

1

Warmteleer.

Berekenen van opgenomen of afgestane warmte, soortelijke warmte.	opgave 1.1 t/m 1.4
Soortelijke warmte als stofeigenschap.	1.2
Elektrische energie en warmte, vermogen en rendement.	1.5 t/m 1.7
Warmte en temperatuur, eenheden van temperatuur.	1.8 t/m 1.9
Warmtecapaciteit en joulemeter	1.10
Smelten en stollen, smeltingswarmte, smeltraject.	1.11 t/m 1.12
Verdampen en condenseren, verdampingswarmte, kooktraject.	1.13 t/m 1.14
Verbrandingsproces, verbrandingswarmte.	1.15 t/m 1.16
Oploswarmte	1.17
$Q_{op} = Q_{af}$, bepalen soortelijke warmte, smeltwarmte, oploswarmte, verdampingswarmte.	1.18 t/m 1.23
Arbeid omzetten in warmte.	1.24
Warmtepomp	1.25
Warmte en energie bij het menselijk lichaam.	1.26

2

Uitzetting.

Lineaire uitzetting, lineaire uitzettingscoëfficiënt α .	2.1
Werking van een bimetaal.	2.2
Oppervlakte-uitzetting, oppervlakte- uitzettingscoëfficiënt β .	2.3
Volume-uitzetting, volume-uitzettings coëfficiënt γ .	2.4
Verband tussen α , β en γ .	2.5
Uitzetting bij vloeistoffen en gassen	2.6

3

Warmtetransport.

Soorten van warmtetransport.	opgave 3.1 t/m 3.2
Warmtegeleiding en warmteweerstand.	3.3 t/m 3.4
Analogie vloeistof- en warmtetransport.	3.5
Afkoelproces.	3.6
k - en R -waarde	3.7 t/m 3.8
Rekenen aan CV	3.9
Warmtetransport door straling, basisbegrippen golflengte en frequentie	3.10
Stralingswet van Stefan en Boltzman en wet van Wien.	3.11 t/m 3.12

4

Elektrische velden.

1. Waarom elektrische krachten en velden?	Blz 64
2. Grootte en krachten van ladingen.	69
3. Veldsterkte, kracht en veldlijnen.	78
4. Energie in elektrisch veld.	84
5. Elektroforese.	93
6. Keuzeonderwerpen.	99
Bijlage elektrische velden	105

5

Atoomfysica.

1. Licht : golven of deeltjes.	blz 106
2. Fotonen, elektronen en spectraallijnen.	114
3. Analysetechnieken.	128
4. Keuzeonderwerpen.	137

Verantwoording natuurkunde voor het laboratoriumonderwijs

Dit boek bevat de natuurkundige basiskennis die nodig is om de principes van veel voorkomende analyses op het lab te begrijpen.




Op de site www.vervoortboeken.nl staat een grote verzameling ondersteunend materiaal met veel links naar interactieve simulaties. Tevens staan hier ook de uitwerkingen van de opgaven.

De onderwerpen zijn vooral gericht op het werken in een laboratoriumomgeving. Dit boek is het resultaat van een continu ontwikkelingsproces door interactie met studenten en collega's.

Succes met 'Blended Learning'!

Jos Vervoort en Teo kleintjes

Gebruikte iconen :

 1.1	Reflectievragen
 3.2	Samenvatting voor aantekenschrift
 1.1	Verwijzing naar internetsite

1

Warmteuitwisseling.

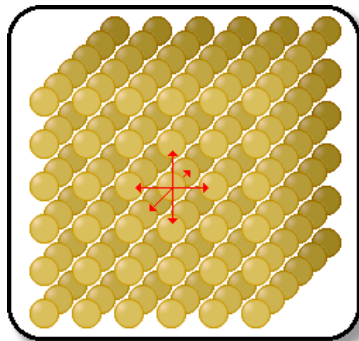
Verwarmen

Blz. 9

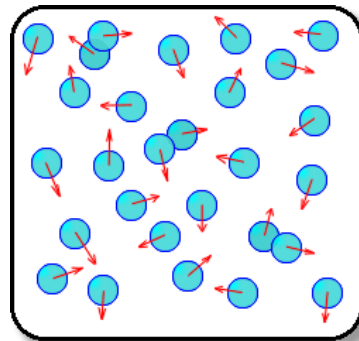
Bij het verwarmen van een stof krijgen de deeltjes (atomen of moleculen) een grotere snelheid. Bij een vaste stof betekent dit dat ze over een grotere afstand heen en weer bewegen (trillen). Bij een bepaalde temperatuur kunnen de deeltjes van elkaar los raken (smelten).

Verwarmen gebeurt door het verbranden van gas, elektrisch, door wrijving of door straling.

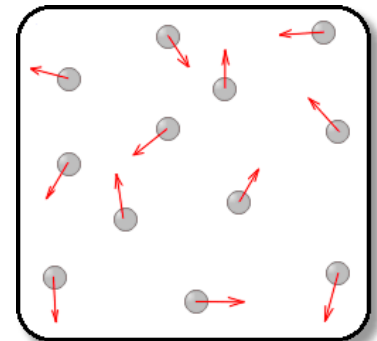
Warmte (Q) wordt gegeven in de eenheid joule(J).



vaste stof



vloeistof



gas

Opdracht 1.1

Hoeveel warmte heb je nodig om een stof op te warmen?

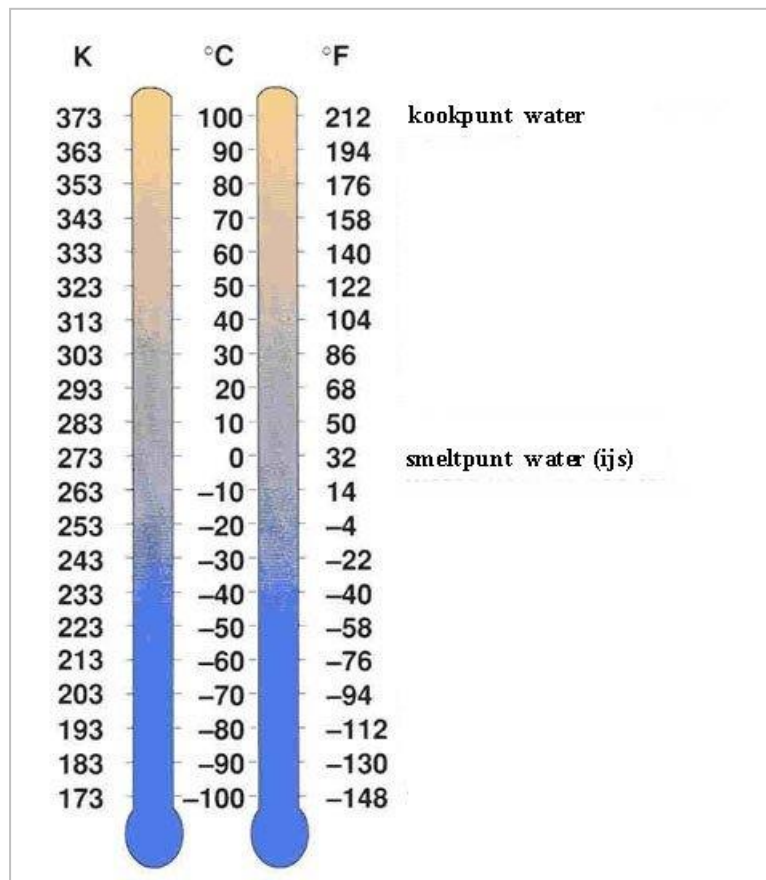
In een tabellenboek kun je vinden dat water een soortelijke warmte (c) heeft van 4180 joule (J) per kilogram (kg), per graad Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

$$c = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

Opgave 1.9

Eenheden van temperatuur.

