terwijl je de proeven uitvoert, sta je recht. Je boekentas staat onder de tafel. Er slingeren geen andere spullen op de grond. Wees kalm en werk in stilte. Onnodig heen en weer lopen is volstrekt uit den boze.

4 Snij- of brandwonden moeten onmiddellijk verzorgd worden.

5 Elk ongeluk, hoe klein ook, wordt meteen gesignaleerd aan de leerkracht. Die zal oordelen of het nodig is om, na de eerste verzorging, een dokter te raadplegen.

6 Gebruikt materiaal moet altijd goed gereinigd worden met leidingwater en eventueel met een detergent. Daarna wordt het zorgvuldig weggeborgen. Labotafels worden met een vochtige doek afgeveegd; labokasten worden altijd goed gesloten. Orde en netheid zijn in het labo heel belangrijke troeven.

7 Gemeenschappelijke producten en benodigdheden blijven op de aangewezen plaats staan of worden er onmiddellijk na gebruik naar teruggebracht. .

8 Controleer aan het eind van het labowerk telkens of alle gaskranen goed gesloten zijn.

9 Na het practicum was je heel zorgvuldig je handen. Ook zeep en een handdoek zijn noodzakelijk labomateriaal.

Spring niet lichtzinnig om met deze maatregelen. Indien je immers deze voorschriften niet volgt, ben je zelf verantwoordelijk voor eventuele ongevallen. Ook voor het gebruikte materiaal draag je de verantwoordelijkheid.

## 2 Wat heb je nodig?

Naast je labo jas heb je bij sommige proeven het volgende nodig:

- een vod
- een dikke alcoholstift
- een pakje lucifers.

Voor al je schrijfwerk gebruik je het volgende:

- een map (DIN A4-formaat) met losse, geruite bladeren om het verslag te noteren
- een kladschrift om je waarnemingen in het klad te noteren. Gebruik hiervoor geen losse bladeren.
- een blok millimeterpapier voor het tekenen van de grafieken, je kan de grafieken ook op een Excel file maken indien je hierover beschikt.
- een open presentatiemap waarin altijd je puntenlijst zit, samen met het af te geven verslag.

## 3 Algemene richtlijnen bij het uitvoeren van de proeven

In de beschreven proeven staan telkens gedetailleerde wenken.

Bij het uitvoeren van de proeven noteer je de waarnemingen in het kladschrift. Nadien maak je een verslag. Je schrijft het in op de puntenlijst en je geeft het af, samen met de map.

Je beschrijft slechts één kant van het papier. De rugzijde dient voor de verbeteringen en voor het tekenen van een opstelling.

Grafieken worden altijd gemaakt op millimeterpapier. Teken de grafieken zeer nauwkeurig: blijf 1 cm van de rand en benoem de assen (grootheid + eenheid).

Vergeet de grafieken uiteindelijk niet bij het verslag te steken.

## 4 Het verslag

Van elke proef wordt een verslag gemaakt.

Dit dient niet alleen als controle op je gemaakte werk, maar bovendien kunnen de waarnemingen eventueel door iemand anders gebruikt worden.

Het verslag mag dus zeker geen kopie zijn van eigen nota's of van de waarnemingen van je klasgenoten.

Vervalsen van de waarnemingen om tot mooiere resultaten te komen kan absoluut niet.

Naast de titel, de datum, je naam en de klas bevat een verslag steeds de volgende vier punten.

1 Doel van de proef

2 Werkwijze: hierin geef je een korte beschrijving van de proef en maak je eventueel een tekening van de opstelling.

3 Metingen en berekeningen

Je ordent alle waarnemingen en berekeningen en past de foutenberekening toe. Ook grafieken en andere mogelijke opdrachten krijgen hier hun plaats.

4 Besluit

Uiteindelijk noteer je het resultaat van de proef in een volzin.

Is de proef mislukt, dan noteer je toch het resultaat samen met de oorzaak van de mislukking.

Noteer waar je het materiaal kan vinden, belangrijke aandachtspunten en andere bijkomende zaken.

We wensen je alvast veel plezier en succes in de boeiende wereld van het experiment!

## MASSADICHTHEID VAN VLOEISTOFFEN MET DE PYKNOMETER

### 1 Theoretische achtergrond

Een pyknometer is een klein glazen flesje. De massadichtheid van een vloeistof wordt gegeven door de formule  $\rho = m/V$ .

Om het volume van de pyknometer nauwkeurig te bepalen gaan we als volgt te werk. We bepalen eerst de massa van de lege pyknometer op de balans tot op 0,1 g. We vullen dan de pyknometer met water en bepalen weer de massa. Het verschil tussen beide geeft de massa water.

We weten dat de massadichtheid van water  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$  is. Met de formule  $\rho = m / V$  berekenen we dan het volume.

Om nu de massadichtheid van een willekeurige vloeistof te kennen bepalen we de massa vloeistof in de pyknometer en daar we het exact volume kennen is het een koud kunstje om nu ook  $\rho$  te berekenen.

### 2 Benodigdheden

- een pyknometer
- filtreerpapier
- een dun ijzerdraadje
- minstens twee vloeistoffen vb. norvanol en petroleum

### 3 Werkwijze

De pyknometer vullen met water is moeilijk. Gebruik een draad en daarna een filtreerpapier om het overtollige water tot op de middelste merkstreep te brengen. Het is een werk dat geduld vraagt. Neem de pyknometer niet te veel met de handen vast om de temperatuur niet nodeloos te laten stijgen. Een vloeistof zet uit bij verwarmen en we zouden dus foutieve metingen hebben.

Bepaal de massa van de pyknometer leeg  $m_1$

Vul de pyknometer met water en bepaal de massa  $m_2$

Vul nu de pyknometer met norvanol en bepaal de massa  $m_3$

Vul hem nu met petroleum en bepaal de massa  $m_4$

Zorg voor het reinigen bij de opeenvolgende stappen!

$$V(\text{pyknometer}) = (m_2 - m_1)g / 1 \text{ g/cm}^3 = (m_2 - m_1) \text{ cm}^3$$

$$\text{dan is } \rho(\text{norvanol}) = (m_3 - m_1) / (m_2 - m_1) \text{ g/cm}^3$$

$$\text{dan is } \rho(\text{petroleum}) = (m_4 - m_1) / (m_2 - m_1) \text{ g/cm}^3$$

4 Opdracht

Bepaal de massadichtheid van norvanol en petroleum

Bepaal de meetnauwkeurigheid.

Berekenen de procentuele afwijking en vergelijk met de waarde uit de tabellen.

Gebruik een digitale balans met een nauwkeurigheid van 0,1 g.

Ter herinnering de procentuele afwijking P.A. kun je vinden met de volgende formule:

$$\left( \frac{\text{Experimentele waarde}}{\text{Theoretische waarde}} \times 100 \right) - 100$$

## MASSADICHTHEID VAN VLOEISTOFFEN MET VERBONDEN VATEN

### 1 Theoretische achtergrond

De formule  $\rho = m / V$  geeft je de massadichtheid van de vloeistof. Deze methode is alleen bruikbaar voor vloeistoffen die niet mengbaar zijn.

