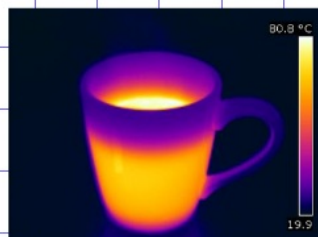
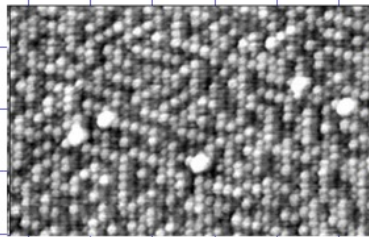


# Hoofdstuk 2

## Warm en koud



§1 A. Je weet welke **fazen en fase-overgangen** er zijn en je kunt deze herkennen in afbeeldingen of uit beschrijvingen.

§2 B. Je kunt met een tabel van **smelt- en kookpunten** bepalen in welke fase een stof bij een bepaalde temperatuur zal zijn.

C (extra). Je kunt het **temperatuurverloop** bij het opwarmen van een vaste stof tot uiteindelijk een gas beschrijven.

§3 D. Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het **deeltjesmodel** en welke twee eigenschappen dit model heeft.

E. Je kunt **verschijnselen verklaren** m.b.v. het deeltjesmodel.

§4 F. Je kunt temperaturen omrekenen tussen de Celsius-schaal en de kelvinschaal en je kunt uitleggen wat het **absolute nulpunt** is.

G (extra). Je weet hoe je een thermometer kunt **ijken** voor de Celsius-schaal en je kunt hier aan **rekenen**.

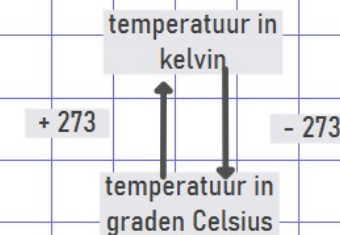
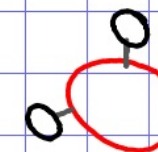
§5 H. Je weet welke drie vormen van **warmtetransport** er zijn en je kunt deze herkennen in situaties.

§6 I. Je kunt **luchtdrukverschijnselen** verklaren m.b.v. de concepten *binnendruk*, *buitendruk*, *overdruk/onderdruk* en *drukverschil*.

J. Je kunt rekenen met de **drukformule**,  $p = F/A$ .



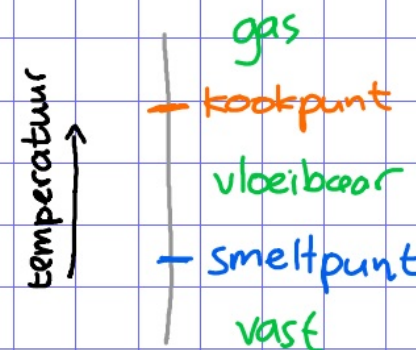
## Leerdoelen



Natuurkundig gedrag van stoffen is te verklaren met **twee eigenschappen** van moleculen:

1. Ze trekken elkaar aan.
2. Ze gaan harder bewegen als het warmer wordt.

$$F = p \cdot A$$



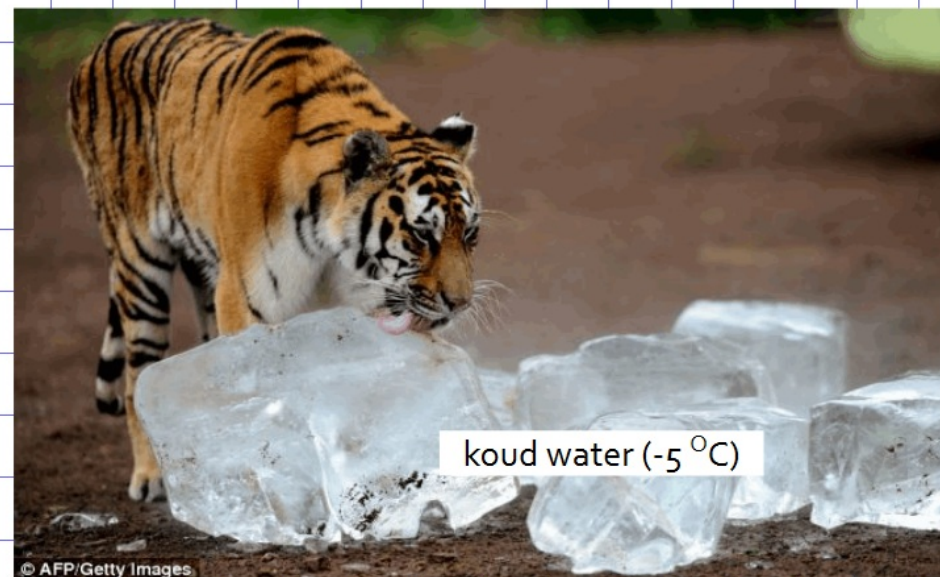
Welke grootheden en eenheden komen voor in dit hoofdstuk?

Grootheid	symbool in formule	Eenheid	symbool in eind-antwoord
kracht	F	newton	N
oppervlak	A	vierkante centimeter	cm <sup>2</sup>
(lucht)druk	p	newton per vierkante centimeter	N/cm <sup>2</sup>

# - CONTEXT -

De volgende pagina's geven interessante achtergrondinformatie bij de stof van dit hoofdstuk zoals voorbeelden uit de natuur van de verschijnselen of technische toepassingen van de natuurkundige inzichten bij deze verschijnselen. Zulke achtergrond informatie heet ook wel context. Het is niet noodzakelijk om deze pagina's te bestuderen voor het proefwerk maar het is wel interessante kennis!

*"Waarom wordt water hard als je het koud maakt?"*



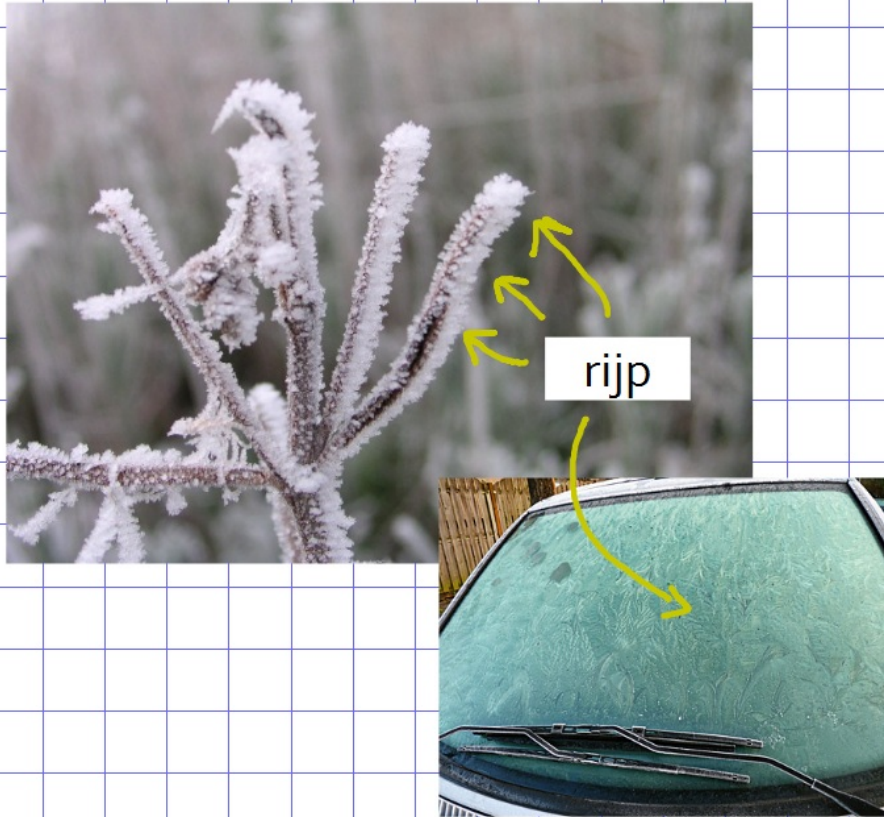
# "Waarom smelten en stollen stoffen?"



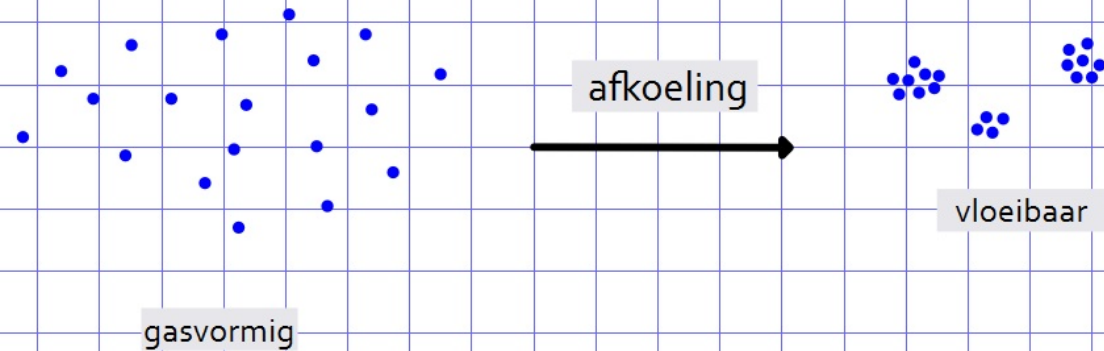
*"Wat is sublimeren en welke stoffen doen dat?"*



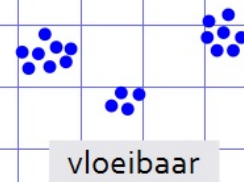
*"Wat is het verschil tussen rijp en ijzel?"*



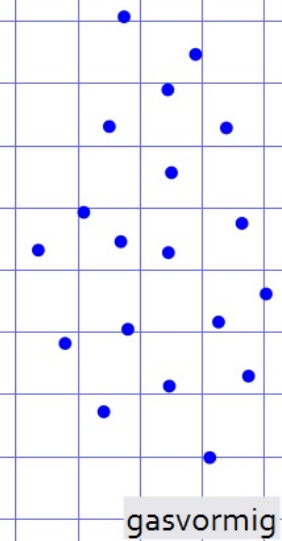
*"Waardoor verschijnen er druppels op een koud drankje?"*



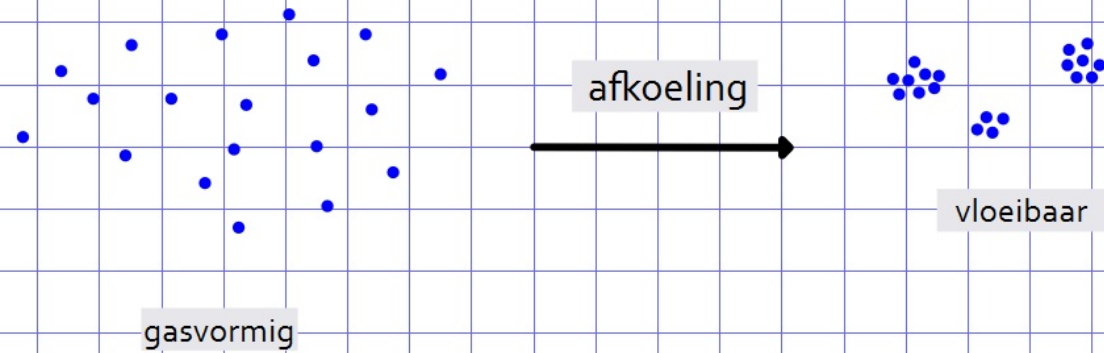
# "Hoe ontstaan geysers?"



opwarming

A black arrow pointing from the liquid state diagram to the gas state diagram, indicating the process of heating.

# "Hoe ontstaan wolken?"



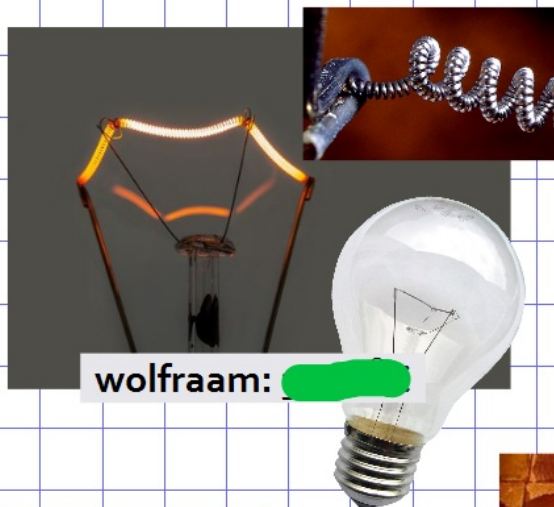
*"Hoe warm moet je ijzer maken om het te smelten?"*



"Welke van deze metalen heeft het hoogste smeltpunt?"



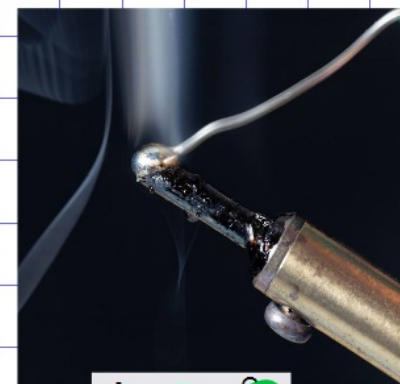
ijzer: [redacted]



wolfram: [redacted]



gallium: [redacted]



tin: [redacted]



aluminium: [redacted]



goud: [redacted]

# "Welke stof heeft het laagste kookpunt?"



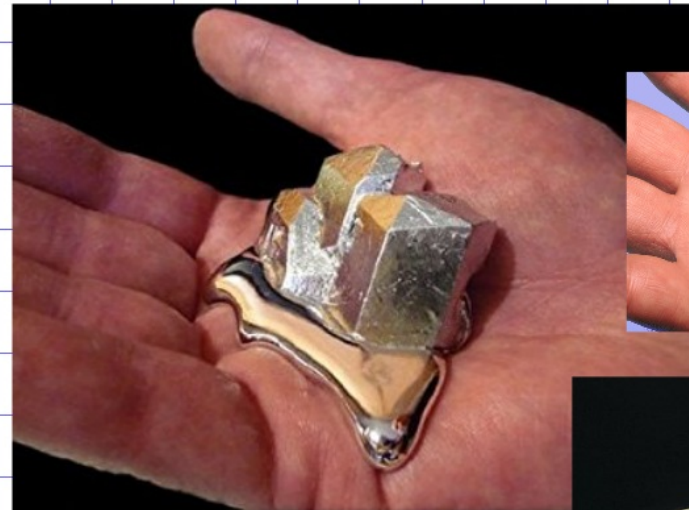
*"Wat is vloeibaar stikstof en waar wordt het voor gebruikt?"*



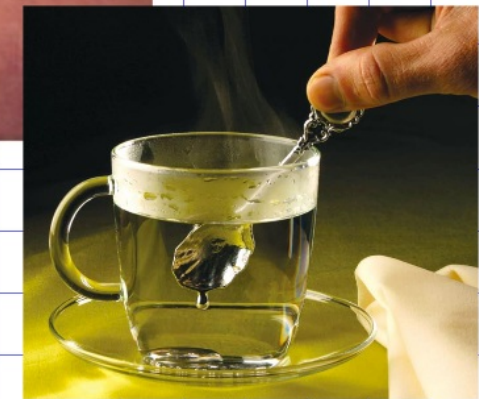
# "Welke metalen zijn vloeibaar bij kamertemperatuur?"