Blz. 19



De temperatuur wordt gemeten in graden Celsius ($^{\circ}\text{C}$), in graden Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$, vooral in Engelstalige landen) en in Kelvin (K, volgens het internationaal eenhedenstelsel en veel gebruikt in de wetenschap). De laagste temperatuur is 0 K, het absolute nulpunt. Bij deze temperatuur staan alle deeltjes stil. Lucht wordt bij -196°C en normale luchtdruk vloeibaar. Je kunt het dan gieten net als water.

Overigens gebeuren er bij de zeer lage temperaturen (in de buurt van 0 K) bijzondere dingen met allerlei stoffen. Het vakgebied noemt men cryogene techniek. Internet: (*cryogene techniek*).

- Bereken het aantal graden Celsius dat hoort bij 0 Kelvin.
- Water wordt verwarmd van 10 tot 20°C . Geef begin en eindtemperatuur in K.
- Maakt het iets uit of je ΔT in K of $^{\circ}\text{C}$ uitrekent?
- Water heeft een soortelijke warmte van $4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$. Hoe groot is deze waarde als je in plaats van $^{\circ}\text{C}$ de K gebruikt?

Opgave 1.17

Warmte bij het oplossen van een stof.

Sommige stoffen, zoals natronloog, geven bij het oplossen in water warmte af (exotherm), andere stoffen zoals keukenzout (NaCl) nemen warmte op (endotherm).



Natronloog wordt onder andere gebruikt als afbijtmiddel van verf of ontstoppingsmiddel voor het riool. De chemische formule is NaOH. Bij oplossing worden de Na⁺ ionen en de (OH)⁻ groepen uit elkaar gehaald door de water-moleculen. Watermoleculen hebben namelijk een positieve en een negatieve kant.

oploswarmte voor NaOH in water : $l_{opl} = 1040 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$



1.2

- R1** Beschrijf met eigen woorden de betekenis van oploswarmte.
R2 Bedenk een eenvoudige formule waarmee je de warmte (Q in J) uit kunt rekenen als je de massa van de op te lossen stof (m in kg) en de oploswarmte (l_{opl} in kJ/kg) weet.

Blz. 28

- a** Bereken de warmte die vrijkomt als je 100g NaOH oplost in water.
b Bereken de temperatuurstijging als dit oplossen gebeurt in 500g water. Je mag voor de soortelijke warmte van de oplossing dezelfde waarde nemen als die van water.
c Beredeneer wat veiliger is.
 1. Eerst water nemen en dan loog toevoegen of
 2. Eerst loog in een glazen bakje doen en dan water toevoegen.



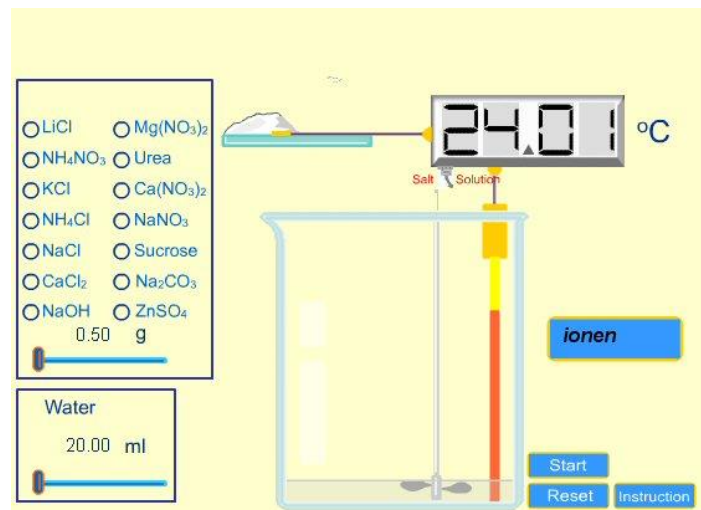
1.3

- R3** Maak een studie van de gevaren van caustic soda (NaOH). Zoekterm internet: (*caustic soda safety* of *caustic soda safety/afbeeldingen*)



1.2

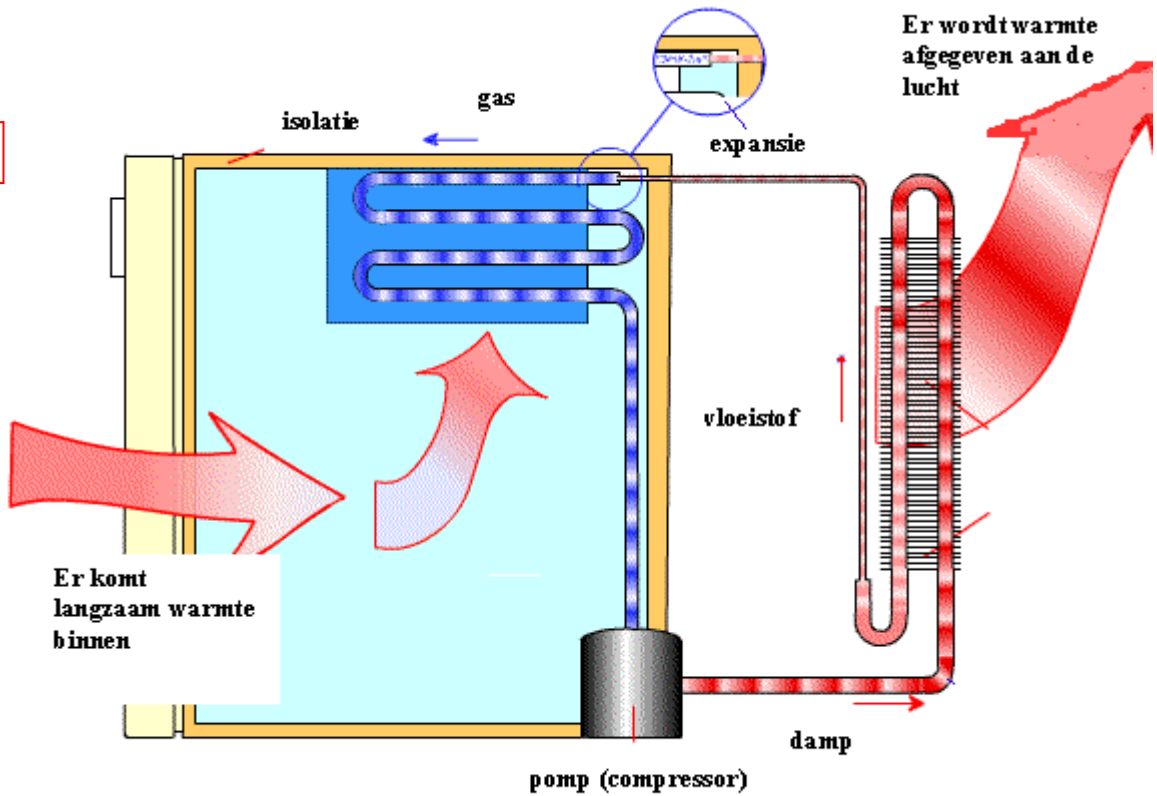
- d** Voer het virtuele experiment uit op site [1.2](#)