Bij evenwicht is de druk links gelijk aan de druk rechts zodat:

$$p(\text{links}) = p(\text{rechts}) \text{ of}$$

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

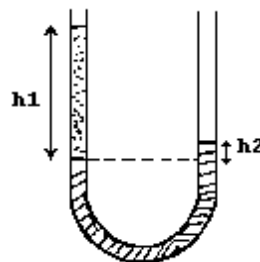
Kennen we  $\rho_2$  dan kunnen we door aflezen van  $h_1$  en  $h_2$  ook  $\rho_1$  bepalen.

### 2 Benodigdheden

- één of twee U-vormige glazen buizen
- water, kwik en olie
- een meetlat op statief

### 3 Werkwijze

Om de massadichtheid van kwik te kennen maken we gebruik van de U-vormige glazen buis die we eerst vullen met kwik tot op een bepaalde hoogte. We voegen daarna water bij zoals aangeduid op de figuur.



We lezen de hoogten  $h_1$  en  $h_2$  nauwkeurig af tot op 1 mm zoals aangeduid op de figuur. Daar je weet dat  $\rho(\text{water}) = 1 \text{ g/cm}^3$  kun je hieruit de  $\rho$  van kwik berekenen. We doen dit driemaal door telkens een bepaalde hoeveelheid water bij te voegen.

Neem het gemiddelde van deze drie metingen als waarde voor  $\rho$  en bereken de fout hierop. Je kunt voor de fout nemen, het grootste resultaat min het kleinste resultaat gedeeld door twee. De fout staat in dezelfde eenheden als de gemeten grootte.

Om de massadichtheid van olie te kennen gaan we op dezelfde manier te werk. We vullen de U-vormige buis echter eerst met water (weet je ook waarom?) en dan voegen we driemaal olie bij.

#### 4 Opdracht

Bepaal de massadichtheid van kwik en olie en de fout hierop. Merk nogmaals op dat deze methode alleen geldig is voor twee niet mengbare vloeistoffen.



## DE WET VAN ARCHIMEDES

### 1 Theoretische achtergrond

Hang een voorwerp aan een dynamometer en bepaal het gewicht. Hang hetzelfde voorwerp onder water dan zie je dat dit gewicht verminderd is. Dit is de wet van Archimedes: de opwaartse kracht is gelijk aan het gewicht van de verplaatste vloeistof.

### 2 Benodigdheden

- enkele metalen massa's
- geschikte maatcilinders
- dynamometers

### 3 Werkwijze

We bepalen het gewicht  $F$  van een voorwerp met de dynamometer. Om het gewicht  $F$  (in vloeistof) te kennen hangen we het voorwerp aan de dynamometer in een met vloeistof gevulde maatbeker en lezen  $F$  (in vloeistof) af.

Is de dynamometer niet in N geijkt, dan moet je de massa naar N herleiden met de formule  $F = m \cdot g$

Om het volume  $V$  van het voorwerp te meten vullen we een geschikte maatcilinder met een hoeveelheid water en we lezen dit volume  $V'$  af. We brengen het voorwerp in de gevulde maatcilinder en lezen het nieuwe volume  $V''$  af. Het volume van het voorwerp is dan  $V = V'' - V'$ .

Stellen we de volgende tabel op:

$|F(N)|F'(N)| F_A=F-F'(N) |V'(m^3)|V''(m^3)|V=V''-V'(m^3)| F_A=\rho \cdot V \cdot g(N)|$

-----  
 | | | \* | | | | \* |

### 4 Opdracht

- Voer de proef uit voor drie voorwerpen bv. een aluminium cilinder, een silicium blok en een ijzeren voorwerp.

- Breng de voorwerpen in water, alcohol en verzadigde zoutoplossing waarvan je de massadichtheid kent:

$$\rho(\text{water}) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho(\text{alcohol}) = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho(\text{zout}) = 1100 \text{ kg/m}^3$$

- Controleer dat  $F_A$  (gemeten) =  $F_A$  (berekend) (dus \* = \*)

### Opmerkingen

1 Neem de kleinst mogelijke maatcilinder om het volume zo nauwkeurig mogelijk af te lezen.

2 Het volume van het voorwerp moet alleen met water bepaald worden. Waarom?

## MASSADICHTHEID STEUNEND OP WET VAN ARCHIMEDES

### 1 Theoretische achtergrond

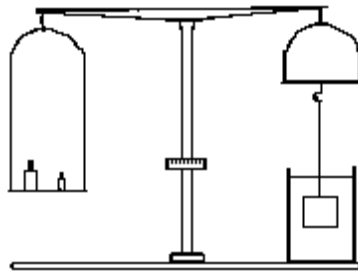
De formule om de massadichtheid te bepalen is  $\rho = m / V$

We maken gebruik van een balans met ongelijke schaallengte, een zogenaamde hydrostatische balans en een doos met ijkmassa's.

### 2 Benodigdheden

- een hydrostatische balans met ijkmassa's
- enkele massa's
- norvanol
- maatbekers

### 3 Werkwijze



#### 1 Voor een vaste stof zwaarder dan water

We bepalen de massa  $m_1$  van het voorwerp op de hydrostatische balans. We hangen het voorwerp aan het haakje van de balans in water en bepalen opnieuw de massa  $m_2$ .

Vermits  $V(\text{water}) = V(\text{ondergedompeld lichaam})$

$$\text{is } \rho(\text{lichaam}) = m_1 / (m_1 - m_2) \text{ g/cm}^3$$

#### 2 Voor een vloeistof

We hangen hetzelfde voorwerp in een vloeistof en bepalen de massa  $m_3$

$$\text{dan is } \rho(\text{vloeistof}) = (m_1 - m_3) / (m_1 - m_2) \text{ g/cm}^3$$

#### 3 Voor een vaste stof lichter dan water

We bepalen massa van het voorwerp dat lichter dan water is met de hydrostatische balans en vinden  $m_4$ .

We bepalen nu de gezamenlijke massa van het voorwerp boven water samen met het stuk uit deel één onder water  $m_5$ .

We bepalen tenslotte de massa van de twee samengebonden voorwerpen onder water  $m_6$ .

dan is  $\rho(\text{vaste stof}) = m_4 / (m_5 - m_6) \text{ g/cm}^3$

#### 4 Opdracht

Bereken de massadichtheid van het trio ijzer, norvanol en paraffine.

Heb je nog tijd dan kun je ook van het trio lood, petroleum en kurk de massadichtheid berekenen.

Bepaal telkens de procentuele afwijking t.o.v. de theoretisch waarde.

## DICHTHEID MET DE BALANS VAN MOHR

### 1 Theoretische achtergrond

De formule voor de absolute dichtheid van een vaste stof of vloeistof wordt gegeven door de formule  $\rho^* = m / V$  maar zonder eenheden! Je deelt immers  $\rho$  door de massadichtheid van water die  $1000 \text{ kg/m}^3$  bedraagt.

Een voorbeeld maakt het duidelijk

$\rho$  van ijzer is  $7800 \text{ kg/m}^3$  dus  $\rho^*$  van ijzer is  $7800/1000 = 7,8$

Je merkt meteen dat dit hetzelfde getal is als de massadichtheid uitgedrukt in  $\text{g/cm}^3$ .

De balans van Mohr ziet er als volgt uit. Ze laat toe de dichtheid zeer nauwkeurig tot op vier cijfers na de komma te berekenen.