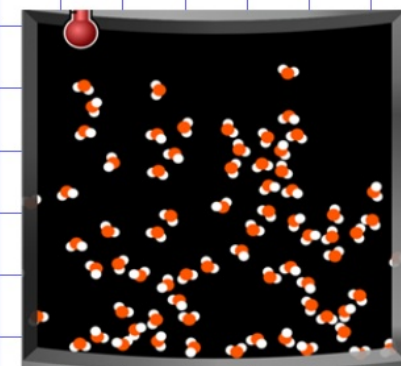
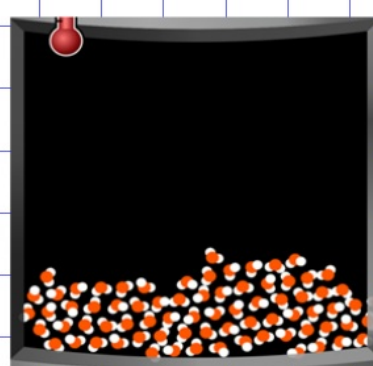
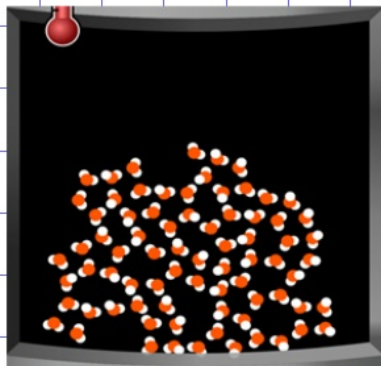
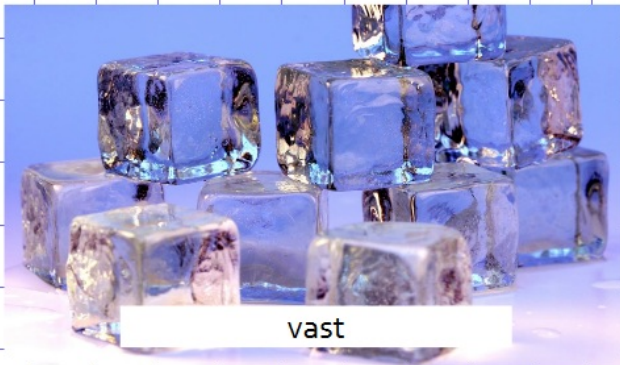
kwik, smeltpunt:  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$



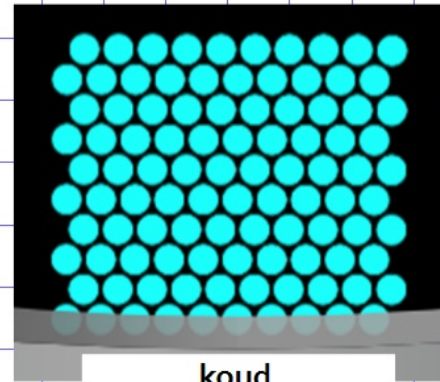
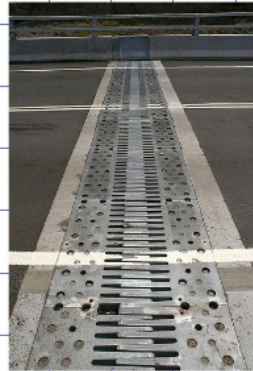
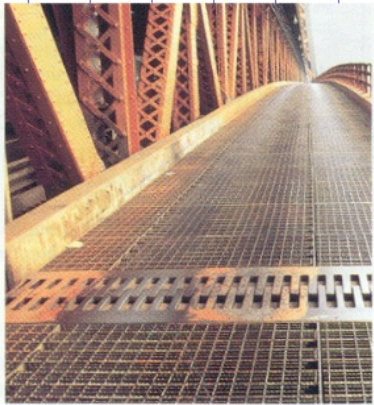
gallium, smeltpunt:  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$



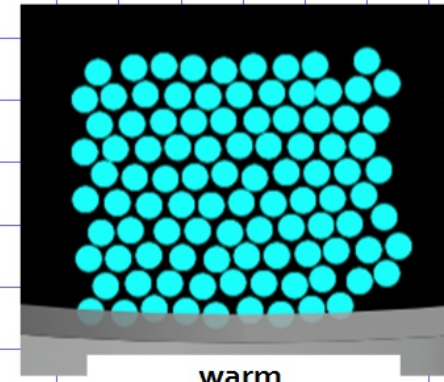
*"Waarom hebben alle zuivere stoffen drie fasen?"*



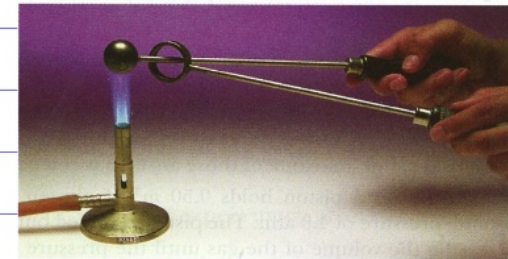
# "Waardoor zetten stoffen uit als je ze verwarmt?"



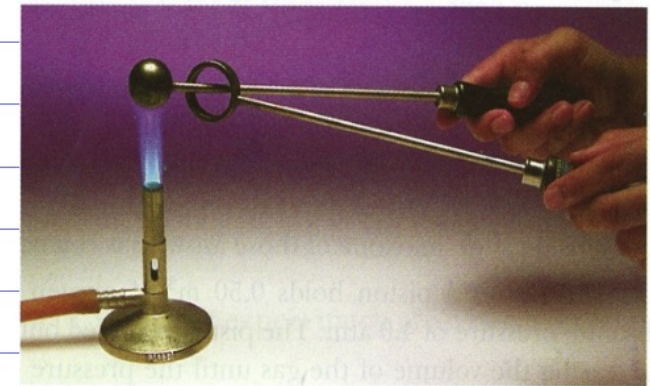
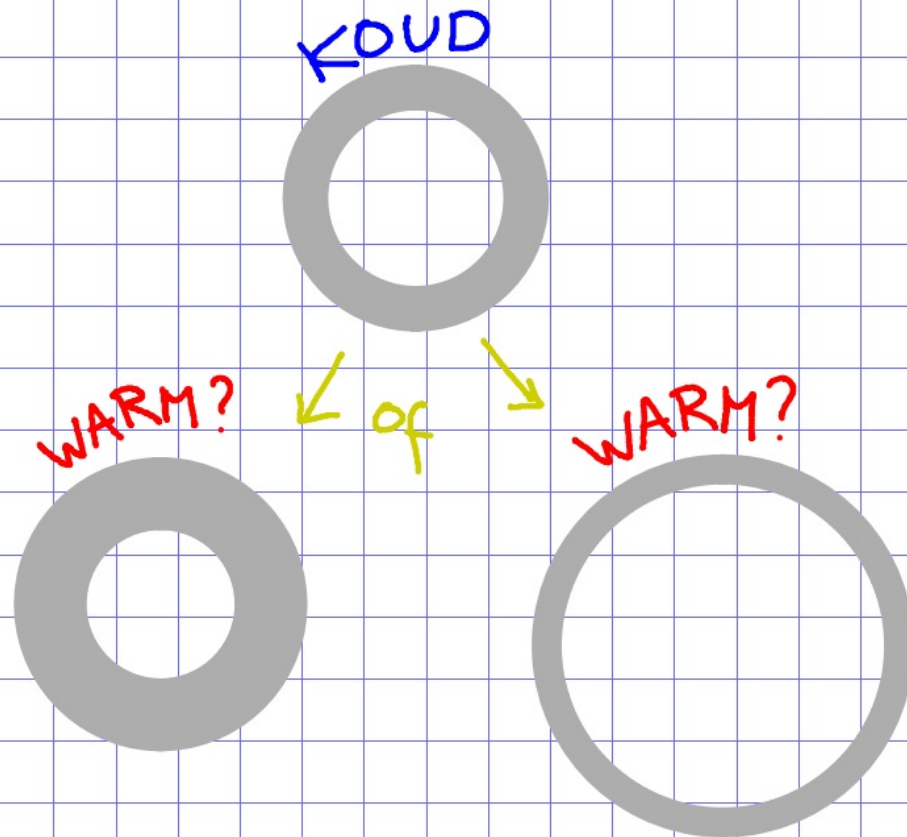
koud  
(bijvoorbeeld 20 °C)



warm  
(bijvoorbeeld 1200 °C)



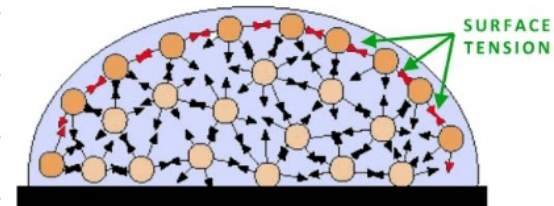
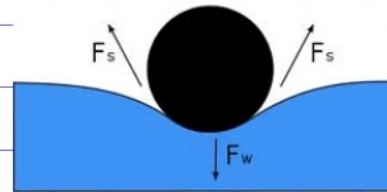
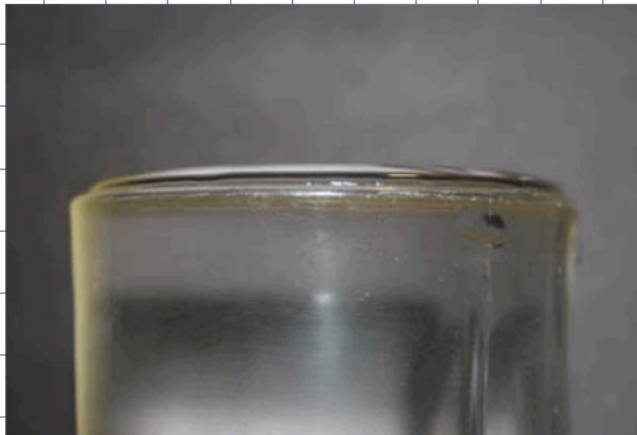
"Zal het gat in de ring groter of kleiner worden bij verwarmen?"



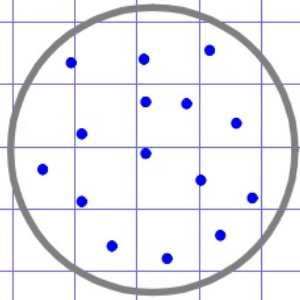
*"Hoe kan lucht kracht uitoefenen?"*



# "Hoe ontstaat oppervlaktespanning?"



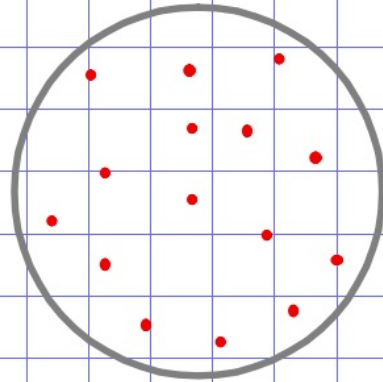
# "Waarom stijgt warme lucht op?"



koude lucht: moleculen  
bewegen langzamer en zitten  
dichter op elkaar



$$\rho = 0,0012 \text{ g/cm}^3$$



warme lucht: moleculen  
bewegen sneller en zitten  
verder uit elkaar

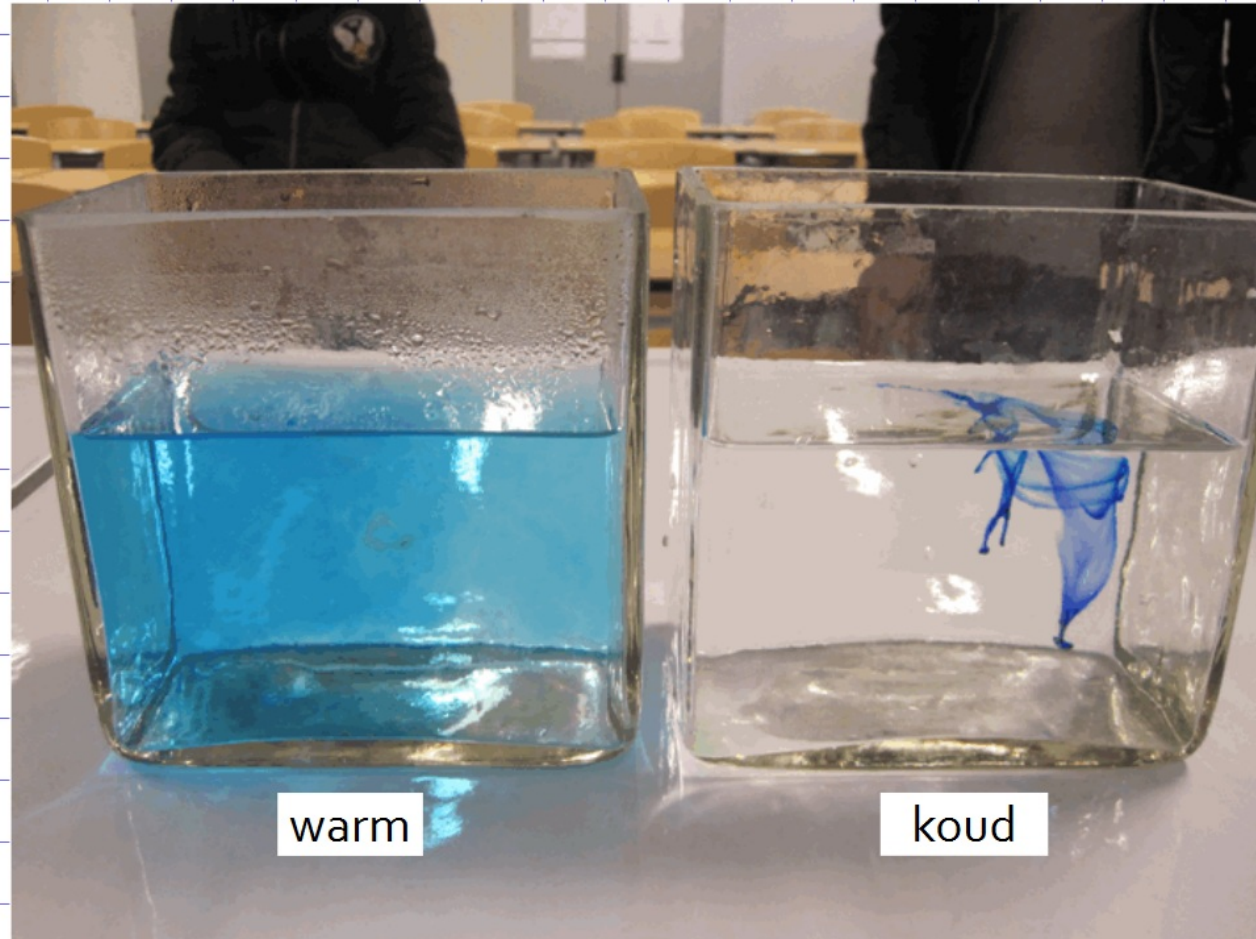


$$\rho = 0,0011 \text{ g/cm}^3$$



Simulatie opwaartse kracht (PhET)

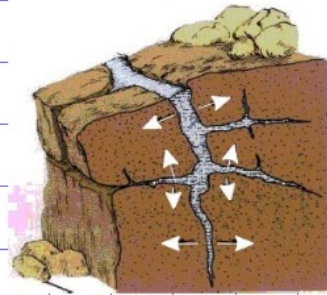
*"Waardoor wordt  
de kleurstof  
sneller verspreid  
in warm water?"*



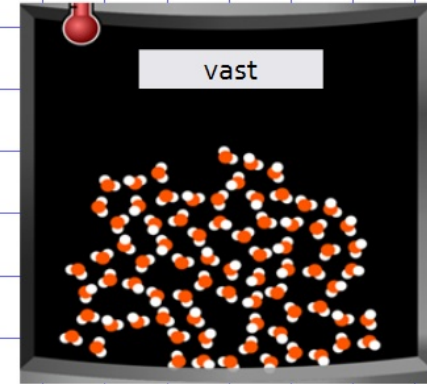
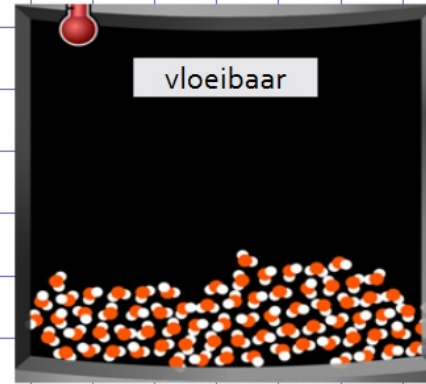
warm

koud

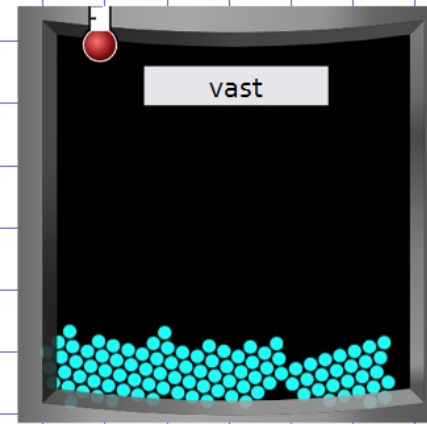
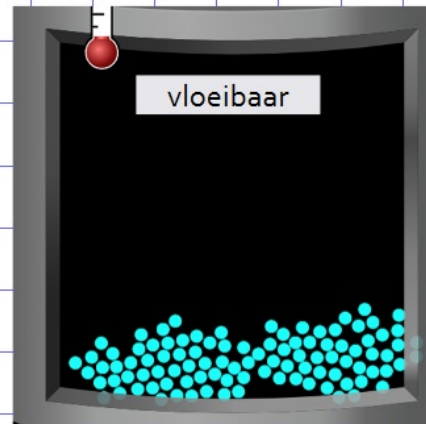
# "Hoe kan ijs rotsen splijten?"