Welke oplossingen zijn endotherm en welke exotherm? Laat zien door middel van een grafiek. Controleer de uitkomst van de simulatie als je 5 gram NaOH toevoegt aan 100 g water.

f

Blz. 37



Hierboven is een doorsnede getekend van een koelkast. Geef de volgende onderdelen aan in de tekening:

- A : verdamper
- B : condensor
- C : vernauwing

- g De compressor van de koelkast wordt uitgeschakeld bij een temperatuur van 5°C en ingeschakeld bij een temperatuur van 6°C . De compressor heeft een elektrisch vermogen van 50 W. Hoeveel vermogen verbruikt de compressor als deze de helft van de tijd aan staat?
- h Bereken dit gemiddelde vermogen als de koelkast iedere minuut 12 seconden aan staat.
- i De hier besproken warmtepomp is erg milieuvriendelijk. Waarom?



1.4



1.3

R4 Bestudeer een warmtepompsysteem op site [1.3](#). Maak een document in 'word' en beschrijf het warmtepompsysteem dat je op internet gevonden hebt. De afbeeldingen kun je met knippen en plakken in je document opnemen.

Opgave 2.5

De lineaire-, oppervlakte- en volume uitzettingscoëfficiënt.

Messing heeft een lineaire uitzettingscoëfficiënt van $17 \cdot 10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$

- a Welke waarde heeft α als de eenheid $\text{mm}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ is?
- b Bereken de oppervlakte-uitzettingscoëfficiënt β van messing en geef hierbij de juiste eenheid.
- c Bereken de volume-uitzettingscoëfficiënt γ van messing en geef hierbij de juiste eenheid.

Blz. 44



2.5

R5 Waarom is de eenheid $\text{m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ eigenlijk duidelijker dan de ook veel gebruikte eenheid $1/\text{K}$.

- d De ribben van een kubusje van messing ($100 \times 100 \times 100 \text{ mm}$) worden door verhitting $0,10 \text{ mm}$ langer. Bereken op een snelle manier de oppervlakte-vergroting van de zijden en de volumevergroting.

Opgave 2.6

Uitzetting van gassen en vloeistoffen.

Bij gassen en vloeistoffen is de volume-uitzettingscoëfficiënt γ niet gelijk aan $3 \cdot \alpha$, maar op te zoeken in een tabel.

Een glazen kolf heeft een volume van 500 ml en is tot aan de rand gevuld met water. Voor het pyrex-glas geldt $\alpha = 4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

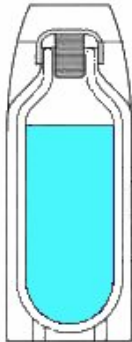
- a Zal het water overlopen?
Is de volumetoename van het glas groter dan die van water?
Geef verklaring.
- b Bereken de volumetoename van $1,000 \text{ liter}$ water als deze verwarmd wordt van $4,0$ tot $100 \text{ }^\circ\text{C}$.
- c Bij $4,0 \text{ }^\circ\text{C}$ weegt $1,000 \text{ liter}$ water $1,000 \text{ kg}$.
Bereken de dichtheid bij $4,0 \text{ }^\circ\text{C}$.
Bereken de dichtheid bij $100 \text{ }^\circ\text{C}$
- d Hoeveel zet alcohol meer uit dan water?

vloeistof	Volume-uitzettingscoëfficiënt γ (1/K)
aceton	0.00143
alcohol (ethanol)	0.00109
kwik	0.00018
motorolie	0.00070
water	0.00021

- e Zoek op internet naar een toepassing van uitzetting bij verwarming. Internet: (*thermal expansion/afbeeldingen*)
Maak hiervan een word-document.
- f In een leiding van een centrale verwarming is een expansievat opgenomen. (*expansievat/afbeeldingen*)

Opgave 3.6

Blz. 52



Het afkoelproces door geleiding.

Een glas is gevuld met hete koffie. De warmte van de koffie gaat door het glas naar buiten. Ook de lucht aan de buitenkant van het bekersglas speelt een rol bij het doorgeven van warmte. Als deze lucht door een ventilator langs het bekersglas geblazen wordt zal de warmte sneller afgevoerd worden.

- Waarom zal het afkoelen van 90 tot 80 °C veel sneller gaan dan van 40 tot 30 °C? Het gaat toch om hetzelfde temperatuurverschil?
- Het afkoelen kan voorkomen worden door de koffie in een thermoskan te doen. Welke grootte heb je dan sterk veranderd? Waarom is de warmtestroom dan zo klein?
- Een thermoskan heeft een dubbele wand met daartussen vacuüm. Waarom is de warmtegeleiding dan zo slecht?
- Bij een wijnkoeler maakt men wel gebruik van een dubbelwandige plastic bak. Tussen de twee wanden zit gewoon lucht. Waarom is hier de geleiding toch slecht?



3.5

-
- R6** Zoek op internet : (*thermosfles/afbeeldingen*) Beschrijf de opbouw van een thermosfles en leg uit waarom deze de warmte zo goed vast houdt.
-

Opgave 3.7

De overallcoëfficiënt k .

In de praktijk wordt de warmteweerstand niet alleen bepaald door de wand maar ook door de grenslagen van vloeistof en of gas. Een enkel glazen raam heeft zowel aan de binnenkant als aan de buitenkant een grenslaag van lucht die een belangrijke bijdrage levert aan de warmteweerstand.

In plaats van de warmtegeleidingscoëfficiënt λ gebruikt men de constante k of soms u , de zogenaamde overallcoëfficiënt of warmtedoorgangs-coëfficiënt.

Standaard dubbelglas heeft een k -waarde van $3,0 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

Per vierkante meter dubbelglas gaat er bij een temperatuurverschil van 1 graad Celsius 3 W (3 joule per seconde) aan warmte door het raam.



3.6

-
- R7** Hoeveel warmte er door een dubbelglazen raam met een oppervlak van 4 m² gaat bij een temperatuurverschil van 20 °C.
- R8** Bedenk een eenvoudige formule om de warmtestroom (Φ_w) uit te rekenen als het oppervlak (A), het temperatuurverschil (ΔT) en de k -waarde gegeven zijn.
-

Opgave 3.12

Golflengte en temperatuur.