### Figuur

Werking van de balans van Mohr.

Stel eerst de balans van Mohr goed horizontaal op. Je ijkt ze met gedistilleerd water op 1,0000 door met de regelvijs bij te werken.

Er zijn vijf ruiters ter beschikking nl. twee identieke van 5 g, één van 500 mg, één van 50 mg en één van 5 mg.

Bepaal eerst of  $\rho > 1$  of  $\rho < 1$ .

Daarna kan je tot op vier cijfers de massadichtheid bepalen. Lees correct af! Een ontbrekende ruiters geeft een nul.

### 2 Benodigdheden

- een balans van Mohr
- bekens
- glycerol

### 3 Werkwijze

Maak zelf een oplossing van 10%, 15%, 20%, 25% en 30% glycerol in water. Zeer goed roeren en afmeten want dit is zeer belangrijk!

Zet deze waarden uit in een dichtheid(concentratie)-grafiek

### 4 Opdracht

Je krijgt een oplossing glycerol in water waarvan je de concentratie niet kent. Bepaal nu door interpolatie op de grafiek de concentratie. Je moet natuurlijk eerst  $\rho^*$  bepalen!

Merk op dat je alleen kunt kijken tussen 10% en 30% (waarom?)

## DICHTHEID MET DE DENSIMETER

### 1 Theoretische achtergrond

Een densimeter is een toestel dat onmiddellijk de juiste waarde van  $\rho^*$  afleest bij onderdompelen in de vloeistof.

Het nadeel is echter dat je moet beschikken over een aantal densimeters om het gebied van 0,7 tot 1,8 te bereiken.

De formule blijft zoals bij de balans van Mohr  $\rho^* = m / V$  (geen eenheden)

### 2 Benodigdheden

- een viertal densimeters met verschillend meetbereik
- norvanol
- maatcilinders
- diverse vloeistoffen

### 3 Werkwijze

Maak zelf een oplossing van 10%, 20%, 30%, 40%, en 50% norvanol in water en meng zeer goed! Zet deze waarden uit in een  $\rho^*$ (concentratie)-grafiek. Je krijgt nu ook een oplossing waarvan je niet weet hoe groot de concentratie is. Bepaal de dichtheid met de densimeter. Leid dan uit de grafiek de concentratie van de onbekende oplossing af.

Begin altijd eerst met de kleinste waarde van de densimeter!

Bepaal de dichtheid van een tiental verschillende vloeistoffen in maatcilinder van 100 ml. Vloeistof niet weggooien maar opnieuw in de fles! Hou de maatcilinder zuiver a.u.b.!

Zoek de corresponderende theoretische waarden op in de tabellen of in de literatuur. (bv. boek van MERCK of opzoeken met de computer)

Voorbeelden: gedistilleerd water, leidingwater, verzadigde zoutoplossing, glycerol, methanol, azijnzuur, petroleum, olie, zwavelzuur, waterstofchloride, natriumhydroxide, toluen.

LET OP labo jas aan en dicht!!

### 4 Opdracht

Bepaal de concentratie van de onbekende oplossing.

Vergelijk de dichtheden van de gemeten grootheden met de theoretische waarden en bepaal de procentuele afwijking.

## DICHTHEID VAN GASSEN

### 1 Theoretische achtergrond

Ook van gassen kan je de massadichtheid bepalen. De formule blijft:  $\rho = m / V$  in g/l of  $\text{kg/m}^3$  (identiek!)

Net zoals bij vloeistoffen moet je het gas in een afgesloten vat brengen dat je eerst luchtledig maakt en dan de massa van het vat bepaalt.

Daarna vul je het vat op met het gas. Je bepaalt weer de massa.

De massa van het gas is het verschil tussen beide metingen.

Je kunt nu ook de absolute dichtheid  $\rho^*$  van een gas bepalen. Dit doe je door de massadichtheid te delen door de massadichtheid van lucht nl.  $1,29 \text{ kg/m}^3$ . Het getal dat je dan bekomt verschilt van de massadichtheid en heeft geen eenheden.

De absolute dichtheid van lucht is natuurlijk 1.

### 2 Benodigdheden

- een glazen kolf van 1 liter aan twee zijden afsluitbaar
- een digitale balans
- een vacuümpomp
- gasflessen met bv.  $\text{N}_2$  of  $\text{CO}_2$  of He

### 3 Werkwijze

We maken gebruik van een glazen kolf met 2 afsluitkranen. Met een vacuümpomp maken we de ballon luchtledig en bepalen de massa  $m_1$  (driemaal uitvoeren en het gemiddelde nemen)

Daarna laten we lucht in de ballon en bepalen de massa  $m_2$ , dit is de ballon gevuld met lucht.

Dan is  $m(\text{lucht}) = m_2 - m_1$

We vullen daarna de ballon met  $\text{CO}_2$  (koolstofdioxide). Let op bij het vullen: gas zwaarder dan lucht!!! We bepalen de massa  $m_3$

Dan is  $m(\text{CO}_2) = m_3 - m_1$

We doen hetzelfde met  $\text{N}_2$  (distikstof). Het is een gas lichter dan lucht! en bepalen  $m_4$  (dit is moeilijk, werk nauwkeurig)

Dan is  $m(\text{N}_2) = m_4 - m_1$

Het volume kan bepaald worden door de kolf te vullen met water en daarna door overgieten in een maatcilinder van 100 ml het exact volume te bepalen! Let op bij het vullen, moet volledig gevuld zijn!

### 4 Opdracht

Bereken de massadichtheid van lucht, CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>. Bepaal nu ook de absolute dichtheid van deze gassen. Bereken eveneens de meetnauwkeurigheid en vergelijk met de theoretische waarden uit de tabel.

## EEN HOOGTE METEN MET DE BAROMETER

### 1 Theoretische achtergrond

De luchtdruk is niet overal constant. Hij verandert ook met de hoogte: hoe hoger je gaat hoe kleiner de druk.

Uit de theorie weet je dat:

$$\begin{aligned} dp(\text{Hg}) &= dp(\text{lucht}) \\ \rho(\text{Hg}) \cdot dh(\text{Hg}) &= \rho(\text{lucht}) \cdot dh(\text{lucht}) \\ 13600 \cdot dh(\text{Hg}) &= 1,29 \cdot dh(\text{lucht}) \end{aligned}$$

$$\text{of } dh(\text{lucht}) = 10500 \cdot dh(\text{Hg})$$

Als je de druk op verschillende hoogten meet kan je uit de formule het hoogteverschil bepalen. Een barometer is een toestel om rechtstreeks de luchtdruk af te lezen in mm Hg

### 2 Benodigdheden

- een nauwkeurige barometer liefst op 0,2 mm nauwkeurig

### 3 Werkwijze

Meet de luchtdruk op het laagste punt van de school (gelijkvloers) en meet de druk op het hoogste punt van de school (zolder).

Uit de formule kun je de hoogte van het schoolgebouw benaderend bepalen.

Als oefening kun je met een touw en een schietlood de echte hoogte nameten. Je kunt nu zelf bepalen waaraan het verschil te wijten is en wat je zou moeten doen om nauwkeuriger te meten met de barometer.

### 4 Opdracht

Bepaal de hoogte van het schoolgebouw door de luchtdruk te meten op zolder en beneden op de speelplaats. Bepaal eveneens de meetnauwkeurigheid.