water



alle  
andere  
stoffen

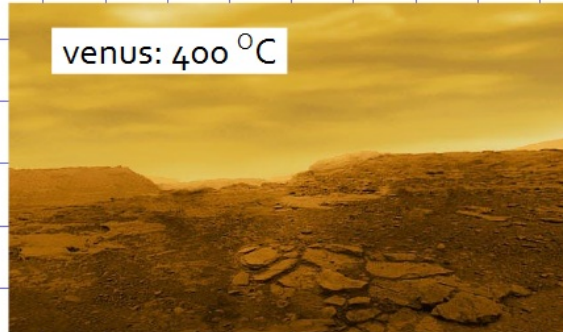


# "Hoe heet kan het worden in het universum?"

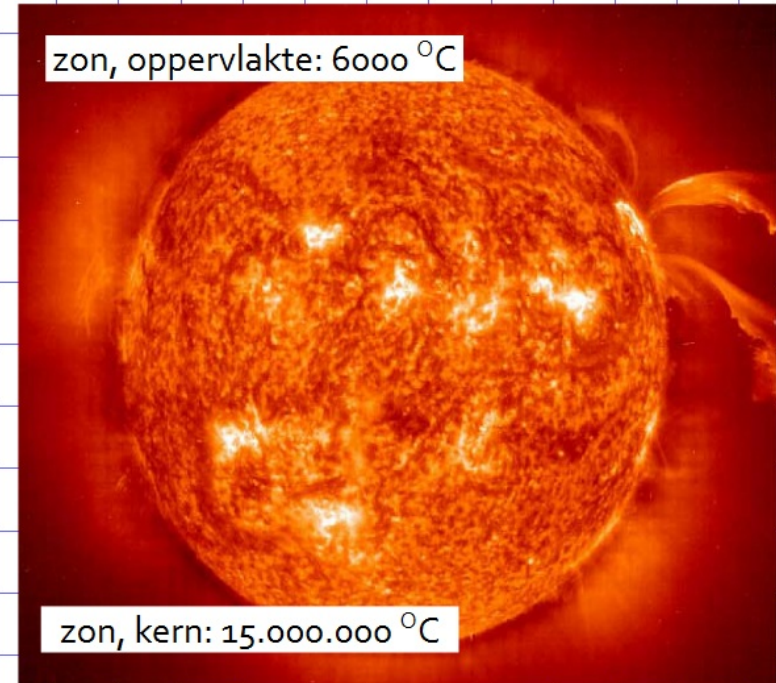
aarde: 50 °C



venus: 400 °C

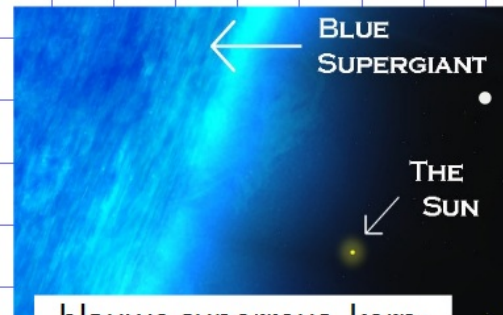


zon, oppervlakte: 6000 °C



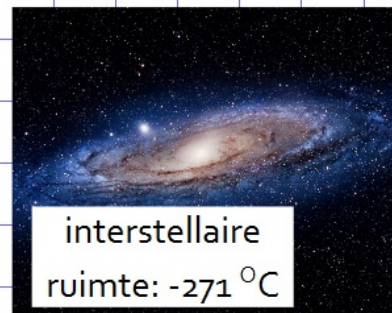
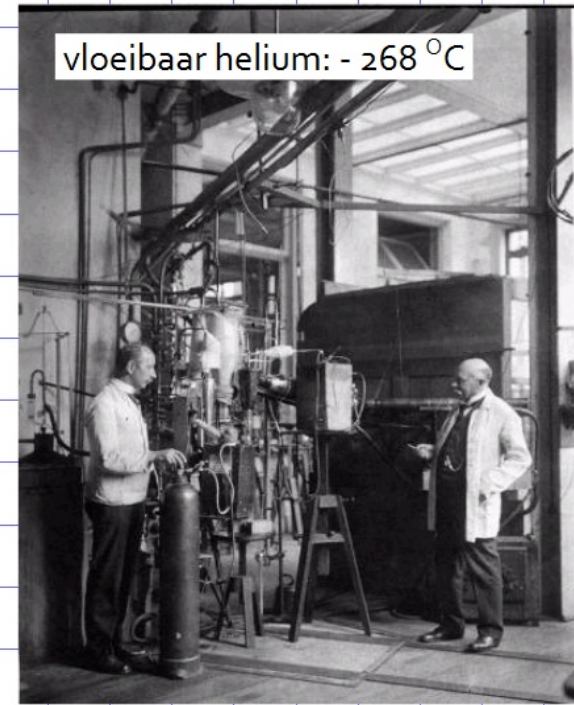
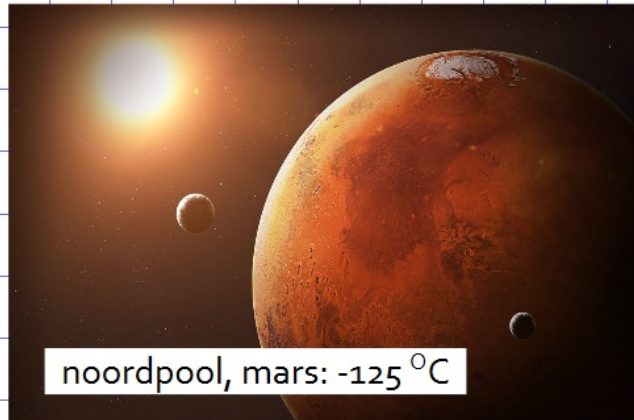
zon, kern: 15.000.000 °C

houtvuur: 1200 °C

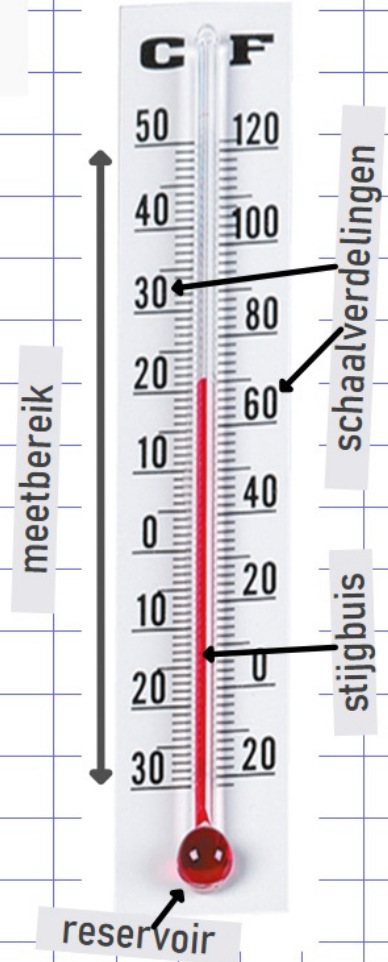


blauwe superreus, kern:  
120.000.000 °C

# "Hoe koud kan het worden in het universum?"



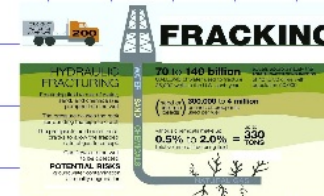
# "Hoe werken vloeistofthermometers?"



# "Wat wordt verstaan onder het energievraagstuk?"



ENERGIE?



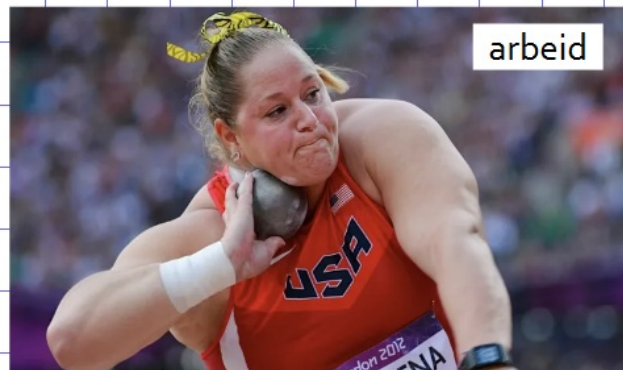
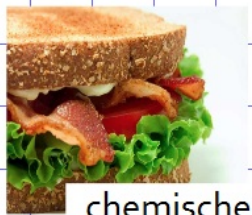
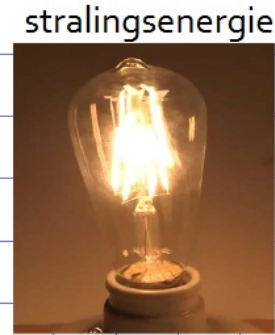
*"Wat wordt verstaan onder het energievraagstuk?"*



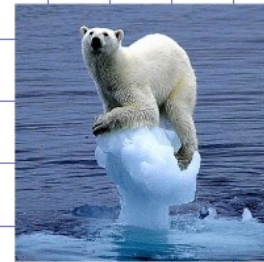
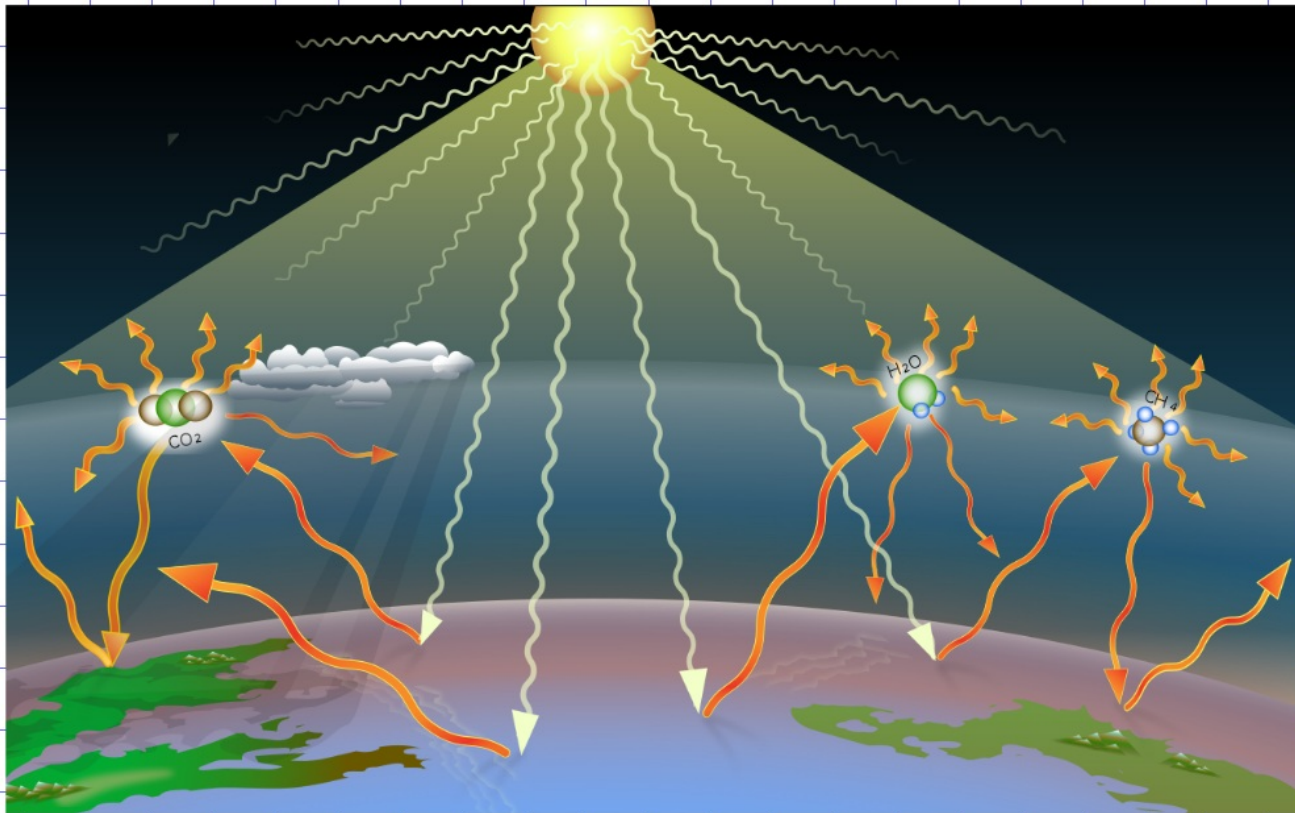
# *"Wat zijn duurzame energiebronnen?"*



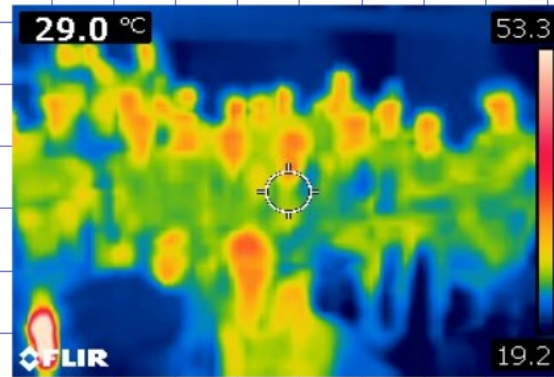
# "Welke vormen van energie bestaan er?"



# "Wat is het broeikaseffect?"

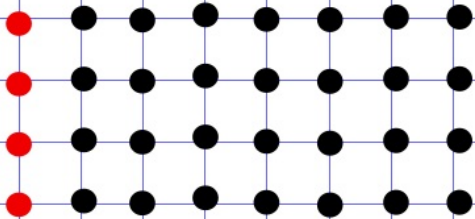


"Wat kun je op deze foto's zien?"



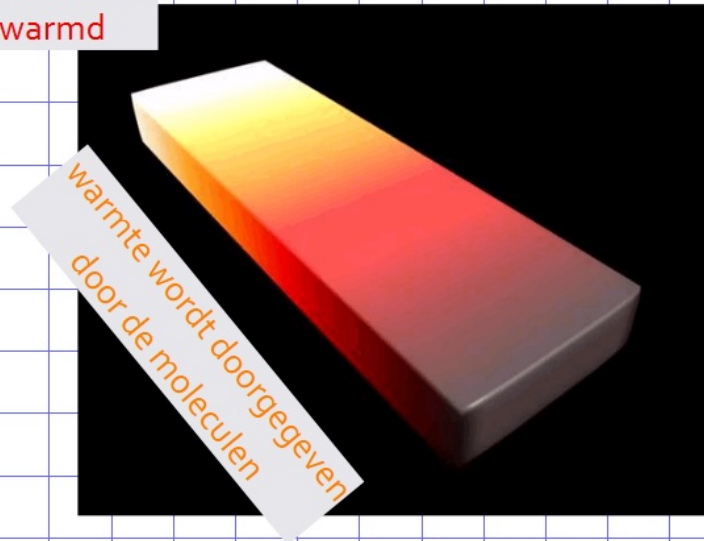
# "Hoe geleiden stoffen warmte?"