Blz. 62

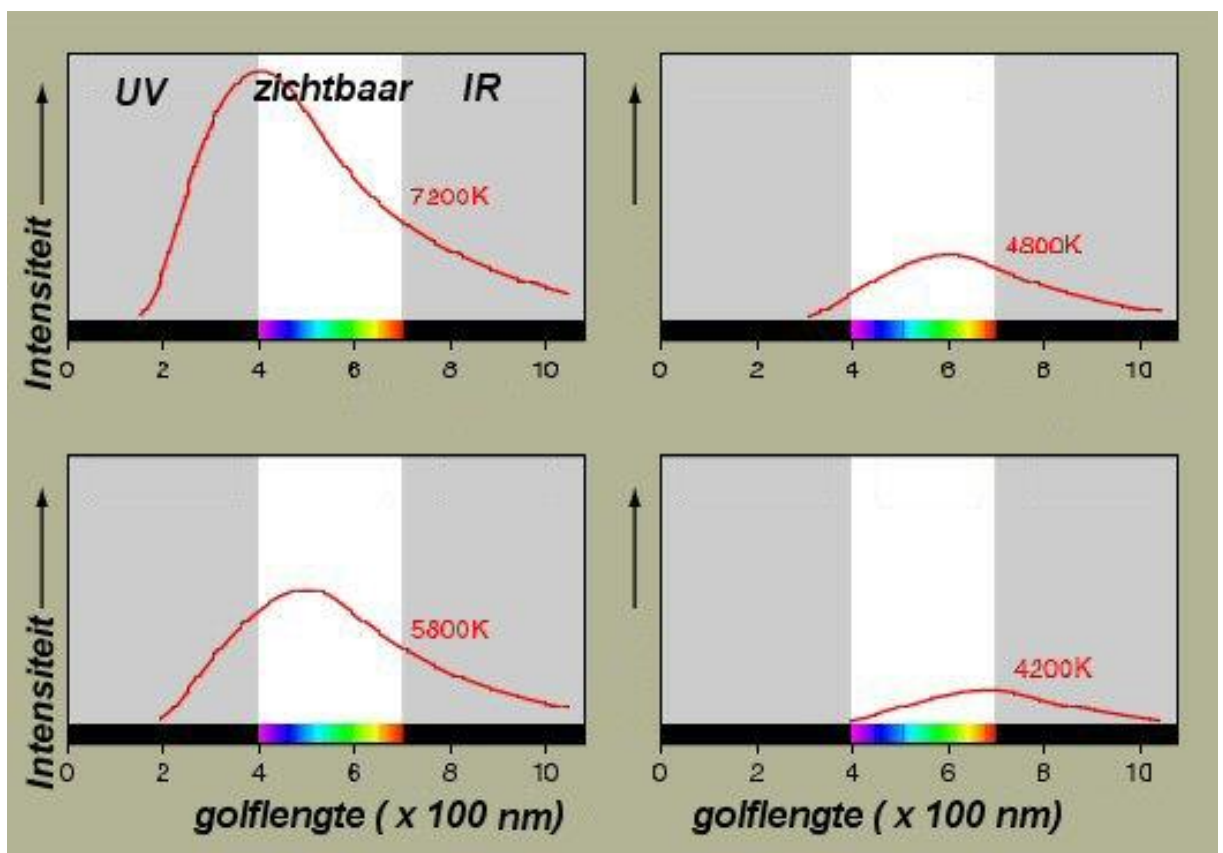
De golflengte van de uitgezonden straling hangt af van de temperatuur van de oppervlakte. Er is overigens geen sprake van één golflengte maar van een golflengte-gebied (spectrum). Er is wel sprake van een golflengte die maximaal voorkomt.

Deze kun je uitrekenen met de wet van Wien.

$$\lambda_{\max} = \frac{2.9}{T}$$

λ_{\max} is de meest voorkomende golflengte in mm.

T is de temperatuur in K



- Hierboven is het spectrum te zien straling, uitgezonden door massa's van verschillende temperatuur. Bereken de meest voorkomende golflengte bij 5800 K. (temperatuur aan de oppervlakte van de zon) Controleer dat met de juiste grafiek.
- Wat zal de kleur zijn van de straling die wordt uitgezonden door een massa die een temperatuur heeft van 700 °C.
- Een blauwe vlam is heter dan een gele vlam. Leg uit.



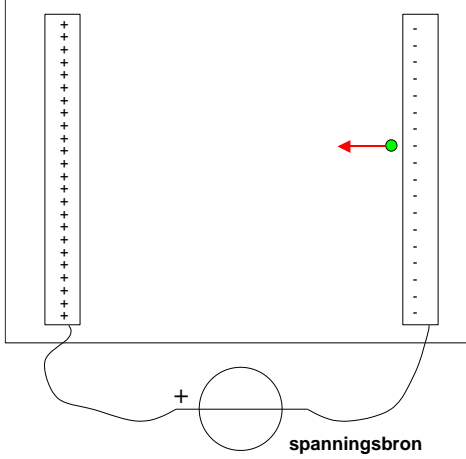
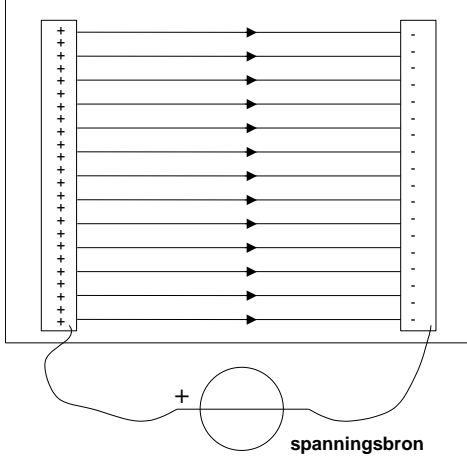
-
- S1** Beschrijf de 3 soorten warmtetransport.
- S2** Hoe kun het warmteverlies berekenen door een wand van materiaal met warmtegeleidingscoëfficiënt λ , oppervlakte A en dikte d . Geef getallenvoorbeeld.
- S3** Hoe bereken je de warmteweerstand R_w ? Geef getallenvoorbeeld.
- S4** Hoe bereken je het warmteverlies door een wand met overall-coëfficiënt k , oppervlak A en dikte d ? Geef getallenvoorbeeld.
- S5** Hoe bereken je het benodigde vermogen van een CV-ketel? Geef getallenvoorbeeld.
- S6** Hoe ontstaat een watergolf en een infrarode EM-golf? Wat is de betekenis van golflengte? Wat is de snelheid van EM-golven en wat is de golflengte van IR-straling?
- S7** Hoe bereken je de energie die een oppervlak uitstraalt door middel van infrarode straling of golven? Geef getallenvoorbeeld.
- S8** Wat is de betekenis van de emissiecoëfficiënt ε ?
- S9** Wat is de betekenis van de absorptiecoëfficiënt?
- S10** Wat kun je berekenen met de technische stralingswet? Geef een getallenvoorbeeld.
- S11** De golflengte van de infraroodstraling hangt af van de temperatuur van het voorwerp. Met welke wet kun je de golflengte, waarmee de meeste energie getransporteerd wordt, uitrekenen?
-

Opgave 1.2

Het principe van elektroforese

In de tekening zie je het principe achter elektroforese.