## EEN ZELFGEMAAKTE DENSIMETER

### 1 Theoretische achtergrond

Een densimeter is een toestel dat onmiddellijk de juiste waarde van  $\rho^*$  afleest bij onderdompelen in de vloeistof.

Dergelijke handige toestelletjes worden gebruikt door de garagist om de dichtheid van je koelvloeistof en je accu na te meten. Ook het suikergehalte in een oplossing kan zo benaderend bepaald worden.

### 2 Benodigdheden

- een proefbuis
- loodkorrels
- twee maatcilinders
- een schuifmaat

### 3 Werkwijze

We nemen een proefbuis (met kurk op) waarin we een aantal loodkorrels brengen. We laten de proefbuis in een maatcilinder gevuld met water en bepalen de lengte die boven water uitsteekt.

We laten dan de proefbuis in een maatcilinder gevuld met norvanol en bepalen de lengte die boven de norvanol uitsteekt.

De proefbuis met de loodkorrels mag niet schuin hangen! We bepalen de massa  $m$  van de proefbuis met kurk en met loodkorrels op de balans.

Het volume  $V$  van de proefbuis bepalen we door ze te vullen met water en dit water dan in een kleine maatcilinder te gieten en het volume af te lezen.

De diameter  $d$  van de proefbuis meten we met de schuifmaat.

Uit de onderstaande formules vinden we de experimentele waarden voor  $a$  en  $b$ .

$$\rho_1 = a / (b - l_1)$$

$$\rho_2 = a / (b - l_2)$$

met  $\rho_1$  en  $\rho_2$  resp. de massadichtheid van water en alcohol

met  $l_1$  en  $l_2$  resp. de lengten boven water en alcohol

vinden we  $a$  en  $b$  als 2 experimenteel te bepalen constanten door dit stelsel op te lossen.

$$\rho(\text{water}) = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \rho(\text{alcohol}) = 800 \text{ kg/m}^3$$

De theoretische waarden voor  $a$  en  $b$  vinden we uit de volgende formules als volgt

$$a = m / A \quad \text{met } A = \pi d^2 / 4$$

$$b = V / A$$

Het is duidelijk dat  $a$  in  $\text{kg/m}^2$  moet staan en  $b$  in  $\text{m}$ .

Let goed op de juiste eenheden.

4 Opdracht

Bepaal a en b experimenteel en theoretisch. Vergelijk beide waarden en bereken de procentuele afwijking.

## AFLEIDEN VAN DE VOLUMEDRUKWET

### 1 Theoretische achtergrond

Uit de theorie weten we dat er een verband bestaat tussen druk en volume van een afgesloten hoeveelheid gas.

Het product van de druk en het volume is namelijk constant. In formule  $p \times V =$  constante bij constante temperatuur. In een  $p(V)$ -grafiek is dat een isotherm. De isotherm is een hyperbool, een wiskundige functie.

Je kunt deze proef op verschillende manieren uitvoeren. We bespreken er twee: een opstelling met kwik (1) en een opstelling met een meetspuit (2).

### 2 Benodigdheden

- (1) een toestel te vullen met kwik
- (1) kwik
- 
- (2) een meetspuit
- (2) een manometer

#### 3.1 Werkwijze met kwik

We gebruiken het toestel dat we eerst met kwik vullen zodat ze op gelijke hoogte staan. Daarna sluiten we de kraan in LB af en lezen het volume  $V$  af in ml. De druk  $p$  wordt in cm! op de barometer afgelezen. Vermenigvuldigen van deze 2 waarden geeft ons reeds een idee van de  $pV$  waarde. (nog niet in de juiste eenheden!!)

Verhogen we het RB dan stijgt het kwik, het volume  $V$  daalt (lees af) en de druk verhoogt. Voor  $p = p(\text{atm}) + dh$  met  $dh$  het hoogteverschil in cm op het toestel af te lezen. Doe dezelfde bewerking in totaal 10 keer en ga telkens ongeveer 1 cm hoger. Verlagen we het RB dan daalt het kwik. We lezen het hoogteverschil af in cm en trekken het af van de atmosferische druk (in cm). Nu is  $p = p(\text{atm}) - dh$ . Doe dit weer een tiental keer.

Maak dan de volgende tabel:

$p(\text{cm})$	$V(\text{ml})$	$pV(\text{cm.ml})$	$p(\text{Pa})$	$V(\text{m}^3)$	$pV(\text{Nm})$

-----

--	--	--	--	--	--

Om van  $p(\text{cm})$  naar  $p(\text{Pa})$  te gaan gebruiken we

$$p = \rho g h = (13600 \cdot 9,8 \cdot 0,76) \text{ Pa}$$

Om van  $V(\text{ml})$  naar  $V(\text{m}^3)$  te gaan nemen we

$$16 \text{ ml} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

#### 3.2 Werkwijze met meetspuit

Noteer de beginwaarden van druk, volume en temperatuur.

Telkens je de meetspuit indrukt wordt het volume kleiner en de druk op de manometer wordt groter. Lees voor een tiental waarden van het volume telkens de bijbehorende druk af. Maak een tabel

P V

Om de echte druk te kennen moet je natuurlijk de atmosferische druk optellen bij de gemeten waarden.

Het werkelijke volume kan je nameten door de diameter te meten van de meetspuit en de lengte. Vergeet niet dat je er telkens het volume lucht dat in de darm zit moet aftrekken.

#### 4 Opdracht

- Voer een tiental metingen uit en bereken telkens  $p \times V$ .
- Bereken  $pV$  gemiddeld en de A.F.( $pV$ )
- Maak een  $p(V)$ -diagram. Je bekomt geen rechte maar een hyperbool.

## DRUKCOËFFICIËNT VAN LUCHT METEN

### 1 Theoretische achtergrond

In de theorie over de gaswetten heb je gezien dat er een verband bestaat tussen  $p$  en  $T$ . Dit verband is recht evenredig. Dit wil zeggen dat je op een  $p(T)$ -grafiek een rechte bekomt. Deze rechte is een isochoor, een lijn van constant volume.

Vervangen we de absolute temperatuur  $T$  door  $t_c$  dan bekomen we de formule:  $p = p_0 \cdot (1 + \beta \cdot t)$

De waarde  $\beta$  is de drukcoëfficiënt en is gelijk aan  $1/273 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  of  $0,00366 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Het is die waarde die we gaan bepalen.

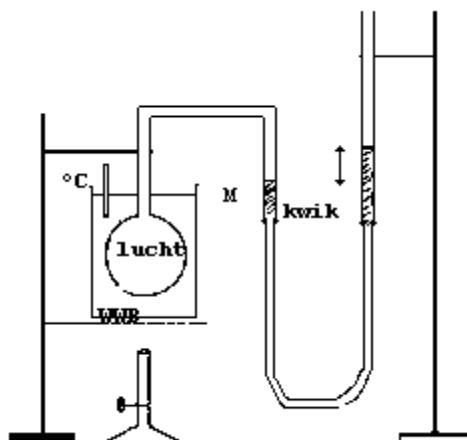
### 2 Benodigdheden

- een U-vormige glazen buis
- een rechte glazen buis, niet te dik
- een rubberdarm
- kwik
- een erlenmeyer met rubberstop waarin de glazen buis past
- twee statieven met klemmen
- bunsenbrander, drievoet en draadnet
- zie opstelling

### 3 Werkwijze

We maken onderstaande opstelling met een erlenmeyer, een rubber darm, een U-vormig glazen buisje en een recht glazen buisje. We brengen een klein beetje paraffine in de erlenmeyer om een regelmatige uitzetting te hebben, het afsluiten moet met een rubberstop gebeuren. We vullen de darm en een gedeelte van de buis met kwik, voorzichtig zijn (gebruik het kwikbad!)