deze kant wordt  
verwarmd

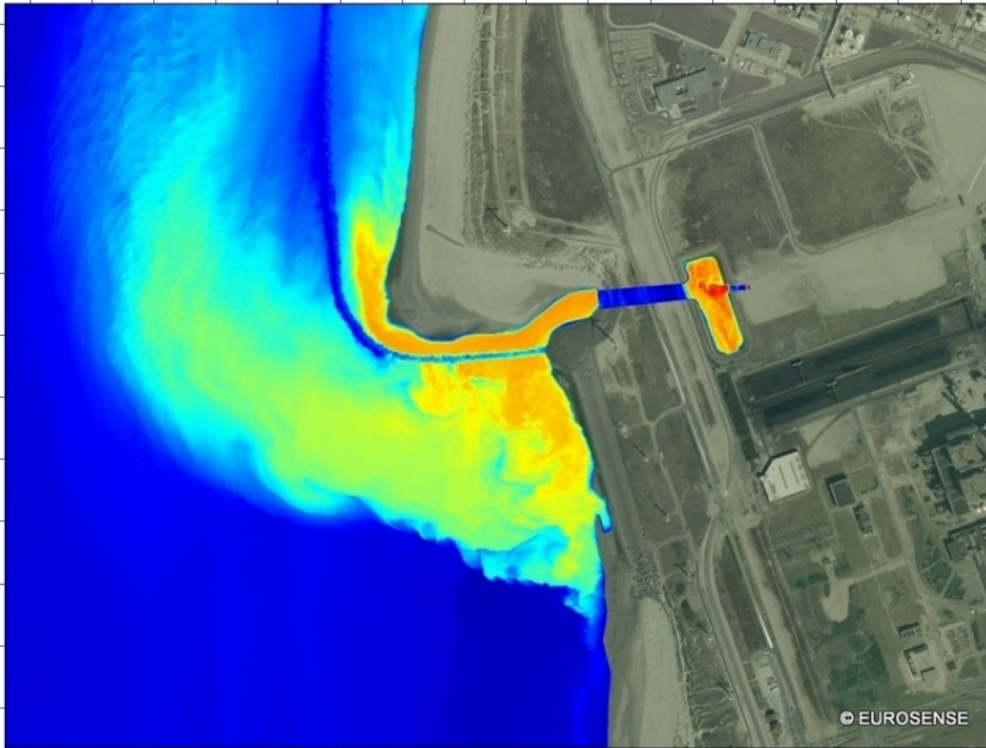


warmte wordt doorgegeven  
door de moleculen

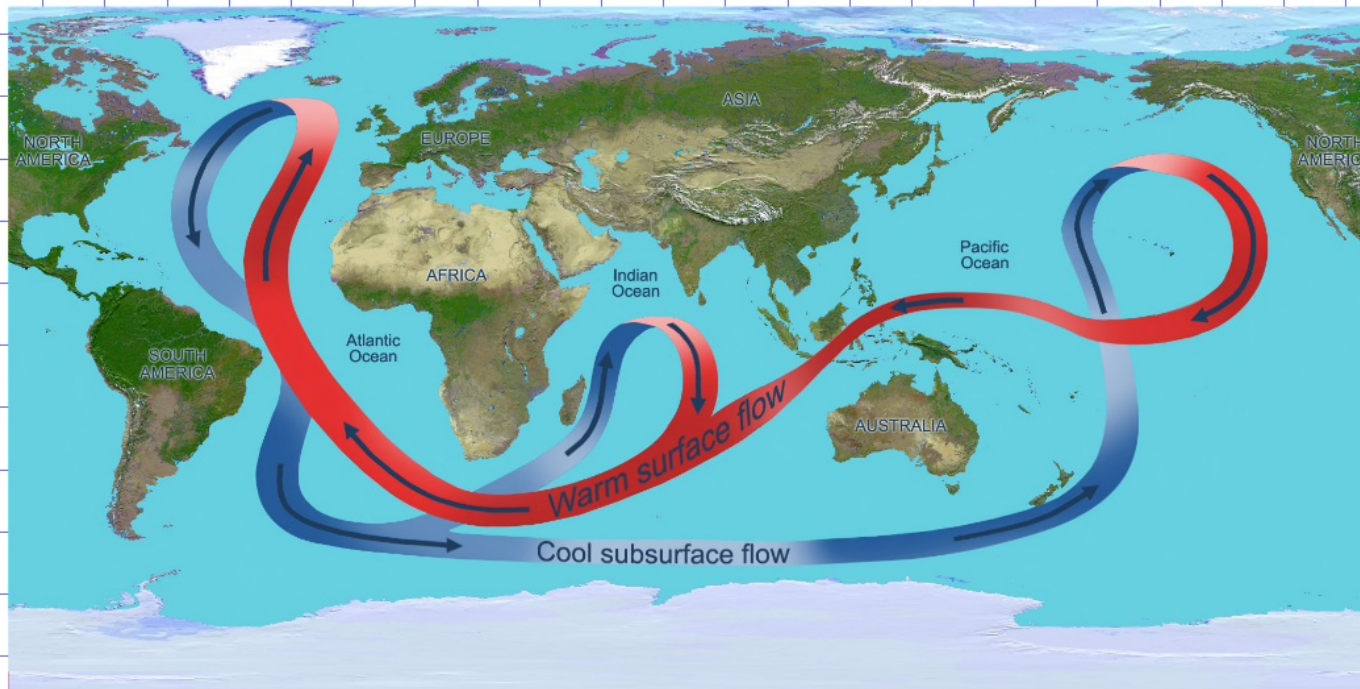
deze kant wordt  
verwarmd



# "Wat is thermische verontreiniging?"



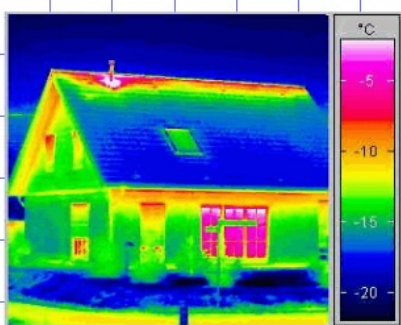
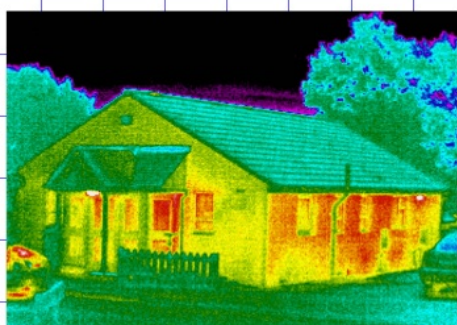
*"Hoe zorgen oceanstromingen er voor dat Nederland een relatief warm klimaat heeft?"*



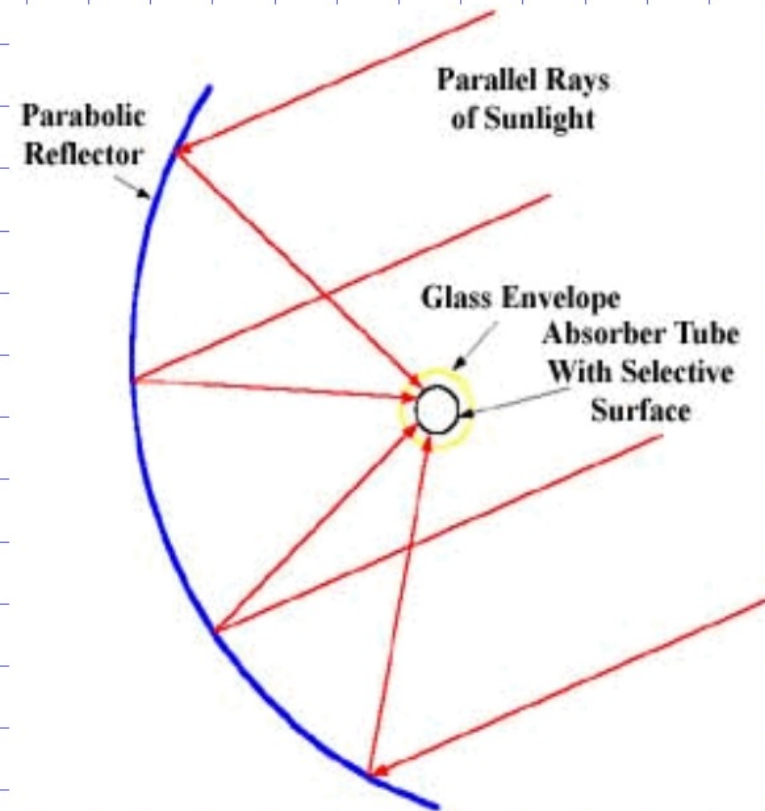
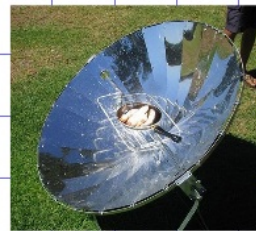
*"Hoe houd je iets warm in een koude omgeving?"*



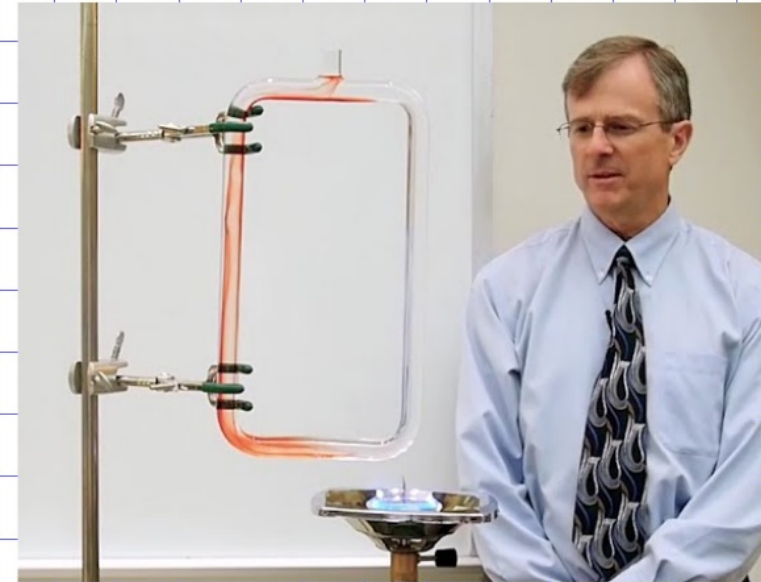
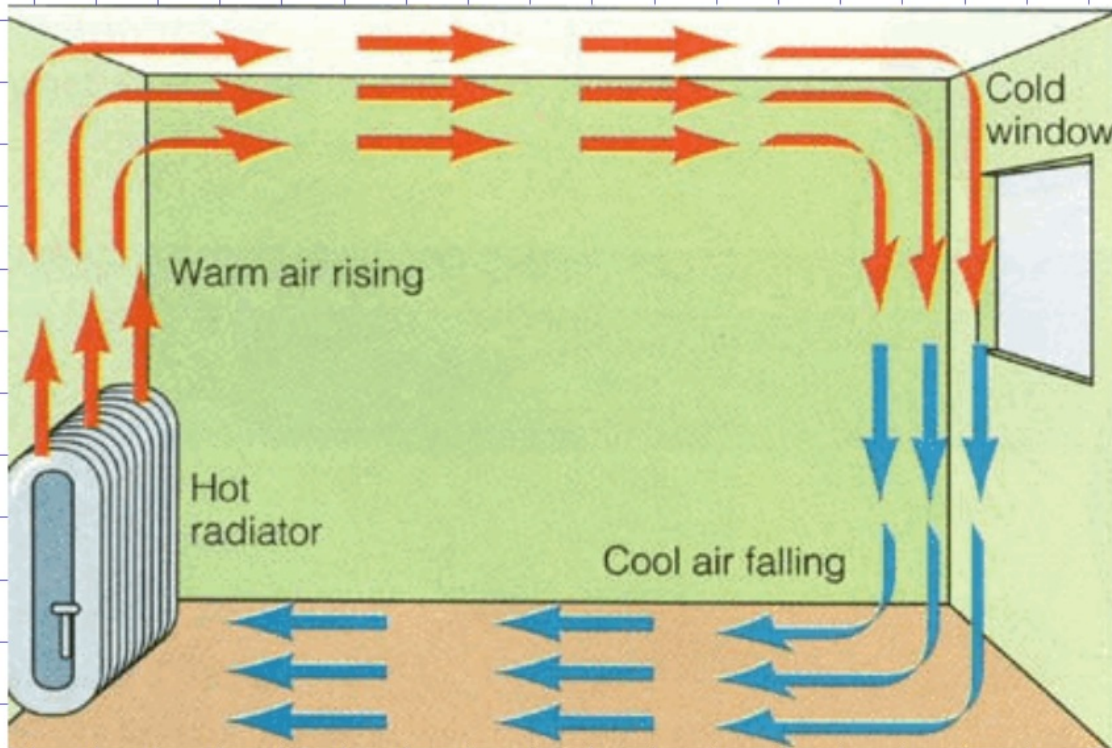
# "Hoeveel helpen deze isolatiemiddelen in de winter?"



# "Hoe kun je koken op zonlicht?"



*"Hoe wordt een kamer verwarmd door een CV-radiator?"*



*"Waarom heeft een poolvos kleine oren en een woestijnvos grote oren?"*



# "Waarom zijn deze woningen bolvormig?"



# "Welke vorm houdt het beste warmte vast?"

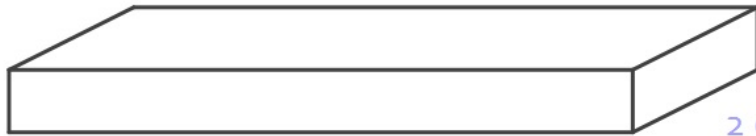


$$1 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 10 \text{ cm}^2$$

$$2 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 20 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 2 \text{ cm}^2$$

1 cm



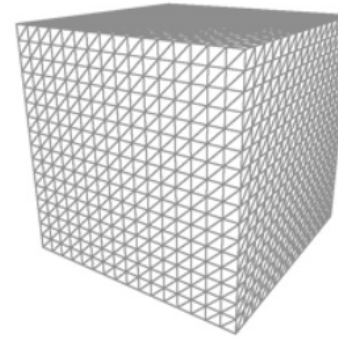
2 cm

10 cm

$$V = 1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 20 \text{ cm}^3$$

$$A_{\text{tot}} = (2 \times 10 \text{ cm}^2) + (2 \times 20 \text{ cm}^2) + 2 \times 2 \text{ cm}^2 = 64 \text{ cm}^2$$

3,2 cm<sup>2</sup> buitenoppervlak voor elke cm<sup>3</sup> volume



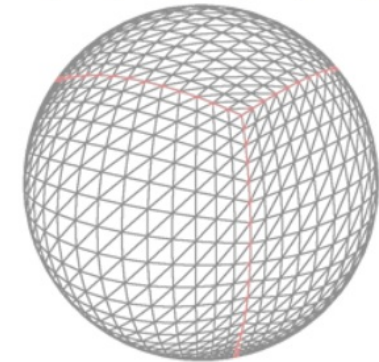
$$V = 20 \text{ cm}^3$$

$$\text{ribbe} = 2,71 \text{ cm}$$

$$A_{\text{tot}} = 6 \times (2,71)^2$$

$$= 44,1 \text{ cm}^2$$

2,2 cm<sup>2</sup> buitenoppervlak voor elke cm<sup>3</sup> volume



$$V = 20 \text{ cm}^3$$

$$\text{straal} = 1,68 \text{ cm}$$

$$A_{\text{tot}} = 4 \times 3,14 \times (1,68)^2$$

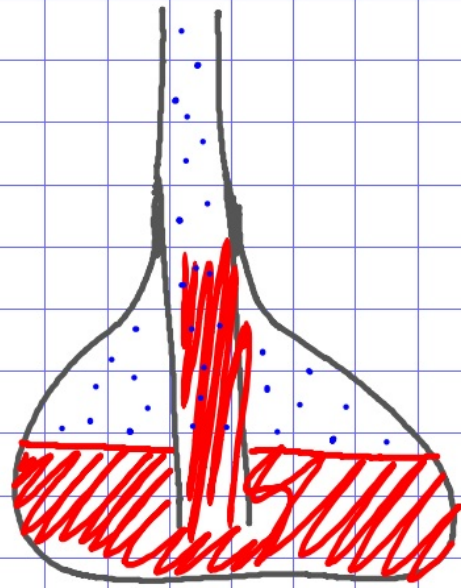
$$= 35,4 \text{ cm}^2$$

1,8 cm<sup>2</sup> buitenoppervlak voor elke cm<sup>3</sup> volume

*Hoe kunnen holle voorwerpen imploderen?*



# "Hoe werken hand-boilers?"



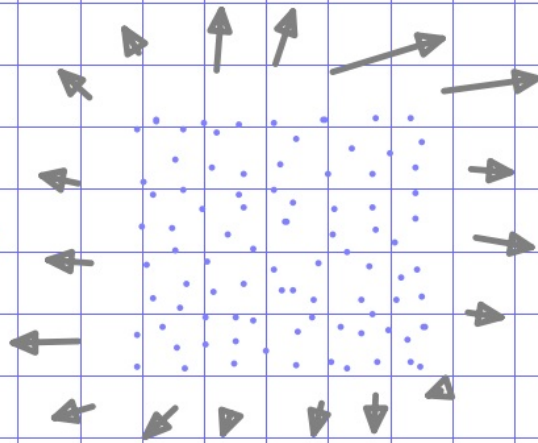
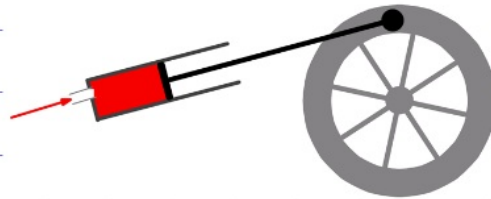
# "Hoe werken stoommachines?"



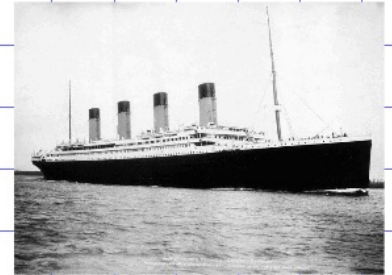
verwarmen tot  
kookpunt



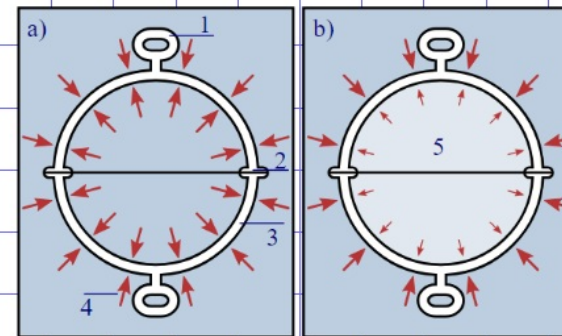
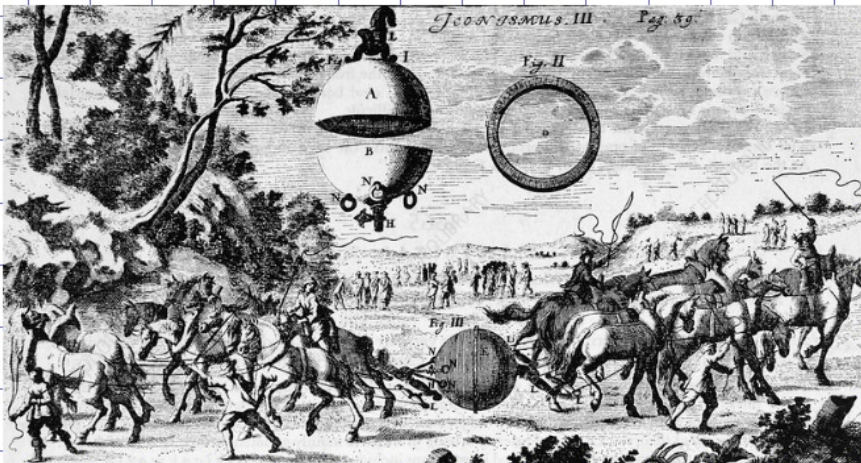
vloeibaar:  $1 \text{ cm}^3$