Blz. 65

	
<p>Door de spanningsbron krijgen de platen een elektrische lading, weergegeven met + en – Een negatief geladen eiwitfragment ● ondervindt tussen de platen een elektrische of elektrostatische kracht, weergegeven door de rode pijl.</p>	<p>Als er geen geladen deeltje tussen de platen aanwezig is, wordt er ook geen kracht uitgeoefend. Toch is er een bepaalde invloed aanwezig in de ruimte tussen de platen. Men noemt die invloed een elektrisch veld. Een aantal getekende veldlijnen zijn daar het symbool van. De pijlen geven bij afspraak de richting van de kracht aan op een positieve lading.</p>

Neem over en maak kloppend:

- a** het negatieve eiwit wordt aangetrokken/afgestoten door de negatieve plaat en aangetrokken/afgestoten door de positieve plaat

Vul in: “stoten elkaar af” of “trekken elkaar aan”:

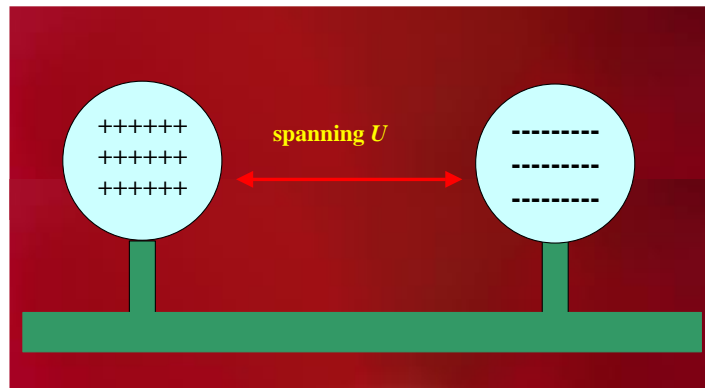
- b** gelijksoortige ladingen en verschillende ladingen

Opgave 2.7

Statische elektriciteit gaat bewegen

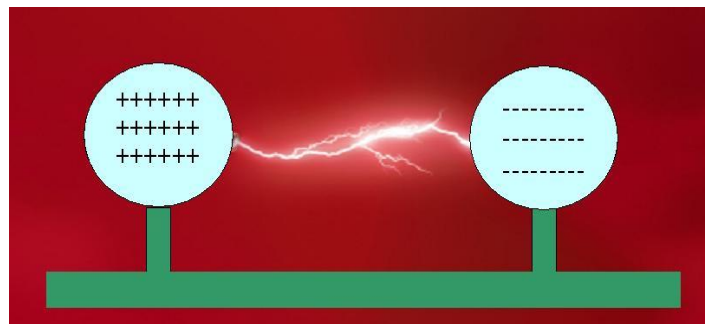
Als negatieve en positieve ladingen gescheiden worden ontstaat er een spanning tussen de twee geladen voorwerpen.

Blz. 74



Als de spanning hoog genoeg wordt en de afstand tussen de voorwerpen klein genoeg gaat de lading door de lucht bewegen en ontstaat een vonk. Per meter afstand is in lucht een spanning nodig van 3 miljoen volt.

Doorslagspanning van lucht = 3 miljoen volt per meter



2.4

R17 Hoeveel spanning is nodig bij een afstand van 2 m?

R18 En bij een afstand van 50 cm?

R19 Een elektrische gasaansteker maakt een vonk over een afstand van 1 mm. Hoeveel spanning wek je dus op met je hand?



Opgave 3.4

Elektrische veldsterkte om ons heen en in ons

Zonder het te merken komen wij ook regelmatig in aanraking met *elektrische* velden. In de volgende tabel zie je enkele voorbeelden.

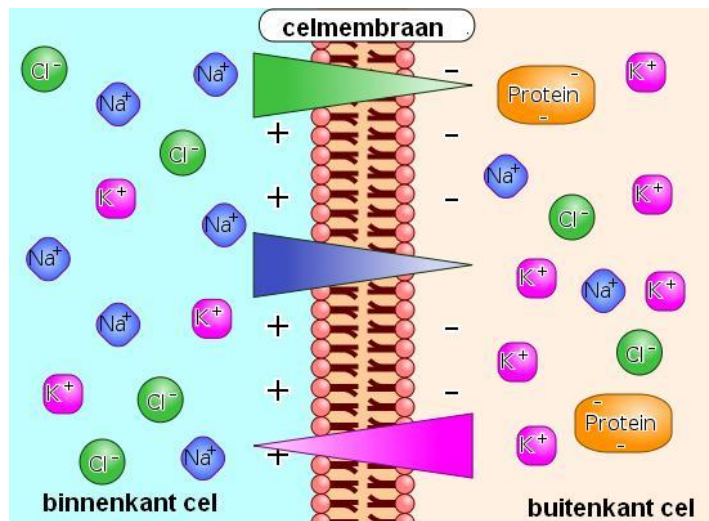
Blz. 81

bron	veldsterkte (V/m)	bron	veldsterkte (V/m)
stroomdraden in huis	0,01	buiten in zonlicht	1000
vlakbij de stereo (10 cm afstand)	100	onweersbui	10.000
in de lucht	150	doorslagveldsterkte van lucht	3.000.000
in de douche	800	celmembraan	????

Over het celmembraan in menselijke (en dierlijke) cellen staat een spanning van ongeveer 63,0 mV.

Deze spanning wordt veroorzaakt door concentratieverschillen van positieve en negatieve ionen binnen en buiten de cel. Hij heeft twee functies:

- De cel kan daardoor als een batterij werken, waardoor moleculaire “machientjes” die in het membraan zitten, kunnen werken.
- In zenuwcellen (neuronen) kan deze spanning veranderen waardoor elektrische signalen (stroompjes) doorgegeven kunnen worden.



Een celmembraan is 7,85 nm dik.

Bereken de elektrische veldsterkte over het membraan.



Dieren en dus ook mensen wekken door de elektrische lading in hun zenuwen en spieren ook een klein elektrisch veld op naar de buitenwereld. Haaien hebben een zintuig hiervoor. Ze kunnen veldsterktes waarnemen van 10^{-6} V/m!

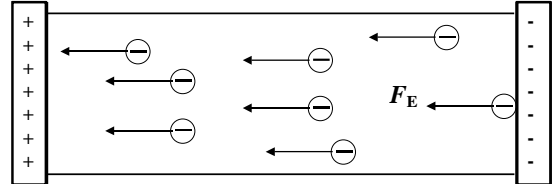
Opgave 5.1

Het principe van elektroforese: evenwicht van krachten

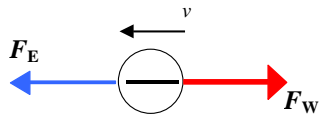
Zoals bekend is elektroforese een scheidingsmethode van geladen deeltjes in een elektrisch veld. Dit zijn meestal amnozuren, eiwitten en nucleïnezuren (DNA). Hierbij worden de deeltjes afgeremd door papier of een gel.