We plaatsen de erlenmeyer in een WWB op kamertemperatuur, noteren de temperatuur en het hoogteverschil tussen beide kwikniveaus.



We maken een tabel:

temp (°C) | dh (cm) | p (cm.Hg)

-----  
t = 20 | | p<sub>t</sub> = p(atm) + dh  
25 | |  
. | |  
t' = 45 | | p<sub>t'</sub>

Vergeet niet de atmosferische druk af te lezen!  
Bereken dan  $\beta$  als volgt

$$\beta = \frac{p_{t'} - p_t}{p_t \cdot t' - p_{t'} \cdot t}$$

We nemen voor t de begintemperatuur en voor t' de eindtemperatuur.

#### 4 Opdracht

Bereken  $\beta$  en vergelijk de experimentele waarde met de theoretische en bepaal de procentuele afwijking. Maak een p(t)-diagram op millimeterpapier.

## DE ARBEID BEPALEN OP EEN HELLEND VLAK

### 1 Theoretische achtergrond

Arbeid is het uitoefenen van een kracht over een bepaalde afstand. Om een voorwerp een helling op te trekken moet je kracht uitoefenen over een bepaalde afstand. Je kunt het voorwerp ook direct over een bepaalde hoogte tillen tot op die plaats.

In beide gevallen wordt de arbeid gegeven door de formule:

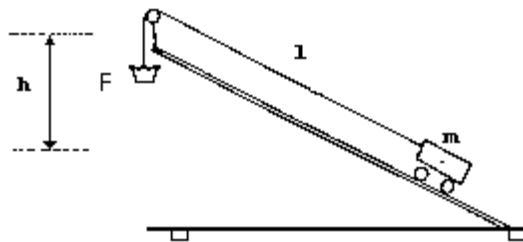
$$W = F \cdot x$$

### 2 Benodigdheden

- een wagentje op een helling
- kleine massa's
- een schaalpje
- loodkorrels

### 3 Werkwijze

We gaan bij de opstelling met een wagentje de arbeid op twee verschillende manieren berekenen en controleren dat ze gelijk zijn.



1)  $W_1 = F_g \cdot h$  met  $F_g =$  het gewicht wagentje

Je bepaalt de massa op balans en zet om met de formule  $F = m \cdot g$

Het hoogteverschil  $h$  meet je met een rolmeter. Meet van zwaartepunt tot zwaartepunt en telkens tot op de horizontale. De echte hoogte is dan het verschil tussen beide metingen.

2)  $W_2 = F \cdot l$  met  $F = (F_1 + F_2) / 2$

Hierin is  $l$  de lengte van de rolweg die het wagentje heeft afgelegd.

Om  $F$  te bepalen gaan we als volgt te werk.

We bepalen  $F_1$  als de kracht die het wagentje nodig heeft om boven te geraken.

Voeg loodkorrels bij in het schaalpje tot het wagentje juist naar boven rijdt. Doe de loodkorrels er liefst één per één bij vanaf een bepaalde waarde om zo nauwkeurig mogelijk te meten.

Bepaal de totale massa van schaalpje en loodkorrels op de balans. Het gewicht vind je dan weer door te vermenigvuldigen met 9,8.

We hangen het schaalpje met de loodkorrels in opnieuw aan de het touwtje. We nemen nu de loodkorrels uit het schaalpje tot het wagentje uit zichzelf weer naar beneden rolt. We bepalen weer de massa en berekenen  $F_2$ .

We vergelijken  $W_1$  en  $W_2$  en bepalen de P.A. tussen beide resultaten.

#### 4 Opdracht

Voer de proef uit voor een hellingshoek  $\alpha$  van  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  en  $20^\circ$ . Bereken telkens  $W_1$  en  $W_2$  en de P.A. tussen beide.

De wrijvingscoëfficiënt bij een hellend vlak kan je vinden uit de volgende formule:  $f = \text{tg } \alpha$

Je ziet ook dat de wrijvingscoëfficiënt groter wordt als de hellingshoek stijgt. Bereken telkens de wrijvingscoëfficiënt.



## JE VERMOGEN BEPALEN

### 1 Theoretische achtergrond

Vermogen is arbeid per tijdseenheid. Om je vermogen te kunnen bepalen moet je de verrichte arbeid kennen en de tijd.

Arbeid is kracht maal afstand.

Formules:  $P = W / t$     $W = F \cdot h$     $F = m \cdot g$

### 2 Benodigdheden

- een personenbalans
- een touw met schietlood
- een rolmeter
- twee meetlatten
- een chronometer tot op 0,1 s
- een trap in het gebouw

### 3 Werkwijze

Iedereen bepaalt zijn eigen vermogen door de trappen op te lopen en op te stappen.

Bepaal eerst je eigen massa tot op 1 kg nauwkeurig. Je gewicht is dan  $F = m \cdot g$ .

De hoogte  $h$  wordt op twee manieren bepaald:

1) meet op elke verdieping tot op 1 mm nauwkeurig telkens twee trappen van de vier verdiepen, neem het gemiddelde en vermenigvuldig met het aantal trappen.

2) meet de hoogte ook met een touw, een schietlood en een rolmeter.

Vergelijk beide resultaten en gebruik het beste!

Bereken dan  $W$  uit  $W = F \cdot h$

Meet nu driemaal de tijd lopend en driemaal de tijd stappend en neem het gemiddelde. Bereken dan  $P$  uit  $P = W/t$  ( $P$  in Watt)

### 4 Opdracht

Bereken  $P$ (lopend) en  $P$ (stappend). Heb je een idee van de fout?

Merk op dat het werkelijke vermogen groter is. Waarom?

## DE WATERWAARDE VAN EEN CALORIMETER

### 1 Theoretische achtergrond

Een calorimeter is een geïsoleerd vat waarin we proeven over warmte uitwisseling zullen uitvoeren. Dit vat neemt zelf ook warmte op, we noemen deze constante de waterwaarde en ze wordt in kg of in g uitgedrukt.

### 2 Benodigdheden

- calorimeter
- thermometer
- bekers
- bunsenbrander, drievoet en draadnet
- roerstaaf

### 3 Werkwijze

We voeren daartoe volgende proeven uit:

1) We brengen 400 g water op kamertemperatuur (20 °C) in de calorimeter. Afzonderlijk verwarmen we 100 g water tot 40 °C en voegen dit bij de calorimeter en lezen de eindtemperatuur  $t_e$  af na roeren.  
Uit de formule  $(m + u)(t_e - 20) = m'(40 - t_e)$  halen we  $u$ .

2) We brengen 400 g water van 40 °C in de calorimeter (afzonderlijk verwarmen) en dan pas de temperatuur aflezen! We voegen hierbij 100 g water van 20 °C en lezen de eindtemperatuur  $t_e$  af, na roeren.