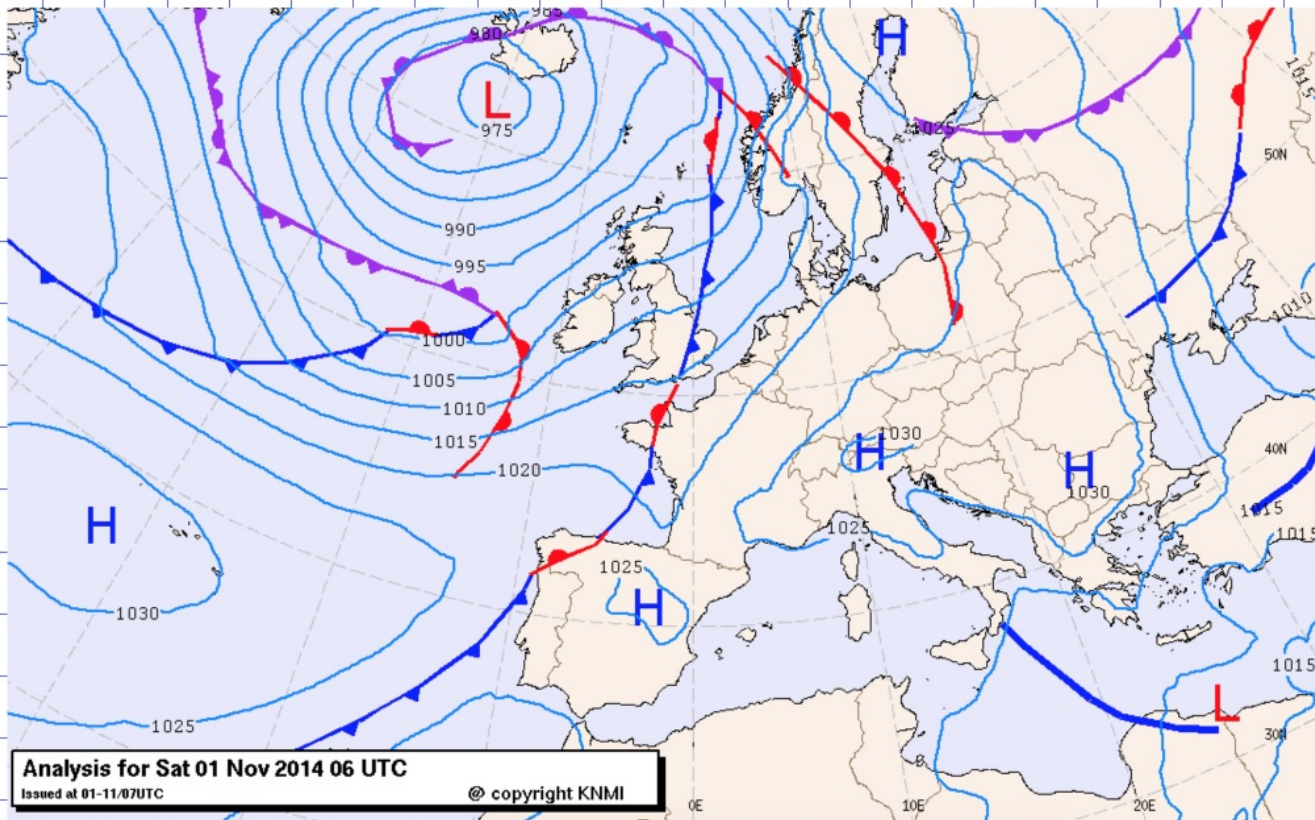
gasvormig:  $2000 \text{ cm}^3$



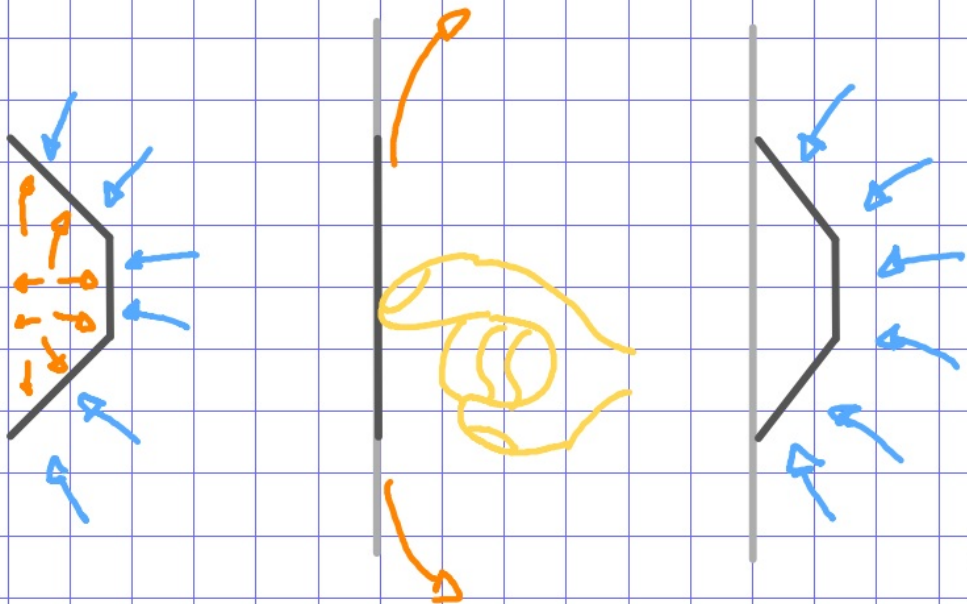
# "Hoe werken Magdeburger halvebollen?"



*"Uit welke richting zal de wind in Nederland waaien?"*



*"Hoe werken zuignappen?"*



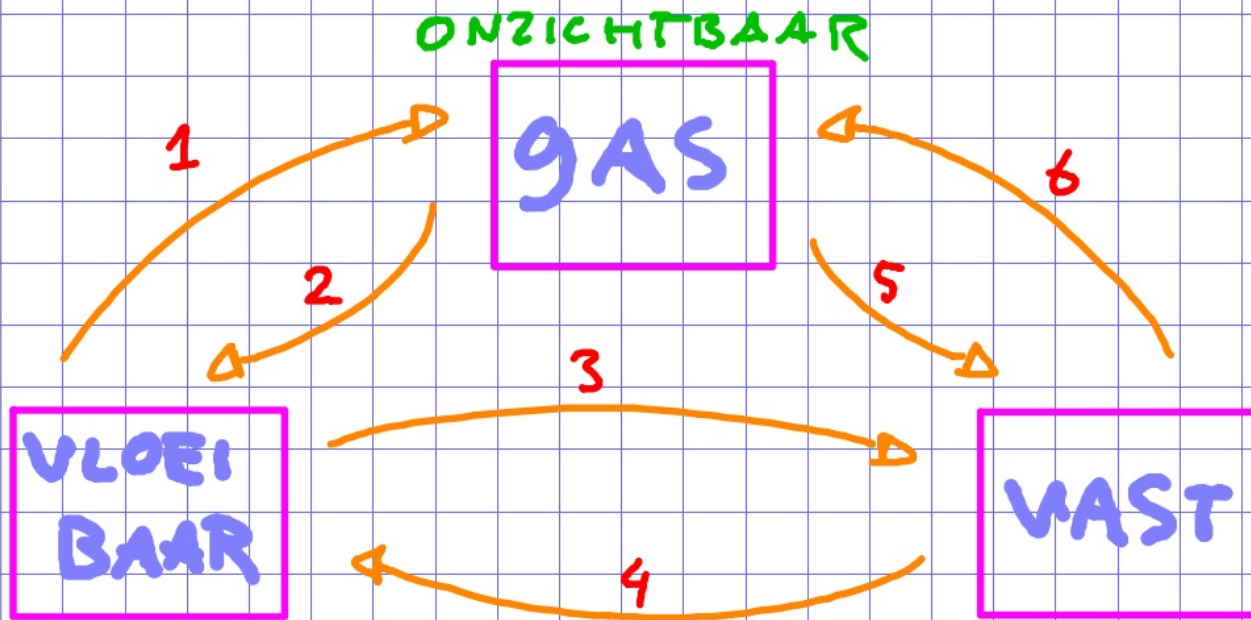
# - DENK/OVERLEGVVRAGEN -

Hier staan de bonusvragen bij dit hoofdstuk. Deze vragen zijn bedoeld om je te laten nadenken over wat je geleerd hebt. Soms moet je kennis reproduceren of een geoefende techniek laten zien. Ook zitten hier inzichtvragen tussen waarvoor je geleerde kennis op een nieuwe en creatieve manier moet toepassen. Deze vragen zijn zeer nuttig om voor een proefwerk nog een keer langs te lopen!

"Welke woorden horen er op de genummerde plaatsen?"

- BONUSVRAAG

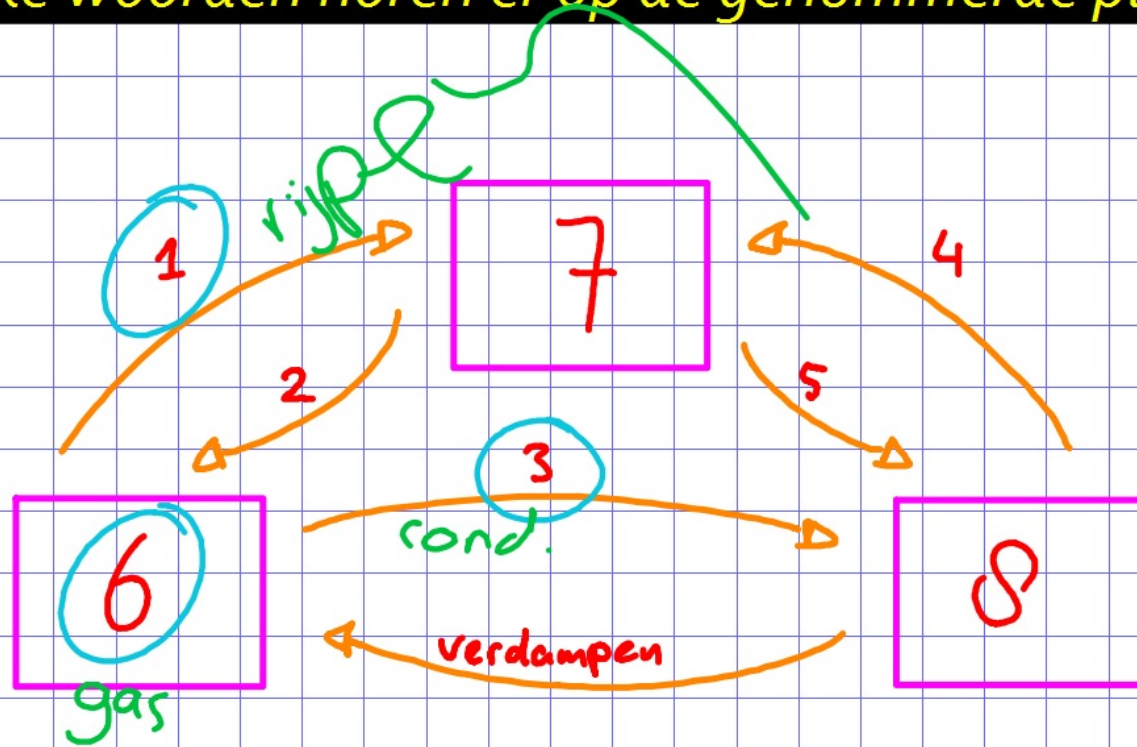
1



"Welke woorden horen er op de genummerde plaatsen?"

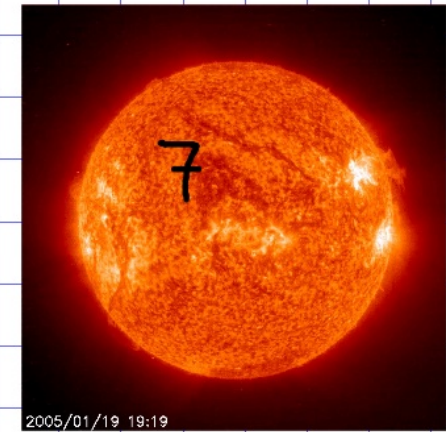
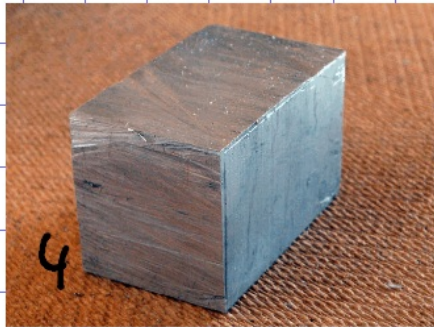
- BONUSVRAAG

1



"In welke fase zijn deze stoffen?"

- BONUSVRAAG

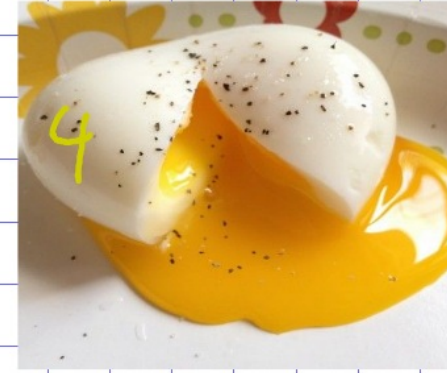


1

Hoofdstuk 3 | Warm en koud

"Welke fasen herken je in deze afbeeldingen?"

- BONUSVRAAG



1

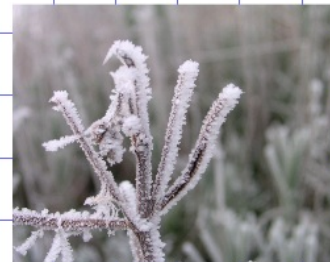


Hoofdstuk 3 | Warm en koud

"Welke fase-overgangen zie je hier?"

- BONUSVRAAG

1



Hoofdstuk 3 | Warm en koud

"In welke fase is het water op de aangegeven plaatsen?"

- BONUSVRAAG!

1



"Welke heeft de hoogste **temperatuur** ( $T$ , in Kelvin/Celsius) en welke geeft per seconde de meeste **warmte** ( $Q$ , in Joule) af?"

1



gloeilamp



CV-radiator

- BONUSVRAAG! -

"Welke van deze drie stoffen moet je het koudst maken om deze vloeibaar te krijgen?"

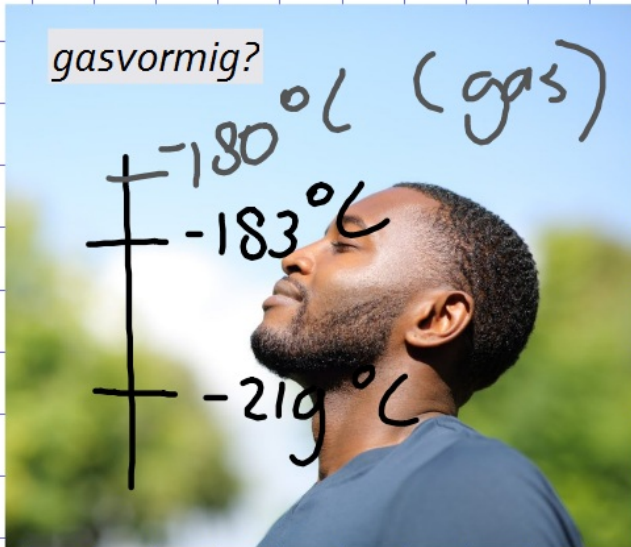
- overlegvr



stof	water	ijzer	wolfraam	kwik	tin	alcohol	stikstof	zuurstof	waterstof
smeltpunt in °C	0	1538	3422	-39	232	-114	-210	-219	-259
kookpunt in °C	100	2862	5555	357	2603	78	-196	-183	-253

# "In welke fase is zuurstof bij een temperatuur van $-180^{\circ}\text{C}$ ?"

- overlegvr



stof	water	ijzer	wolfraam	kwik	tin	alcohol	stikstof	zuurstof	waterstof
smeltpunt in $^{\circ}\text{C}$	0	1538	3422	-39	232	-114	-210	-219	-253
kookpunt in $^{\circ}\text{C}$	100	2862	5555	357	2603	78	-196	-183	-259

# "In welke fase is stikstof bij een temperatuur van $-209^{\circ}\text{C}$ ?"

- overlegvraag

gasvormig?



vloeibaar?



SOLID

vast?

NITROGEN

FLINN  
SCIENTIFIC



stof	water	ijzer	wolfraam	kwik	tin	alcohol	stikstof	zuurstof	waterstof
smeltpunt in $^{\circ}\text{C}$	0	1538	3422	-39	232	-114	-210	-219	-259
kookpunt in $^{\circ}\text{C}$	100	2862	5555	357	2603	78	-196	-183	-253

"In welke fase is ijzer bij een temperatuur van 1600 °C?"