Blz. 93

Het elektrische veld oefent een kracht F_E uit op de geladen deeltjes in de gel. De deeltjes worden versneld, en gaan bewegen.



a Waarom gaan ze niet steeds sneller bewegen?



De wrijvingskracht die ontstaat is evenredig met de snelheid van de deeltjes. De evenredigheidsconstante noemt men **wrijvingscoëfficiënt**.

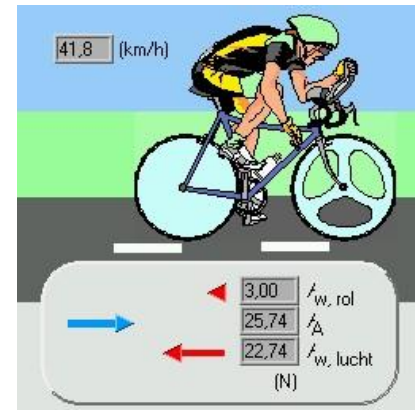
Wrijvingskracht op bewegende voorwerpen

$$F_W = f \cdot v$$

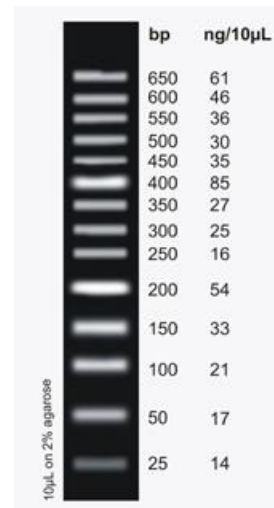
met F_W wrijvingskracht in N
 f wrijvingscoëfficiënt in Ns/m
 v snelheid in m/s

Dat verschijnsel kennen we ook bij het fietsen. Een fietser rijdt op een rechte weg, zie figuur rechts.

- Welke drie krachten werken er op hem?
- De krachten zijn in evenwicht. Hoe zie je dat?
- Waar zal de luchtwrijvingskracht van af hangen?
- Wat gebeurt er als zijn afzetkracht minder wordt (langzamer trappen)? Welke krachten veranderen?
- Ontstaat er weer evenwicht? Wat is het verschil met de beginsituatie?



Als controlemonster kunnen voorbereekte monsters gekocht worden, zie voorbeeld rechts. Hieronder de bijgaande tekst van de fabrikant.

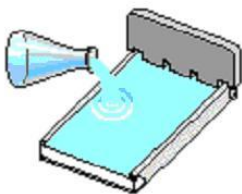


Blz. 97

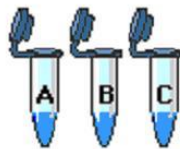
“ The Norgen MiniSizer 50 bp DNA Ladder is prepared to ensure quality and batch-to-batch consistency. This Ladder contains fourteen discrete fragments ranging from 25 bp to 650 bp in 50 bp increments with double intensity reference bands at 200 bp and 400 bp. The MiniSizer is ideal for PCR product size confirmation.”

Praktische uitvoering van gelelektroforese

1 maak een gel



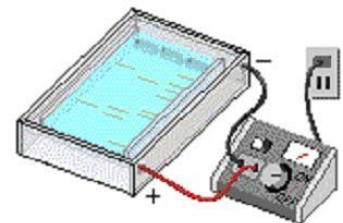
2 bereid DNA samples



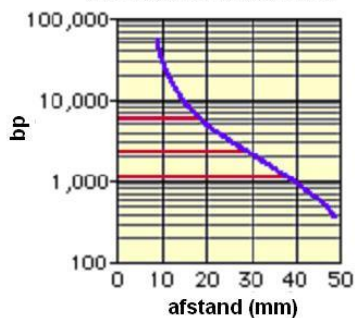
3 Pipetteer de samples in de gel



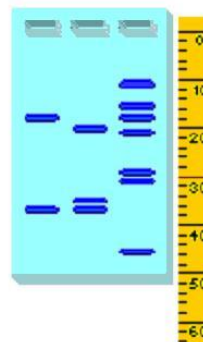
4 scheid de fragmenten door elektroforese



5 maak een standaardcurve met bekende fragmenten



6 meet de afstanden en bepaal de grootte van de fragmenten



5.2

Een uitstekende uitleg is te vinden op deze [website](#).



5.3

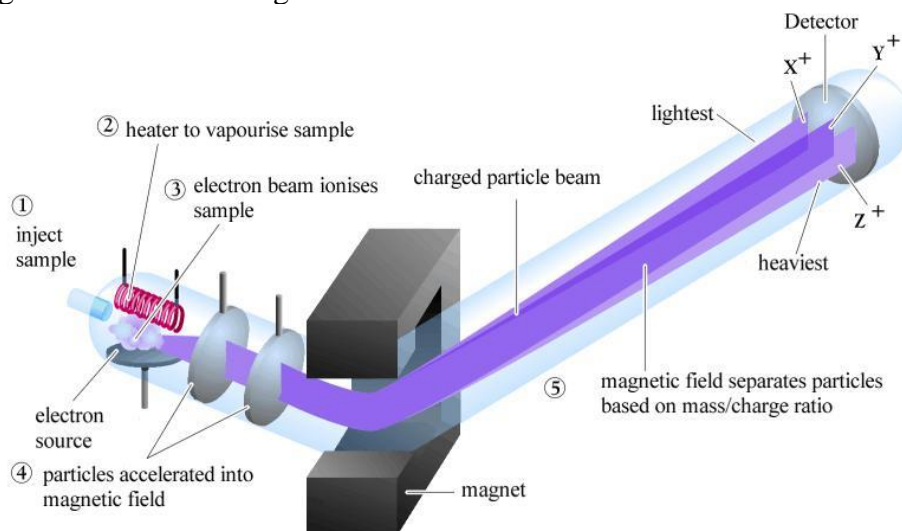
Oefenen met simulatie kan ook op deze [website](#).

Opgave 6.4

De massaspectrometer

In een **massaspectrometer** worden atomen met verschillende massa's geïoniseerd en vervolgens in een elektrisch veld versneld.

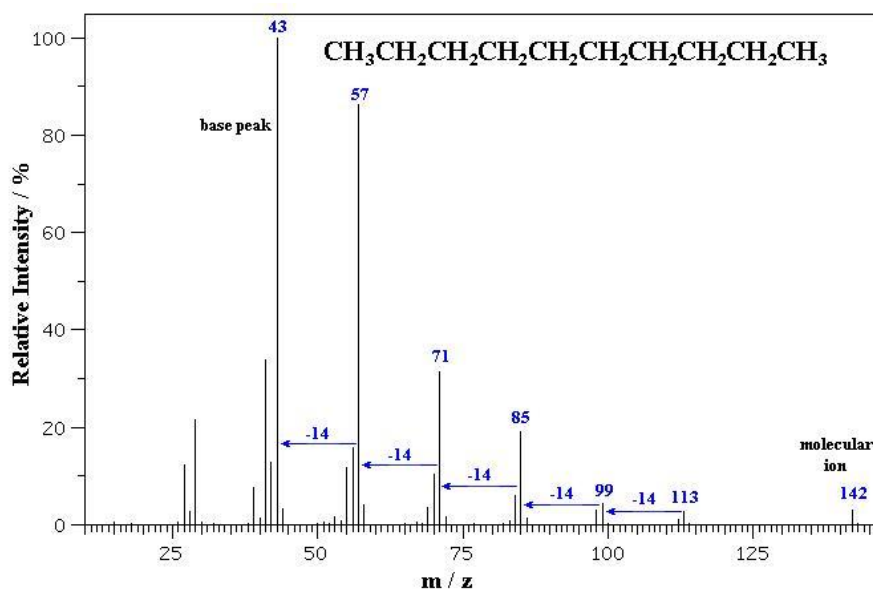
Blz. 104



Bestudeer het plaatje.