Uit de formule  $(m + u)(40 - t_e) = m'(t_e - 20)$  halen we  $u$ .

### 4 Opdracht

Voer de proef uit voor 400 g en 100 g  
Voer de proef uit voor 500 g en 150 g

Merk op dat negatieve resultaten wijzen op niet nauwkeurige metingen!  
Als resultaat zullen we alle groepen hun resultaat nemen en daarvan het gemiddelde en vergelijken met het theoretisch juiste.

## WARMTECAPACITEIT VAN VASTE STOFFEN

### 1 Theoretische achtergrond

Elke vaste stof neemt warmte op als ze verwarmd wordt. We bepalen de warmtecapaciteit van enkele vaste stoffen.

### 2 Benodigdheden

- een calorimeter
- drie vaste stoffen
- thermometer
- roerstaaf
- bunsenbrander, driehoek en draadnet

### 3 Werkwijze

In een calorimeter met bekende waterwaarde  $u = 75$  g met A.F.( $u$ ) = 10 g brengen we  $m$  g water op kamertemperatuur  $t$  °C. Intussen laten we een maatbeker met water koken waarin we een metaal met massa  $m'$  op temperatuur  $t' = 100$  °C brengen. We laten het metaal gedurende een vijftal minuten of langer koken. Daarna brengen we met een tang (oplekken) het metaal in de calorimeter - zo vlug mogelijk en liefst zonder waterdruppels - we roeren en lezen de eindtemperatuur te met een thermometer op  $0,1$  °C.

Uit de formule

$$(m + u) \cdot c_w \cdot (t_e - t) = m' \cdot c(\text{met}) \cdot (t' - t_e) \text{ halen we } c(\text{met}).$$

Merk op dat  $c_w = 4186$  J/kg°C en A.F.( $c_w$ ) = 1 J/kg°C

### 4 Opdracht

Bepaal de warmtecapaciteit van ten minste drie metalen o.a. ijzer, lood, aluminium, koper, silicium, brons, marmer, graniet...

Zoek ook de theoretische waarden op in de tabellen en bepaal de procentuele afwijking.

## SMELTINGSWARMTE VAN IJS

### 1 Theoretische achtergrond

Als je een blokje ijs bij een beker warm water voegt dan zal het ijs smelten en de beker met water afkoelen. Op dit eenvoudig principe is het berekenen van de smeltingswarmte van ijs gebaseerd.

### 2 Benodigdheden

- een calorimeter
- een thermometer
- een roerstaaf
- diverse blokjes ijs

### 3 Werkwijze

We verwarmen 500 g water in een maatbeker tot +/- 35 °C. Intussen bepalen we de massa van het binnenste vat van de calorimeter. Daarna gieten we de 500 g water in de calorimeter en lezen de temperatuur af. Je voegt daarna een ijsblokje toe rechtstreeks uit de diepvriezer. Je voegt pas een nieuw blokje toe als het vorige gesmolten is! Je gaat zo door tot de temperatuur +/- 8 °C is.

Na de proef bepalen we de massa opnieuw en leiden hieruit af hoeveel water er is bijgekomen. De waterwaarde is  $u = 75$  g. We vinden de smeltingswarmte  $L_S$  uit de volgende formule:

$$(m + u) \times c_w \times (t - t_e) = m' \times c_w \times (t_e - 0) + m' \times L_S$$

Merk op dat  $c_w$  hier bekend is.

### 4 Opdracht

Voer de proef uit voor 500 g water en daarna voor 300 g water en bepaal de procentuele afwijking van de theoretisch juiste waarde nl.  $L_S = 334880$  J/kg  
Zorg dat je in de loop van de week voor voldoende ijsblokjes zorgt!!

## VERDAMPINGSWARMTE VAN WATER

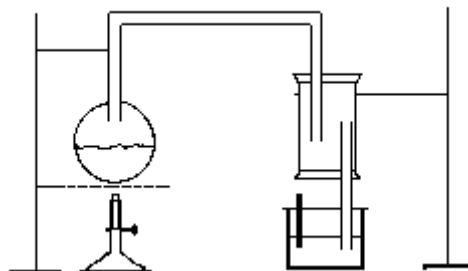
### 1 Theoretische achtergrond

Als je damp van 100 °C bij water op kamertemperatuur voegt, dan zal het water opwarmen en de damp zal opnieuw condenseren. Op dit principe is de volgende proef gesteund.

### 2 Benodigdheden

- een calorimeter
- een bunsenbrander, drievoet en draadnet
- een glazen buis van 5 cm diameter
- een U-vormig glazen buisje van 0,5 cm diameter
- twee kurken stoppen
- een erlenmeyer
- een thermometer
- een roerstaaf
- een liftje
- kooksteentjes
- twee statieven

### 3 Werkwijze



We maken bovenstaande opstelling: een erlenmeyer met enkele kooksteentjes en een willekeurige hoeveelheid water laten we koken. Als het water kookt geleiden we de damp door een glazen cilinder (condensatie) en verder door een glazen buisje in een calorimeter waarin we 500 g water op een temperatuur  $t$  gebracht hebben. Na de proef bepalen we de massa opnieuw en leiden hieruit af hoeveel water er is bijgekomen. We laten de proef doorgaan tot +/- 40 °C bereikt is (af en toe roeren). De buis moet volledig onder water zitten!! We vinden de verdampingswarmte uit de volgende formule:

$$(m + u) \cdot c_w \cdot (t_e - t) = m' \cdot L_V + m' \cdot c_w \cdot (100 - t_e)$$

We bepalen nu de procentuele fout op de theoretisch juiste waarde nl.  $L_V = 2260000$  J/kg

#### 4 Opdracht

Je voert de proef tweemaal uit. Je berekent telkens de verdampingswarmte en de P.A. t.o.v. de theoretische waarde.

Let op voor brandwonden: damp is 100 °C

## BEPALEN VAN DE MAXIMUM DAMPDRUKLIJN

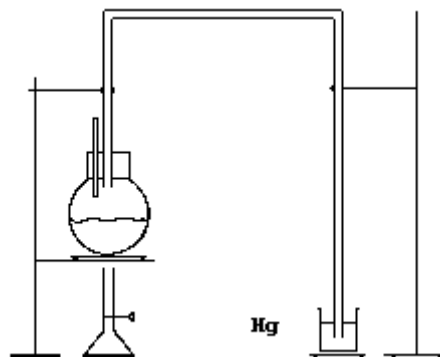
### 1 Theoretische achtergrond

Je zorgt dat je eerst over damp beschikt door de temperatuur van water tot op 100 °C te brengen. Als je die damp afsluit van de lucht en je laat de temperatuur weer afkoelen, dan krijg je onderdruk. Een vloeistof kookt ook bij lagere druk en op die manier merk je dat de vloeistof ook bij 40 °C nog kookt.

### 2 Benodigdheden

- een calorimeter
- een bunsenbrander, driehoet en draadnet
- een U-vormige dunne glazen buis aan een kant minstens 80 cm lang
- een rubberstop
- een thermometer
- een bekertje met kwik
- een lift
- een erlenmeyer
- twee statieven

### 3 Werkwijze



Je maakt de bovenstaande opstelling. In de erlenmeyer verwarmen we een willekeurige hoeveelheid water tot kooktemperatuur via een 80 cm lange buis. Het uiteinde brengen we als het water kookt in een kwikbad en draaien dan de gaskraan dicht!