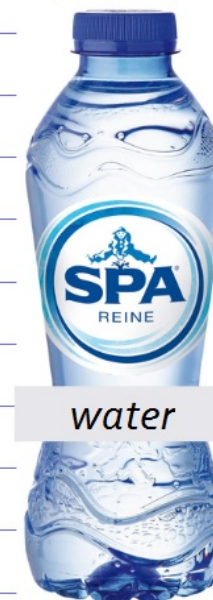
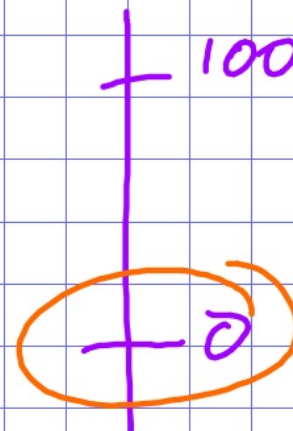
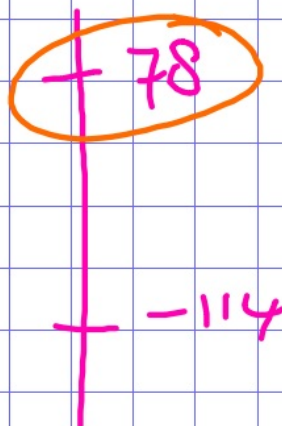
- overlegvraag



te

stof	water	ijzer	wolfraam	kwik	tin	alcohol	stikstof	zuurstof	waterstof
smeltpunt in °C	0	1538	3422	-39	232	-114	-210	-219	-259
kookpunt in °C	100	2862	5555	357	2603	78	-196	-183	-253

# Binnen welk temperatuurgebied zijn water en alcohol beide vloeibaar?



stof	water	ijzer	wolfraam	kwik	tin	alcohol	stikstof	zuurstof	waterstof
smeltpunt in °C	0	1538	3422	-39	232	-114	-210	-219	-253
kookpunt in °C	100	2862	5555	357	2603	78	-196	-183	-259

## Binnen welk temperatuurgebied zijn stikstof en zuurstof beide vloeibaar?



stikstof



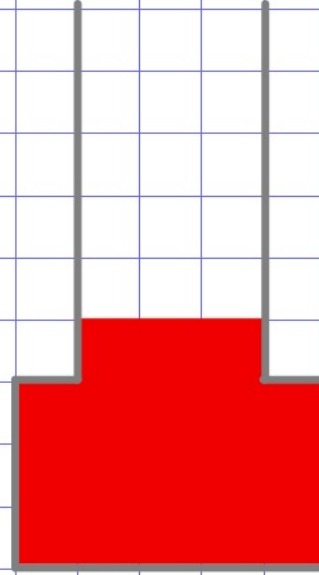
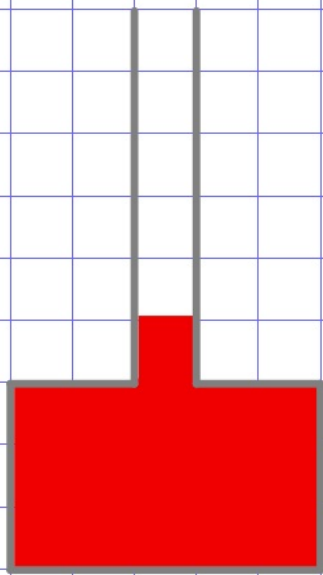
zuurstof

stof	water	ijzer	wolfraam	kwik	tin	alcohol	stikstof	zuurstof	waterstof
smeltpunt in °C	0	1538	3422	-39	232	-114	-210	-219	-253
kookpunt in °C	100	2862	5555	357	2603	78	-196	-183	-259

Noem twee stoffen die nooit tegelijkertijd vloeibaar kunnen zijn bij een bepaalde temperatuur (meerdere mogelijkheden).

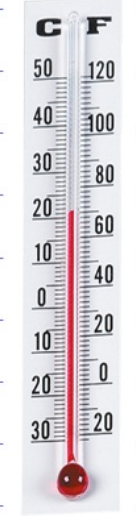
stof	water	ijzer	wolfraam	kwik	tin	alcohol	stikstof	zuurstof	waterstof
smeltpunt in °C	0	1538	3422	-39	232	-114	-210	-219	-253
kookpunt in °C	100	2862	5555	357	2603	78	-196	-183	-259

"In welke thermometer stijgt de vloeistof het meest bij een bepaalde temperatuurstijging?"



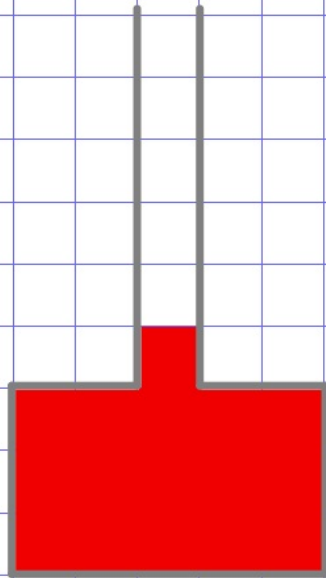
- BONUSVRAAG

1

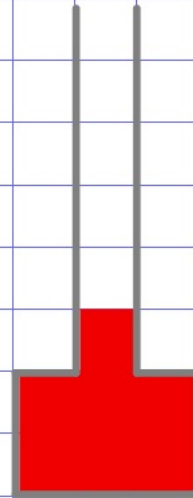


Hoofdstuk 3 | Warm en koud

"In welke thermometer stijgt de vloeistof het meest bij een bepaalde temperatuurstijging?"



1



2

- BONUSVRAAG

1



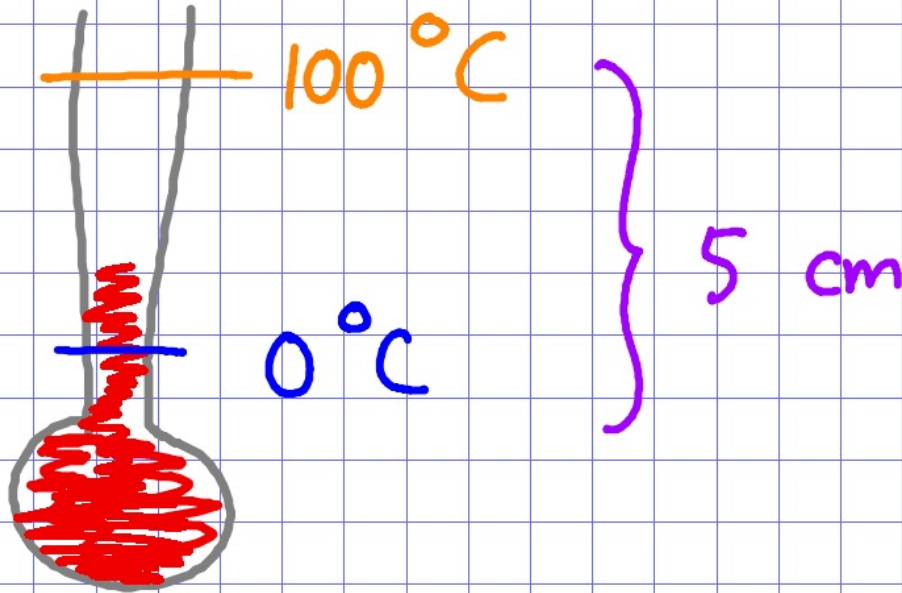
Hoofdstuk 3 | Warm en koud

"De vloeistof in deze thermometer staat 2,6 cm boven het nulpunt.  
Welke temperatuur geeft de thermometer dan aan?"

- BONUSVRAAG

1

ZONDER  
REKENMACHINE!



# "Welke fietsband zal het hardst opgepompt aanvoelen?"

- BONUSVRAAG



binnendruk  $p = 4,2$  bar

buitendruk  $p = 1,1$  bar

drukverschil = ?

3,1 bar



binnendruk  $p = 4,1$  bar

buitendruk  $p = 0,9$  bar

drukverschil = ?

3,2 bar



binnendruk  $p = 4,3$  bar

buitendruk  $p = 1,2$  bar

drukverschil = ?

3,1 bar

1

"Tekst denk-overlegvraag hier?"

1

2 | Warm en koud

denk-  
overlegvraag

## 2 | Warm en koud

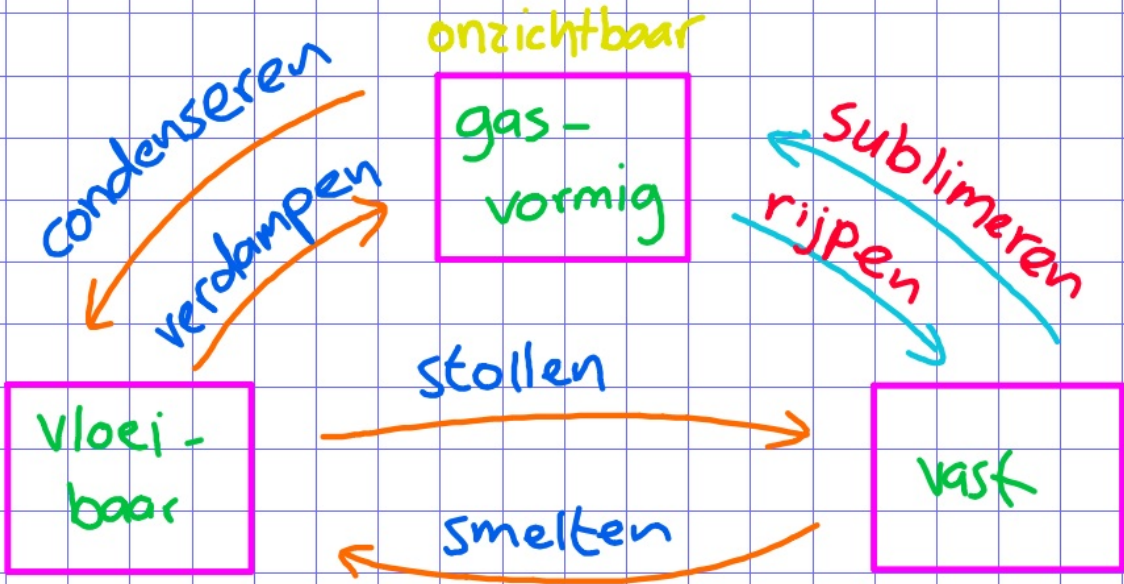
# - UITLEG & AANTEKENINGEN -

De volgende dia's zijn de aantekeningen die je in de les overgenomen hebt. Alles wat hier tussen de rode lijnen staat zou o in je schrift moeten staan. Dit is de essentiële stof voor het proefwerk en deze moet je proberen volledig te begrijpen. Je vindt hier ook de tekst bij de bordoefeningen waarvan je als het goed is alleen de uitwerkingen hebt opgeschreven.

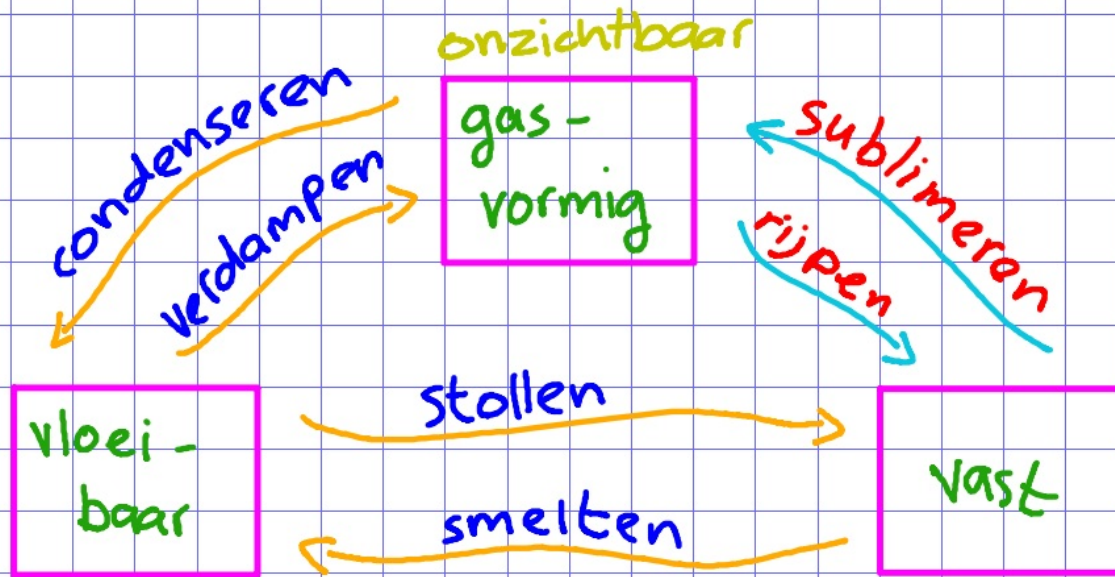
# Hoofdstuk 3 Warm en koud

## §1 Fasen en fase-overgangen

Elke stof kan voorkomen in drie fasen:



Elke stof kan voorkomen in drie fasen:

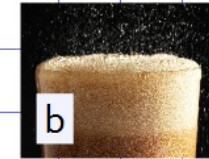


Bordoefening 1:

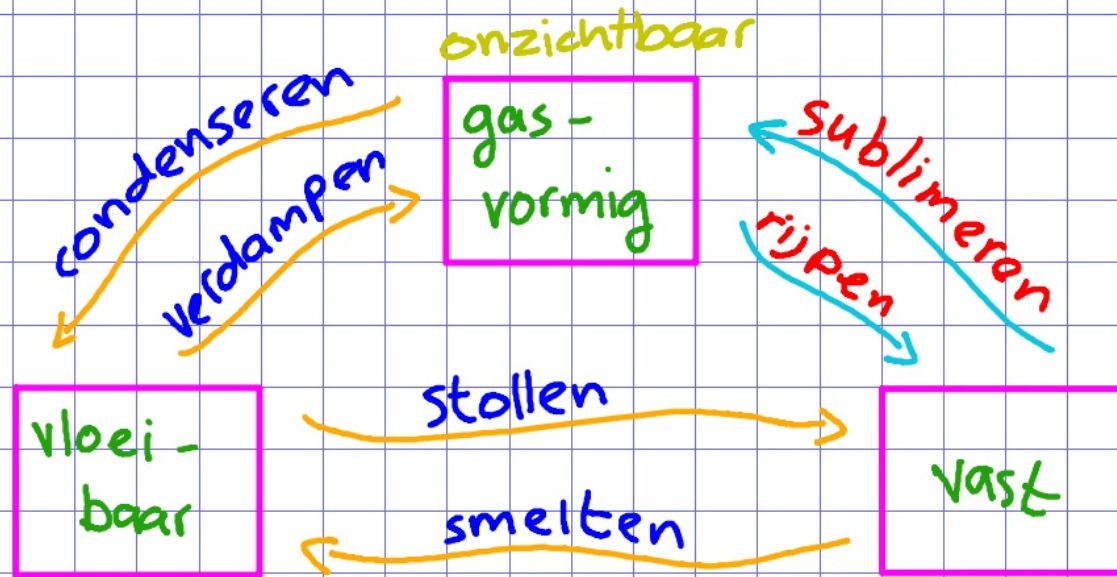
## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §1 Fasen en fase-overgangen

**Bordoefening 1:** Benoem voor elke afbeelding die je hier ziet van welke fase hier sprake is.



Elke stof kan voorkomen in drie fasen:

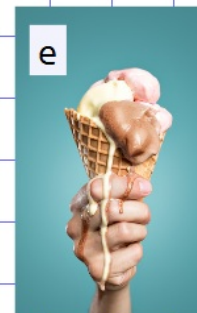
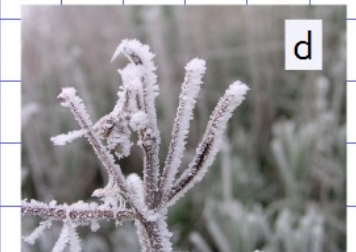
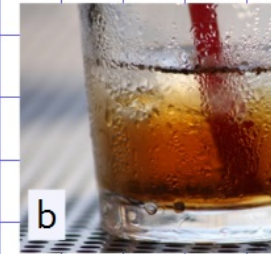
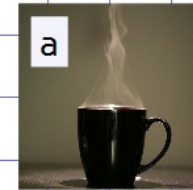


Bordoefening 2:

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §1 Fasen en fase-overgangen

**Bordoefening 2:** Benoem per afbeelding welke fase-overgangen je herkent.



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

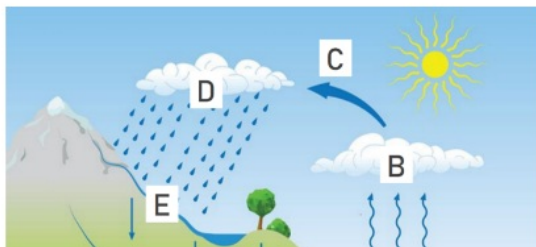
### §1 Fasen en fase-overgangen



#### Oefenopgaven bij §1

##### A. Basisopgaven

1. Geef aan in welke fase de dikgedrukte stof of voorwerp is:
  - a. Een blokje **ijzer** ligt voor je op tafel.
  - b. Je ruikt de **benzine** bij een tankstation.
  - c. Het **water** in een emmer is tijdens een winternacht hard geworden.
  - d. Als je hard door dichte **mist** fietst wordt je jas nat.
  - e. Je blaast een ballon op met **lucht** uit je longen.
  - f. Je eet een hardgekookt **ei**.
  - g. Bij het duiken gebruik je een tank met **zuurstof** om adem te halen.
  - h. Je slaat voor de gein een rauw **ei** kapot op het hoofd van je buurman.
2. Bekijk de afbeeldingen hiernaast. Geef voor elke afbeelding aan welke fasen je herkent. Geef een korte toelichting, bijvoorbeeld: "het water in het glas is vloeibaar".
3. Bedenk van welke fase-overgang hier sprake is:
  - a. Een spijkerbroek hangt aan de waslijn te drogen.
  - b. Er ontstaan druppeltjes op je koude drankje.
  - c. Je bakt een ei in de pan.
  - d. Een plas water droogt op.
  - e. De mist klaart in de loop van de ochtend op.
  - f. Je ademt wolkjes op een koude dag.
  - g. Na een koude nacht zijn witte ijskristallen op takken verschenen.