- Hoe wordt het monster verdampt?
- Hoe wordt het monster geïoniseerd?
- Hoe worden de positieve ionen versneld?
- Hoe worden de ionen gescheiden?

Hieronder zie je een typisch massaspectrometer resultaat, in dit geval van de organische verbinding decaan.



- Hoe zie je dat de keten in stukken is gebroken bij het ioniseren?
- Waarom zit er steeds een verschil in van 14 M-eenheden?

Opgave 1.3

Elektromagnetische golven

Licht bestaat uit elektromagnetische golven. Hier beweegt geen materie maar bewegen veranderende elektrische en magnetische velden met een snelheid

$$c = 300.000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1} = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (in vacuüm).}$$

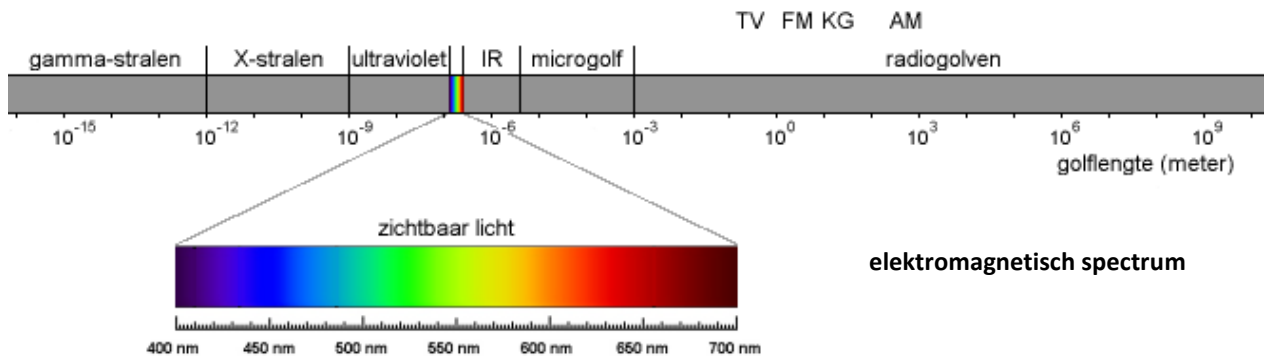
Blz. 110

Hier geldt dan $\lambda = \frac{c}{f}$

Violet licht heeft een golflengte in de buurt van $\lambda = 400 \text{ nm}$

a Bereken de frequentie van dit licht.

Elektromagnetische golven (**EM-golven**) bestaan uit verschillende soorten golven of straling, die allemaal eigen toepassingen kennen. Samen vormen ze het **elektromagnetisch spectrum**.



b Tussen welke frequenties ligt het zichtbare spectrum?

Radargolven hebben een frequentie van 100 MHz.

c Bereken de golflengte.

d Waar liggen die golven in het spectrum?

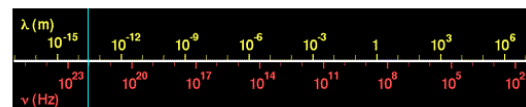
e Wat voor soort schaal is die van de golflengte? Waarom kiest men zo'n schaal?

Opgave 1.4

Applet



Bij



Wavelength = 2.6410e-14 m = 2.6410e-5 nm
 Frequency = 1.131e22 Hz = 1.131e13 GHz
 Energy = 7.497e-12 J = 4.679e7 eV

Gamma Rays

Origin: Nuclear reactions
 Detection: Scintillator



<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/Spectrum/s.htm> kun je snel golflengtes laten omrekenen, kijken in welk gebied de golven zitten en de oorsprong van de golven vinden.

a In welk gebied zitten golven met een frequentie van 100 MHz?

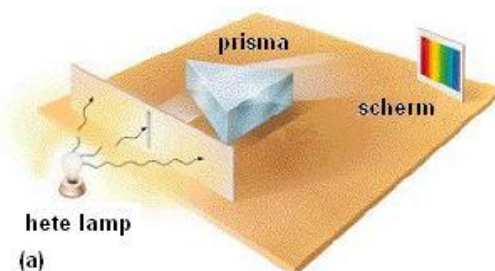
b Welke frequentie hebben microgolven? Hoe ontstaan ze?

c Tussen welke golflengtes zit gammastraling voor medische therapie? Welk soort therapie is dat?

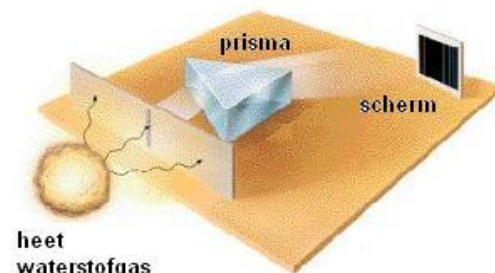
Hoe maak je de spectraallijnen zichtbaar?

Zoals je al weet kan met behulp van een prisma het licht uit een bron in verschillende kleuren gesplitst worden. Als de bron alle kleuren licht uitzendt zie je ook alle kleuren van het spectrum. Voorbeelden zijn: de zon en een witte gloeilamp, zie figuur a.

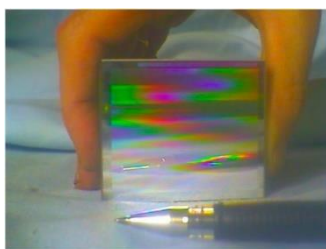
Gloeiend waterstofgas zendt maar een aantal lijnen uit met karakteristieke kleuren, zie figuur b.



(a)



(b)



een tralie

De splitsing van kleuren wordt ook vaak met een

tralie gedaan. Dat is een plaatje waar een groot aantal heel fijne spleten in is gemaakt (tot wel 100 per mm), zie figuur links. Ieder lijntje gedraagt zich dan als een klein prisma.