Je zult merken dat het kwik omhoogkomt en dat er daarboven een waterkolom is.

Je meet daarna om de 5 °C, te beginnen vanaf 100 °C tot en met 40 °C telkens de hoogte van de kwikkolom en de hoogte van de waterkolom.

Merk op dat de hoogte van de waterkolom maximum tot aan de horizontale buis kan komen, het horizontaal gedeelte meet je er niet bij.

Je vindt de dampdruk als volgt:

$$p(\text{damp}) = p(\text{atm}) - p(\text{water}) - p(\text{kwik})$$

Je gebruikt de volgende formules bij het omzetten

$$p(\text{atmosfeer}) = (13600 \times 9,8 \times h) \text{ Pa} = \dots \text{ kPa}$$

$$p(\text{water}) = (1000 \times 9,8 \times h) \text{ Pa} = \dots \text{ kPa}$$

$$p(\text{kwik}) = (13600 \times 9,8 \times h) \text{ Pa} = \dots \text{ kPa}$$

Indien je nog tijd genoeg hebt verwarm je nu weer zeer langzaam tot 100 °C en doe dezelfde metingen.

Je neemt dan voor de berekeningen het gemiddelde van de twee waarnemingen.

Maak de volgende tabel

t(°C)	water(cm)	h <sub>kwik</sub> (cm)	p <sub>water</sub> ( Pa)	p <sub>kwik</sub> ( Pa)	p <sub>damp</sub> (Pa)	p <sub>damp</sub> (kPa)
95				90	100	40

#### 4 Opdracht

Voer de proef uit en maak een p(t)-diagram met de experimentele en de theoretische waarden.

Merk op dat de vloeistof blijft koken bij 40 °C. Men kan dit vaststellen door lichtjes op de kolf te tikken en dan ontsnappen dampbellen.

Theoretische waarden (zie ook tabel 10 p.170)

temp(°C) | dampdruk(kPa)

40	7
50	12
60	20
70	31
80	47
90	70
100	101



## WARMTECAPACITEIT VAN WATER

### 1 Theoretische achtergrond

Als je arbeid verricht, dan ontstaat er warmte. We passen dit principe toe op een draaiende calorimeter waarlangs we een touw laten draaien. Door het draaien van het touw langs de calorimeter wordt het water in de calorimeter warm.

Je berekent de ontstane warmte en de verrichte arbeid. Vermits de wet van behoud van energie van toepassing is, kunnen we daaruit de warmtecapaciteit van water berekenen.

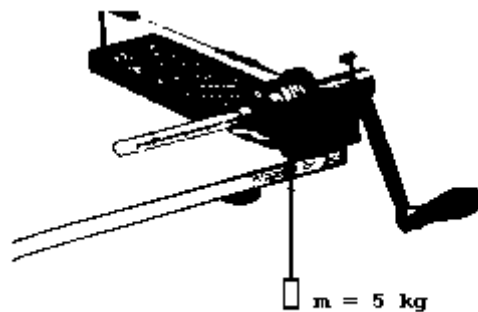
### 2 Benodigdheden

- een toestel met calorimeter en draaisysteem
- een thermometer
- een massa van 5 kg
- een aangepast touw
- een schuifmaat

### 3 Werkwijze

In het lab is een toestel aanwezig dat arbeid in warmte omzet. Dit toestel bestaat uit een kleine koperen calorimeter waarlangs een touw wrijft, waardoor warmte geproduceerd wordt.

We berekenen hier de warmtecapaciteit van water door aan te nemen dat alle verrichtte arbeid in warmte wordt omgezet.



De geleverde arbeid met een massa van 5 kg wordt gegeven door:

$$W = M \cdot g \cdot 2\pi r \cdot n$$

met  $M = 5 \text{ kg}$ ;  $g = 9,8 \text{ N/kg}$ ;  $r =$  straal calorimeter met schuifmaat te meten tot op  $0,01 \text{ cm}$ ;  $n =$  aantal toeren.

De ontvangen warmte wordt gegeven door:

$$Q = (m + u) \cdot c_w \cdot dt$$

m = massa water in calorimeter

u = waterwaarde calorimeter

$c_w$  = de 'onbekende' warmtecapaciteit van water

dt = het temperatuurverschil

Mits  $Q = W$  te stellen vinden we  $c_w$

We moeten begin en eindtemperatuur meten. We bepalen eerst de massa van de calorimeter leeg! en dan vullen we hem op met water - niet te veel - zodat er geen water uitkomt als we de thermometer tot op de bodem van de calorimeter plaatsen. Daarna goed dichtdraaien zodat we geen water morsen. Neem de calorimeter bovenaan vast zodat hij niet te veel opwarmt van de lichaamstemperatuur.

De waterwaarde u van deze calorimeter wordt met de volgende formule gevonden in gram! Daarna nog omzetten in kg in de hoofdformule.

$$u = (m + m') \cdot c + 5$$

m = massa water in calorimeter

m' = massa calorimeter leeg

$$c = 0.063$$

5 = equivalent van de thermometer

#### 4 Opdracht

Voer de proef uit voor  $n = 200$ ,  $n = 250$ , en  $n = 300$  toeren

Neem telkens ander water (koel) en bepaal telkens de massa. (niet noodzakelijk telkens dezelfde massa)

Bereken in de drie gevallen de procentuele afwijking als de theoretisch juiste waarde

$c_w = 4186 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  is.

## WARMTETRANSPORT IN VASTE STOFFEN, VLOEISTOFFEN EN GASSEN

### 1 Theoretische achtergrond

Warmte verplaatst zich in materie op een verschillende manier. In vaste stoffen is dat door geleiding, in vloeistoffen is dat door stroming en in gassen is dat door stroming en straling.

### 2 Benodigdheden

- een houten en een metalen blok
- twee proefbuizen
- een maatcilinder van 250 ml
- twee of drie gelijke metalen staafjes
- houtzaagsel
- een rechthoekige glazen buis die je kan vullen met water
- een zwart en een blinkend busje
- een metalen pan
- twee thermometers
- een draadnet met dunne mazen
- een stuk karton passend in de maatcilinder

### 3 Werkwijze

#### Vaste stoffen

1 Raak achtereenvolgens een houten en een metalen blok aan. Wat stel je vast in verband met de temperatuur? Wat is koud en wat is warm? Is dit logisch?

Waarneming: ...

Verklaring: ...

Besluit: ...

2 Neem een ijzeren en een koperen staafje en verwarm ze samen op dezelfde manier in de blauwe vlam van de bunsenbrander. Wacht tot je het warmte-effect voelt!!(let op). Bij welke staaf eerst?

Waarneming: ...

Verklaring: ...

Besluit: ...

3 Steek de bunsenbrander aan en neem met een wasspeld! een metaalgaas vast dat we boven de vlam houden. Ga nu met het gaas naar beneden tot op het bovenste van de bunsenbrander (langzaam). Ga dan weer omhoog met het draadnet. Wat stel je vast tussen bunsenbrander en draadnet?

Waarneming: ...