##### B. Extra oefening

4. Bekijk de afbeelding van de waterkringloop hieronder. Leg uit welke faseovergangen hier voorkomen. Let op: soms komt bij een letter geen fase-overgang voor. Probeer bij die letters toch iets zinnigs te zeggen over wat daar gebeurt met het water.

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §1 Fasen en fase-overgangen

5. Bekijk de afbeelding hiernaast van een glazen theepot met kokend water er in. Geef voor elke van de aangegeven plaatsen aan in welke fase het water daar is.

- Onderin, buiten de bellen.
- Onderin, binnen de bellen.
- Bovenin de pot.
- In de tuit en n t daarbuiten.
- 15 cm buiten de tuit.



6. In welke fase is het water in de lucht bij deze weersverschijnselen:

- Regen
- Sneeuw
- Mist
- Hagel
- Rijp
- IJzel
- Heldere zonovergoten dag zonder wolken

### C. Uitdagende of verdiepende opgaven

7. Geef bij deze omschrijvingen aan of het om een vaste stof, een vloeistof of een gasvormige stof gaat. Licht je antwoord toe.

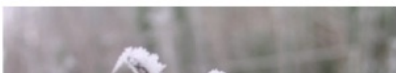
- Deze fase heeft een vaste vorm en een vast volume
- Deze fase heeft geen vaste vorm en geen vast volume
- Deze fase heeft een vast volume, maar geen vaste vorm

8. Bekijk de afbeeldingen hieronder. In beide afbeeldingen zijn de takken bedekt met een laagje ijs. Een van deze vormen van ijs noem je rijp, de ander heet ijzel.

- Schrijf op welke afbeelding ijzel laat zien en welke rijp.
- Leg voor beide foto's uit door welke fase-overgang de toestand in die foto ontstaan is.

9. Verklaar de volgende verschijnselen met de woorden vorm en volume.

- In water kun je zwemmen, maar in ijs niet.
- Als een boer mest uitrijdt kun je dat ruiken.
- Blokken hout kun je stapelen.
- Een fles water kun je leegschenken.



## §2 Smeltpunt en kookpunt

In welke fase een stof is hangt van de **kook- en smeltpunten** af (zie tabel 3.16 op blz. 95):



**Bord oefening 4:** In welke fase zijn deze stoffen bij 20 °C: water, tin, kwik, zuurstof? Maak een fase-overzicht waarin je dit kunt zien.

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

Stof	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
Water	0	100
Alcohol	-114	78
Methaan	-182	-162
Propaan	-188	-42
Buthaan	-138	-1
IJzer	1538	2862
Lood	328	1749
Aluminium	660	2470
Koper	1085	2562
Goud	1064	2700
Wolfram	3422	5556
Tin	232	2602
Kwik	-39	357
Gallium	30	2400
Zuurstof	-219	-183
Stikstof	-210	-196
Helium	-272	-269
Stearinezuur	69	361
Palmitinezuur	63	351

#### Bordoefening 4:

tin

- 2603 °C

- 232 °C

- 20 °C

vast

kwik

- 357 °C

- 20 °C

- 39 °C

vloeibaar

zuurstof

- 20 °C

- 183 °C

- 219 °C

gas

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §2 Smeltpunt en kookpunt



**Bordoefening 4:** In welke fase zijn deze stoffen bij 20 °C: water, tin, kwik, zuurstof? Maak een fase-overzicht waarin je dit kunt zien.

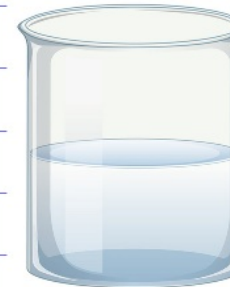
**Bordoefening 5:** Welke stof uit de tabel moet je het heetst maken om deze te smelten?

**Bordoefening 6:** Tussen welke twee temperaturen in zijn alcohol en water beide vloeibaar?

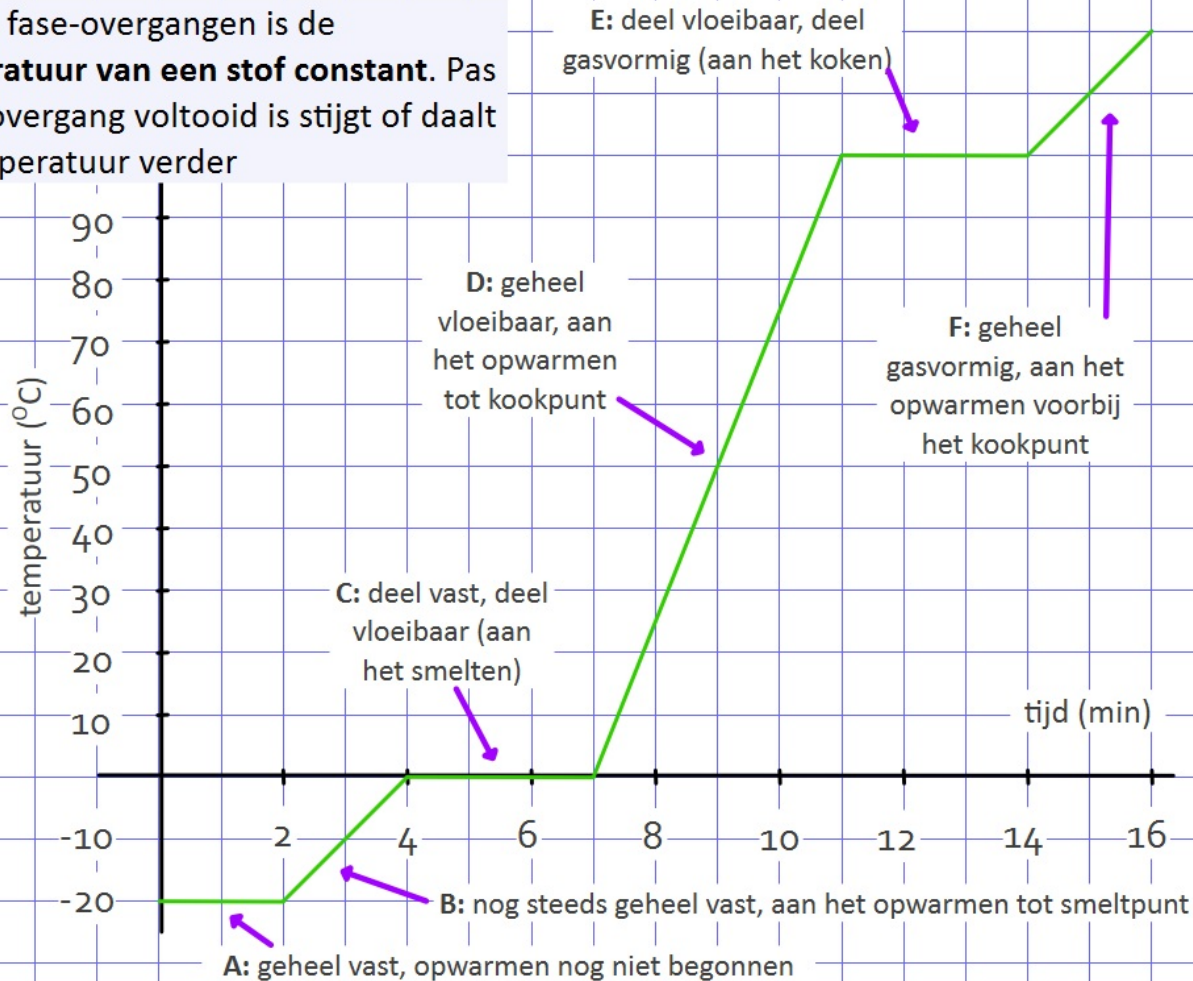
## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §2 Smeltpunt en kookpunt

**Bord oefening 7:** Bedenk welke afbeelding hoort bij welke letter in de grafiek.



Tijdens fase-overgangen is de **temperatuur van een stof constant**. Pas als de overgang voltooid is stijgt of daalt de temperatuur verder



## Oefenopgaven bij §2

### A. Basisopgaven

- Hiernaast zie je nog een keer de tabel met smelt- en kookpunten van blz. 8.
  - Bepaal van elk van deze stoffen in welke fase ze zijn bij een temperatuur van 60 °C: water, alcohol, propaan, ijzer, kwik en helium.
  - Bepaal van elk van deze stoffen in welke fase ze zijn bij een temperatuur van 1000 °C: water, ijzer, aluminium, goud, tin, stearinezuur.
  - Bepaal in welke fase deze stoffen zijn bij een temperatuur van -200 °C: water, propaan, kwik, zuurstof en helium.
- Bepaal tussen welke twee temperaturen deze stoffen beide vloeibaar zijn:
  - Lood en ijzer
  - Alcohol en water
  - Methaan en propaan
- Noem drie verschillende tweetallen van stoffen (dus in totaal zes verschillende) die je nooit tegelijkertijd in dezelfde omgeving in dezelfde fase zult aantreffen.
- Welke stoffen ijzer, koper en goud moet je het warmst maken om deze te doen:
  - smelten?
  - verdampen?
- Welke stof heeft het
  - kleinste verschil tussen het smeltpunt en het kookpunt?
  - grootste verschil tussen het smeltpunt en het kookpunt?

### B. Extra oefening

- Noem de stoffen uit de tabel die je zonder hulpmiddelen zoals een koelapparaat nooit op aarde in de vaste fase zult aantreffen. Zoek daarvoor eerst op hoe koud het op aarde maximaal kan worden.
- Bedenk welke stoffen uit de tabel je zonder hulpmiddelen zoals een brander nooit op aarde in de gasfase zult aantreffen. Zoek daarvoor eerst op hoe heet het op aarde maximaal kan worden.
- Je hebt een koelapparaat gevuld met lucht. In lucht zitten voornamelijk zuurstof en stikstof. Bij aanvang van je experiment heeft de lucht in het apparaat een temperatuur van 20 °C. In hoek de lucht in het apparaat het laagste of het

Stof	Smeltpunt (°C)	Kookpunt (°C)
Water	0	100
Alcohol	-114	78
Methaan	-182	-162
Propaan	-188	-42
Buthaan	-138	-1
Ijzer	1538	2862
Lood	328	1749
Aluminium	660	2470
Koper	1085	2562
Goud	1064	2700
Wolfram	3422	5556
Tin	232	2602
Kwik	-39	357
Gallium	30	2400
Zuurstof	-219	-183
Stikstof	-210	-196
Helium	-272	-269
Stearinezuur	69	361
Palmitinezuur	63	351



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §2 Smeltpunt en kookpunt



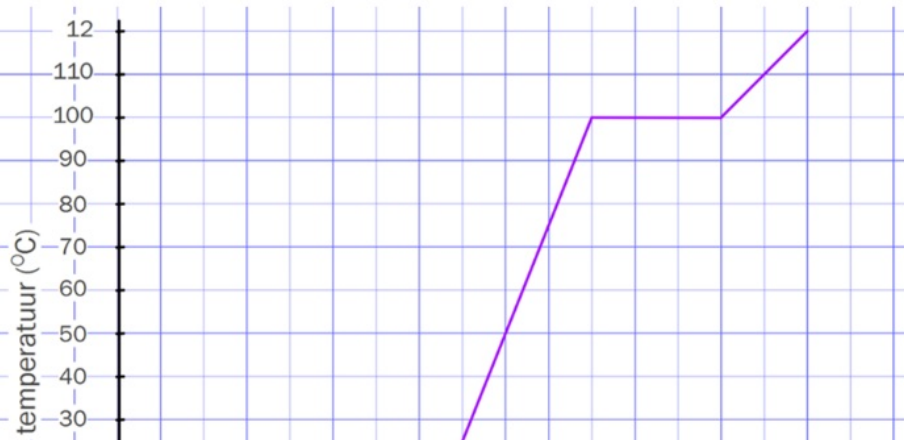
10. In vloeistofthermometers zit een gekleurde stof die vloeibaar moet blijven voor een goede werking van de thermometer. Vroeger zat in zulke thermometers kwik. Tegenwoordig is dat alcohol met een beetje kleurstof. Beantwoord deze vragen:

- Waarom zou kwik nu niet meer gebruikt worden, denk je?
- Leg uit of kwikthermometers gebruikt konden worden in de winter in Siberië.
- Kun je alcohol in een oventhermometer gebruiken? Typische ovens kunnen stoken tot  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### C. Uitdagende of verdiepende opgaven

11 (EXTRA). Hieronder zie je opnieuw de grafiek van blz. 9. Teken in dit diagram grafieken die horen bij onderstaande experimenten. Bedenk telkens goed wat wel verandert ten opzichte van de uitgangssituatie en wat niet. Gebruik een potlood en druk niet te hard zodat je nog makkelijk kunt gummen.

- Een waterkoker die het water twee keer zo snel kan verwarmen
- Als je het experiment uitvoert op een hoogte van 3000 m. Het kookpunt van water is daar  $90^{\circ}\text{C}$ . Het smeltpunt verandert niet als je de bergen in gaat.
- Als je een hoeveelheid zout aan het water toevoegt waardoor het smeltpunt verlaagd wordt naar  $-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Het kookpunt verandert hierbij niet.



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §2 Smeltpunt en kookpunt

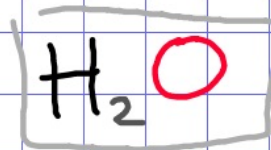
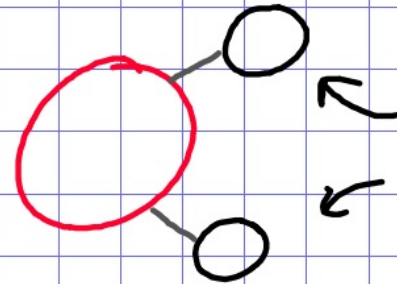
### §3 Het deeltjesmodel

De deeltjes waar stoffen uit bestaan heten **moleculen**.

watermolecuul:

1 atoom  
v. h. type

" O "



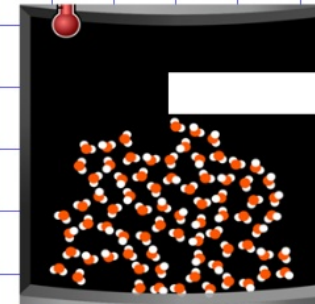
2 atomen  
v. h. type  
" H "

#### DEELTJESMODEL:

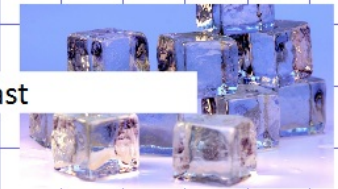
Natuurkundig gedrag van stoffen is te verklaren met **twee eigenschappen** van moleculen:

1. Ze trekken elkaar aan.
2. Ze gaan harder bewegen als het warmer wordt.

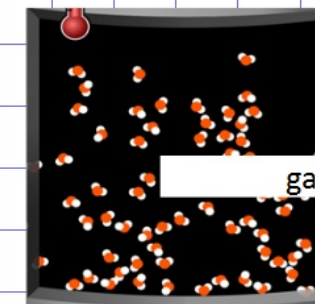
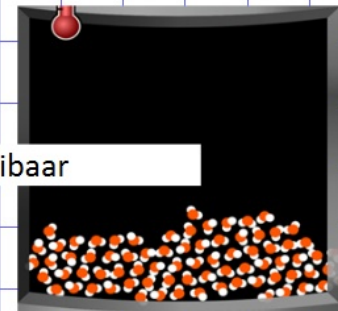
### Hoofdstuk 3 Warm en koud



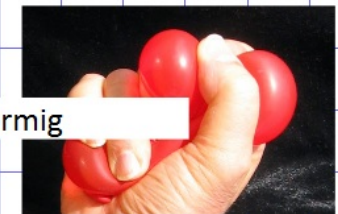
vast



vloeibaar



gasvormig

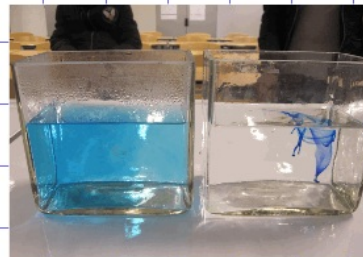


### Bordoefening 9a:

*"Als de vloeistof wordt afgekoeld gaan de moleculen langzamer bewegen. Bij voldoende afkoeling krijgen ze elkaar te pakken en vormen ze een star geheel. De vloeistof is nu een vaste stof geworden."*

*"In een gas stuiten de moleculen in het rond. Daar waar de moleculen van binnenuit tegen de ballonwand botsen oefenen ze een kort, klein krachtje uit. De krachtjes van alle moleculen bij elkaar duwen de ballonwand naar buiten."*

*"In de vloeibare toestand glijden de moleculen langs elkaar heen en worden dus gehusseld. Als een kleurstof in het water wordt gedaan zal deze kleurstof hierdoor verspreid worden. In het warme water bewegen de moleculen sneller en gaat dus ook dit husselen sneller."*



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §3 Het deeltjesmodel

**Bordoefening 9a:** Probeer deze verschijnselen te verklaren met behulp van de eigenschappen van moleculen:

- vloeistoffen stollen als ze genoeg afkoelen
- een ballon blijft op vorm door de lucht die er in zit.
- in een warme vloeistof mengt de kleurstof sneller dan in een koude vloeistof.