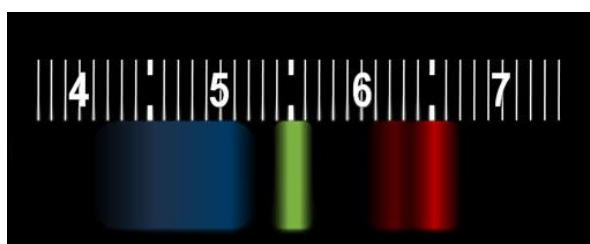
Opgave 2.10



spectroscop met tralie

Spectroscop

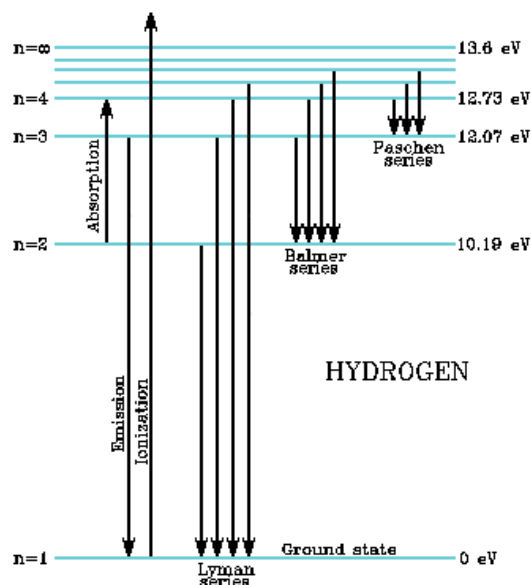
Het apparaat waarmee je spectraallijnen kunt bekijken heet een spectroscop (zie figuur links). In deze versie wordt ook een tralie gebruikt. Als je met deze spectroscop naar een wit vlak op de tv-scherm kijkt, zie je volgende lijnen:



- Welke kleuren worden door het scherm uitgezonden?
- Waaruit bestaat dus dit witte licht?
- Geldt dat ook voor zonlicht?

Opgave 2.14 Absorptiespectrum waterstof

Blz. 126



- Hoeveel energie moet een foton hebben om een elektron van de grondtoestand naar niveau 3 te schoppen?
- Wat voor foton is dit?

Het elektron valt nu terug via niveau 2 naar niveau 1.

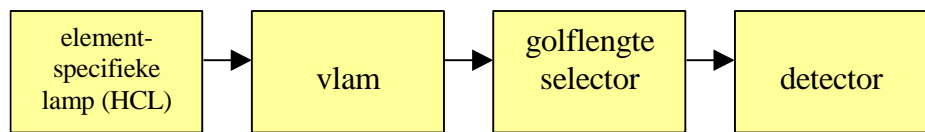
- Welke fotonen worden daarbij uitgezonden?
- Welke soort(en) EM-straling geven die?

Opgave 2.15 Absorptiespectrum of emissiespectrum?

Kijk naar het plaatje rechts.

- Welke uitspraak kan juist zijn over de oranje oplossing in het bekersglas?
 - Hij absorbeert oranje licht.
 - Hij zendt oranje licht uit.
 - Hij zendt alle kleuren licht uit behalve oranje.
 - Hij absorbeert alle kleuren licht behalve oranje.
- Hoe ziet het spectrum van deze oplossing er waarschijnlijk uit?

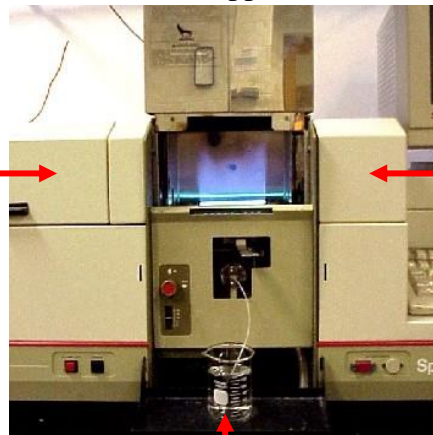




Blz. 130

De opbouw van een AAS apparaat:

Voor de vlam staat de speciale lamp, die precies de golflengte uitzendt van het element dat we willen bepalen. Elk element heeft zijn eigen lamp en als we in de oplossing verschillende elementen willen meten, dan zullen we van lamp moeten



Achter de vlam staat het eigenlijke meetinstrument, waarop na enige elektronische bewerking de extinctie wordt aangegeven, die een maat is voor de concentratie van het element

Een oplossing van het monster wordt via een slangetje aangezogen en door een verstuiver omgezet in een nevel van zeer kleine druppeltjes. Deze worden door een mengsel van lucht en acetyleen (ethyn) meegevoerd naar een brander. Deze vlam bereikt door de verbrandingsreactie van acetyleen een temperatuur van ongeveer

Opgave 3.1

AAS uitgelegd



- Bekijk zelf de uitleg op: <http://www.umd.umich.edu/casl/natsci/slc/slconline/ADVAA/AdvAA.swf>
- Onderzoek ook hoe de hollow cathode lamp werkt.

Toepassingsgebied AAS

AAS wordt toegepast bij mengsels van stoffen, die voor een analyse niet gescheiden hoeven te worden. Er wordt zowel kwalitatief als kwantitatief gemeten:

- kwalitatief: is de stof aanwezig?
- kwantitatief: hoeveel stof is aanwezig? Hierbij wordt o.a. gebruik gemaakt van de kalibratielijnmethode met standaardoplossingen die een bekende concentratie van de stof bevatten.

Dankzij de spectrometrie kunnen we snel en een betrouwbaar inzicht krijgen in de milieuproblematiek (lozing van zware metalen). Maar ook voor andere doeleinden: geologisch onderzoek (metaallegingen), klinisch en biologisch onderzoek is spectrometrie van belang.

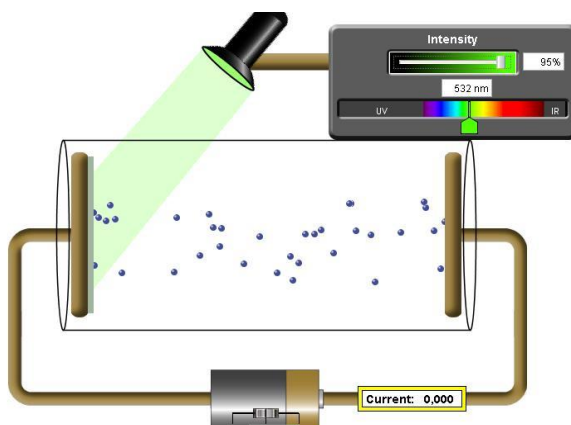
Opgave 4.4

Onderzoek met simulatie



Op: http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Photoelectric_Effect kun je zelf het foto-elektrisch effect onderzoeken. De kleur van de lamp kan gevarieerd worden.

Blz. 139



-
- R5** Controleer de grensgolflengtes van de metalen natrium en zink.
- R6** Welke effect heeft het verhogen van de intensiteit van het licht? Geef hiervoor een verklaring.
- R7** Kies nu het onbekende metaal en bepaal de grensgolflengte. Welk metaal zou dit kunnen zijn (BINAS)?
- R8** Wat gebeurt er als je de spanningsbron aanzet (bijv. + 5,00 V)? Geef hiervoor een verklaring.
-
- R9** Neem natrium als metaal. Stel een spanning in van $-1,00$ V. Varieer nu de golflengte van het licht tot de elektronen de overkant net niet meer bereiken (de stroom I is dan nul). Ze hadden bij uittreden dan een kinetische energie van $1,00$ eV. De bijbehorende spanning heet **stopspanning**. Bereken de uittree-energie van natrium in eV. Klopt dit?
-