Verklaring: ...  
Besluit: ...  
Toepassing: ...

Algemeen besluit

Voor vaste stoffen gebeurt het warmtetransport door: ...

### Vloeistoffen

1 Vul een proefbuis voor 3/4 met water, hou ze onderaan met de hand vast en verwarm ze voorzichtig (draaien!!) bovenaan. Wat bemerk je aan het oppervlak en wat voel je onderaan?

Waarneming: ...  
Verklaring: ...  
Besluit: ...

2 Neem een proefbuis en vul ze weer voor 3/4 met water, hou ze met een wasspeld ter hoogte van het wateroppervlak vast en verwarm onderaan (draaien!!). Wat stel je vast?

Waarneming: ...  
Verklaring: ...  
Besluit: ...

3 Neem een rechthoekige glazen buis met vulopening en vul ze met water en een klein beetje zaagsel(helemaal vullen!!). Verwarm lichtjes aan de koperen draad! Wat stel je vast?

Waarneming: ...  
Besluit: ...  
Ken je een toepassing? ...

Algemeen besluit

Voor vloeistoffen gebeurt het warmtetransport door: ...

### Gassen

1 Ga met de palm van de hand voelen naast en bovenaan de bunsenbrander. Pas op! Wat voel je in beide gevallen?  
Heb je een idee van de temperatuur in de top van de vlam?

Waarneming: ...  
Besluit: ...

2 Neem een ronde metalen plaat en plaats ze op een driehoek met draadnet. Verwarm lichtjes en sprenkel er enkele druppels water op. Wat stel je vast?  
Verwarm nu de plaat tot ze goed heet is en sprenkel weer enkele druppels erop. Wat stel je nu vast?

Waarneming: ...  
Verklaring: ...  
Besluit: ...

3 Neem een maatcilinder van 250 ml en breng een kaarsje aan een ijzerdraadje naar beneden. Wat gebeurt er?  
Breng een strook karton in de maatcilinder en breng weer het kaarsje naar beneden. Wat gebeurt er nu?  
Trek dan de strook karton eruit en wat gebeurt er?

Waarneming: ...  
Verklaring: ...  
Toepassingen: ...

4 De warmte van de zon en van een lamp komt tot ons door.....

Algemeen besluit

In gassen gebeurt het warmtetransport door... en door...

### Warmteoverdracht

1 Neem een beroet en een blinkend maatbekertje en vul ze beide tot op identieke hoogte met eenzelfde hoeveelheid koud water. Zet ze dan beide op een driehoek en verwarm. Lees om de minuut de temperatuur van beide busjes af tot er een merkbaar temperatuurverschil is. Noteer beide temperaturen.

Waarneming: ...  
Besluit: ...

2 Verwarm water tot kooktemperatuur. Giet in het beroet en blinkend busje t.z.t. eenzelfde hoeveelheid kokend water. De bekertjes moeten op dezelfde temperatuur zijn. Je kunt ze bv. eerst ontspoelen met koud water. Neem het beroet busje niet te veel met de hand vast anders moet je opnieuw beroeten! Lees de begintemperatuur af (gelijk in het begin) en lees dan weer om de minuut de temperatuur af van beide busjes. Dek de busjes af met een kartonnetje. Noteer beide temperaturen.

Waarneming: ...  
Besluit: ...  
Toepassingen: ...

4 Opdracht

Voer alle beschreven proeven uit, zoek telkens de verklaring en geef ook het besluit.

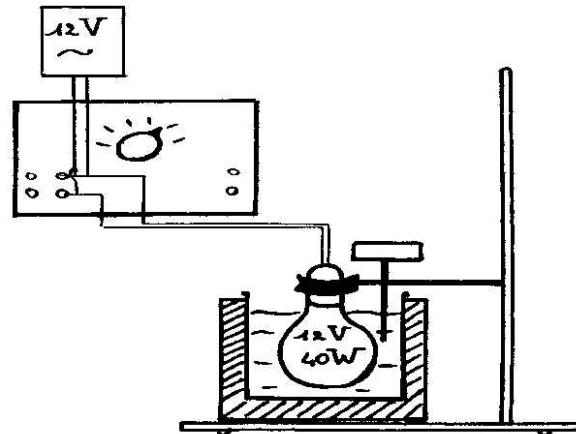


## BEPALING VAN HET RENDEMENT VAN EEN GLOEILAMP.

### 1 Theoretische beschouwingen

Bij een gloeilamp wordt elektrische energie ( $\Delta E_{\text{elek}}$ ) grotendeels omgezet in thermische energie of warmte ( $\Delta E_{\text{th}} = Q$ ). Slechts een klein gedeelte wordt omgezet in lichtenergie ( $\Delta E_{\text{licht}}$ ).

Dit betekent dat het rendement ( $\eta$ ) van een gloeilamp tamelijk klein is.



### 2 Benodigdheden

- calorimeter
- statief, dubbelnoot en klem
- lamp (E27; 12 V / 40 W)
- wisselspanningbron
- voltmeter voor wisselspanning
- chronometer
- bovenweger

### 3 Werkwijze

rendement:

$$\eta = \frac{\Delta E_{\text{licht}}}{\Delta E_{\text{elek}}} \times 100 = \frac{\Delta E_{\text{elek}} - \Delta E_{\text{th}}}{\Delta E_{\text{elek}}} \times 100$$

$\Delta E_{\text{elke}} = ?$

We meten de tijdsduur ( $\Delta t = ?$ ) die nodig is om 200 g water een temperatuurstijging  $\Delta T = 10,0 \text{ K}$  te geven.

Het vermogen van de lamp:  $P = 40 \text{ W}$

$\Delta E_{\text{elek}} = \dots\dots\dots$

$\Delta E_{th} = ?$  We bepalen de warmte  $Q$  die nodig is om 200 g water 10,0 K in temperatuur te doen stijgen in een calorimeter met  $C = 81 \text{ J/K}$ . ( $c_{water} = 4186 \text{ J/kg.K}$ )

$\Delta E_{th} =$

#### 4 Metingen

De leraar vragen om de lamp op 12 V-wisselspanning te schakelen.

Zorg ervoor dat je calorimeter de temperatuur van het leidingwater verkrijgt door enkele malen te spoelen.

Doe 200 g leidingwater in de calorimeter:

$m_{water} = \dots\dots\dots$

Meet de begintemperatuur:  $t_{begin} = \dots\dots\dots$

Dompel de lamp in het water. Zorg er wel voor dat de lampvoet droog blijft.

Start de chrono en meet de tijd nodig om een temperatuurstijging  $\Delta T = 10,0 \text{ K}$  te verkrijgen.

$\Delta t = \dots\dots\dots$

#### 5 Berekeningen

a) Bereken de hoeveelheid thermische energie:

$\Delta E_{th} = Q = .$

Bereken de hoeveelheid elektrische energie:

$\Delta E_{elek} = ..$

Bereken het rendement:  $\eta = \dots$

#### 6 Opdracht en bespreking

Fabrikanten van gloeilampen geven een rendement op van slechts 5%.

Waarschijnlijk heb jij een groter resultaat bekomen.

Verklaar waarom jouw resultaat afwijkt.

Welke raad zou je kunnen geven aan de consument rekening houdend met het lage rendement van een gloeilamp?