Natuurkundig gedrag van stoffen is te verklaren met **twee eigenschappen** van moleculen:

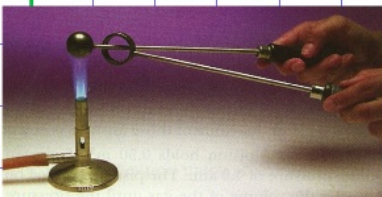
- Ze trekken elkaar aan.
- Ze gaan harder bewegen als het warmer wordt.

### Bordoefening 9b:

a. "Als een vaste stof warmer wordt gaan de moleculen harder (over een grotere afstand) op hun plaats trillen. Doordat ze over een grote afstand heen-en-weer trillen nemen ze meer ruimte in en duwen ze elkaar een beetje op zij."

b. "Lucht in de gasfase bestaat uit rondstuijterende moleculen. Door dit stuijteren worden ze snel gehusseld. Als je op een plek in de kamer het gas van een scheet loslaat zal dit gas door het gehussel snel verspreid worden door de hele kamer."

c. "Hoe kouder een hoeveelheid stof is, hoe langzamer de moleculen bewegen. Bij  $-273^{\circ}\text{C}$  staan moleculen zelfs helemaal stil. Daarom noemt men die temperatuur het absolute nulpunt."



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §3 Het deeltjesmodel

#### Bordoefening 9b:

Geef een verklaring voor deze verschijnselen in goedlopende zinnen. Let er op dat je bondig bent, maar geen essentiële uitleg weglaat.

- stoffen zetten uit als je ze verwarmt
- als je een scheet laat ruikt even later de hele kamer hem
- er bestaat een absoluut nulpunt

Natuurkundig gedrag van stoffen is te verklaren met **twee eigenschappen** van moleculen:

- Ze trekken elkaar aan.
- Ze gaan harder bewegen als het warmer wordt.

### Bordoefening 9c:

et een  
en

r gaan  
gaan

oeld.  
taat  
de  
on."



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §3 Het deeltjesmodel

#### Bordoefening 9c:

Geef een verklaring voor deze verschijnselen in goedlopende zinnen. Let er op dat je bondig bent, maar geen essentiële uitleg weglaat.

- a. een paperclip kan op een wateroppervlak liggen.
- b. bevroren water kan rotsen splijten.
- c. een dichtgeknoopte opgeblazen ballon krimp als deze in een bad met vloeibaar stikstof wordt gedoopt.

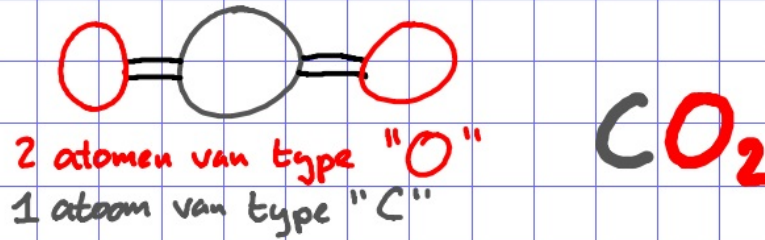
Natuurkundig gedrag van stoffen is te verklaren met **twee eigenschappen** van moleculen:

1. Ze trekken elkaar aan.
2. Ze gaan harder bewegen als het warmer wordt.

## Aanvullend bij §3.1: Droogijs

"Droogijs" is een informele naam voor **kooldioxide** ( $\text{CO}_2$ ) in de vaste fase.

Kooldioxidemolecuul:



gewoon ijs

vast  $\text{H}_2\text{O}$

smeltpunt:  $0^\circ\text{C}$

$\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$

(dus drijft in water)

GAS  
-  $100^\circ\text{C}$   
VLOEI  
-  $0^\circ\text{C}$   
VAST

droogijs

vast  $\text{CO}_2$

sublimatiepunt:  $-79^\circ\text{C}$

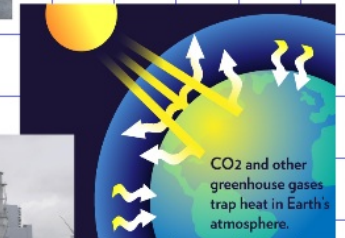
$\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$

(dus zinkt in water)

GAS  
-  $-79^\circ\text{C}$   
VAST

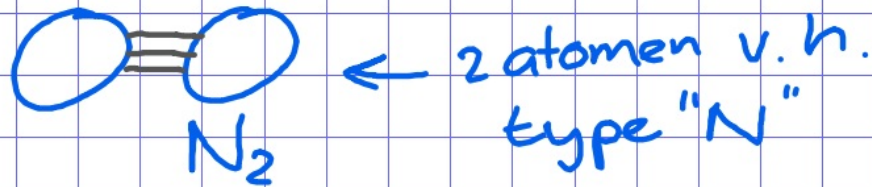
## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §1 Fasen en fase-overgangen



## Aanvullend bij §3.1: Droogijs

Molecuul:



Eigenschappen:

fase-overzicht:

-196 °C

-210 °C

dichtheid:

0,8 g/cm<sup>3</sup>

Toepassingen:



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §1 Fasen en fase-overgangen



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §3 Het deeltjesmodel

de moleculen...	vaste stof	vloeistof	gas
trillen op hun plaats	x		
bewegen sneller bij hoge temperatuur	x	x	x
bewegen dicht langs elkaar		x	
bewegen ver van elkaar			x
trekken elkaar nauwelijks aan			x
trekken elkaar aan	x	x	x

## Oefenopgaven bij §3



### A. Basisopgaven

1. Hieronder vind je een tabel met kenmerken van moleculen in stoffen. Geef per regel met een kruisje aan bij welke fase een kenmerk hoort. In sommige regels kunnen meerdere kruisjes komen.

de moleculen...	vaste stof	vloeistof	gas
trillen op hun plaats			
bewegen sneller bij hoge temperatuur			
bewegen dicht langs elkaar			
bewegen ver van elkaar			
trekken elkaar nauwelijks aan			
trekken elkaar aan			

2. Geef de namen van deze fase-overgangen die bij de pijlen horen.



3. Verklaar deze verschijnselen met je kennis van moleculen. Geef antwoord in complete zinnen.

- Een gas kun je met samenpersen. Een vloeistof niet.
- Ijs smelt als het wordt verwarmd met een straalkachel
- Een half opgeblazen heteluchtballon zwelt verder op als de lucht er in wordt verwarmd met een brander (zie foto rechts).
- Op een koud glas limonade ontstaan waterdruppeltjes aan de buitenkant.
- Een plas water verdampt in de loop van de dag, ook al is de temperatuur van die dag ruim beneden het kookpunt van water.
- Vaste stoffen hebben een iets grotere dichtheid dan vloeistoffen van dezelfde stof.



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §3 Het deeltjesmodel

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §3 Het deeltjesmodel

#### B. Extra oefening

4. Geef aan of deze stellingen juist of onjuist zijn.
- Moleculen zitten het dichtst bij elkaar in de vaste fase.
  - Er bestaan verschillende soorten watermoleculen.
  - Sommige stoffen bestaan uit dezelfde moleculen als andere stoffen.
  - In de gasfase bewegen moleculen het snelst.
  - Tussen de moleculen in de vaste fase zit een beetje lucht.
  - Tussen de moleculen van een zuiver gas zit vacuüm.
  - Moleculen zijn opgebouwd uit atomen.
  - Moleculen veranderen van vorm bij fase-overgangen.
  - In een molecuul kooldioxide ( $\text{CO}_2$ ) zitten twee atomen van het type O.
  - Een molecuul methaan ( $\text{CH}_4$ ) bestaat uit vier atomen in totaal.
  - De bellen in kokend water bestaan uit lucht.
  - De bellen in een bubbelbad bestaan uit lucht.

5. Benoem de fase-overgangen die bij deze pijlen horen:



6. Verklaar deze verschijnselen met het deeltjesmodel:

- Kleurstof verspreidt zich in het warme water sneller dan in het koude water.
- Het kost kracht om een stevig opgepompte fietsband in te drukken.
- Als je een scheet laat in een lift ruikt al snel iedereen hem.
- Treinsporen kunnen door uitzetting kromtrekken als het heel warm is.

#### C. Uitdagende of verdiepende opgaven

7. Bekijk de foto van de gekleurde *handboiler* linksonder. Dit experimentje bestaat uit twee bolletjes die verbonden zijn met een buisje. Het geheel is van glas gemaakt, is luchtdicht en is gevuld met een gekleurde vloeistof. Als je de bolletjes op gelijke hoogte houdt loopt het buisje horizontaal. Als je vervolgens een van de bolletjes in je hand houdt loopt alle vloeistof dat bolletje uit naar het andere bolletje toe. Leg uit waarom dit gebeurt.

8. In de afbeelding rechtsonder zie je het drinkvogeltje. Dit is een klassieke natuurkundige demonstratie. Zoek uit hoe dit vogeltje werkt.
- Tip 1: je kunt daarbij voortborduren op je antwoord bij opgave 7.
  - Tip 2: doordat het kopje van de vogel continu nat is koelt het af t.o.v. de rest van de vogel.

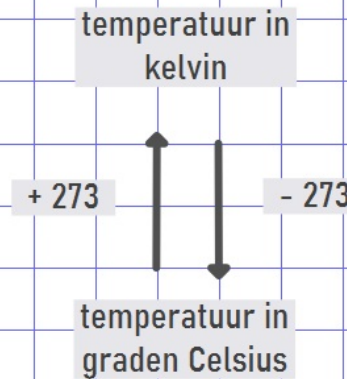


## §4 Temperatuur

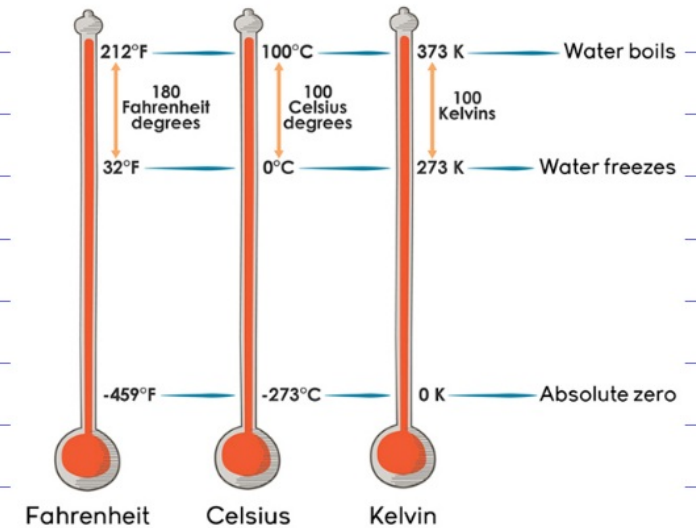
De laagst mogelijke temperatuur in het universum is  $-273^{\circ}\text{C}$ . Dit heet het **absolute nulpunt**. De kelvin-temperatuurschaal is op het absolute nulpunt gebaseerd:

### Bordoefening 8:

- a)  $230^{\circ}\text{C} = 503\text{ K}$
- b)  $16\text{ K} = -257^{\circ}\text{C}$
- c)  $300\text{ K} = 27^{\circ}\text{C}$
- d)  $-55^{\circ}\text{C} = 218\text{ K}$



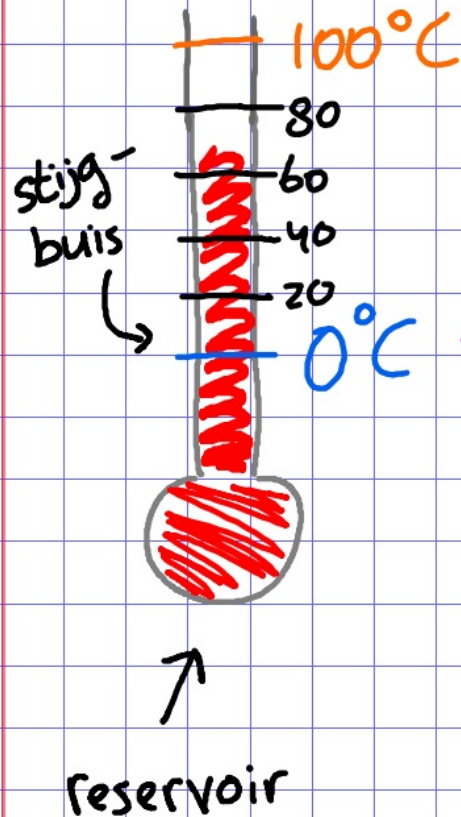
## Hoofdstuk 3 Warm en koud



**Bordoefening 8:** Reken deze temperaturen om naar de kelvin-schaal of de celsius-schaal:

- a.  $230^{\circ}\text{C}$
- b.  $16\text{ K}$
- c.  $300\text{ K}$
- d.  $-55^{\circ}\text{C}$

De werking van thermometers is gebaseerd op warmte-uitzetting. Om een thermometer te ijken heb je kokend water nodig en een water/ijsmengsel:



- $100^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 5,0 \text{ cm}$   
 $1^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 0,05 \text{ cm}$   
 $100^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 5,0 \text{ cm}$   
 $20^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 1,0 \text{ cm}$
- $1,5 \cdot 20^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C}$   
 $70 \cdot 0,05 = 3,5 \text{ cm}$

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §4 Temperatuur

**Voorbeeld:** Stel, je hebt een thermometer geijkt en tussen het  $100^{\circ}\text{C}$ -streepje en het  $0^{\circ}\text{C}$ -streepje zit 5,0 cm. Reken uit:

- de afstand in cm van  $1^{\circ}\text{C}$
- het aantal graden per cm
- de temperatuur als de vloeistof stijgt tot 1,5 cm boven het nulstreepje
- de hoogte van de vloeistof boven het nulstreepje als de temperatuur  $70^{\circ}\text{C}$  is.



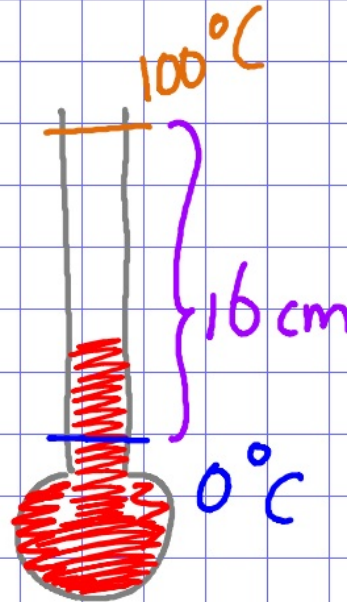
### Bordoefening 8a:

a.  $100^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 16 \text{ cm}$

b.  $100^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 16 \text{ cm}$

c.

d.



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §4 Temperatuur

**Bordoefening 8a:** Stel, je hebt een thermometer geijkt en tussen het  $100^{\circ}\text{C}$ -streepje en het  $0^{\circ}\text{C}$ -streepje zit 16 cm.

Reken uit:

- afstand in cm van  $1^{\circ}\text{C}$
- aantal graden per cm
- temperatuur als de vloeistof stijgt tot 5 cm boven het nulstreepje
- hoogte van de vloeistof boven het nulstreepje als de temperatuur  $70^{\circ}\text{C}$  is.

a.  $100^{\circ} \leftrightarrow 5,0 \text{ cm}$   
 $1^{\circ} \leftrightarrow 0,05 \text{ cm}$

b.  $100^{\circ} \leftrightarrow 5,0 \text{ cm}$   
 $20^{\circ} \leftrightarrow 1,0 \text{ cm}$

c.  $1,5 \cdot 20^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$

d.  $70 \cdot 0,05 \text{ cm} = 3,5 \text{ cm}$

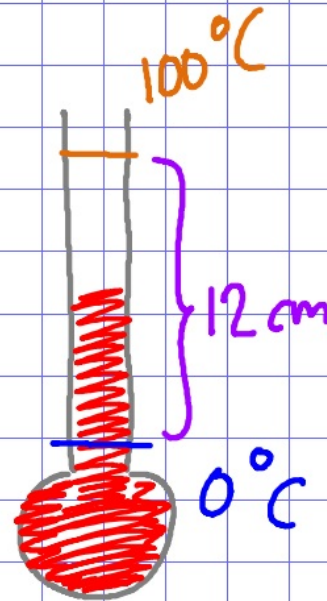
### Bordoefening 8b:

a.  $100^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 12\text{ cm}$   
 $1^{\circ}\text{C} \leftrightarrow \underline{0,12\text{ cm}}$

b.  $100^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 12\text{ cm}$   
 $\underline{8,33^{\circ}\text{C}} \leftrightarrow 1\text{ cm}$

c.  $4 \times 8,33^{\circ}\text{C} = 33,3^{\circ}\text{C}$

d.  $60 \times 0,12\text{ cm} = 7,2\text{ cm}$



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §4 Temperatuur

**Bordoefening 8b:** Stel, je hebt een thermometer geijkt en tussen het  $100^{\circ}\text{C}$ -streepje en het  $0^{\circ}\text{C}$ -streepje zit 12 cm.

Reken uit:

- afstand in cm van  $1^{\circ}\text{C}$
- aantal graden per cm
- temperatuur als de vloeistof stijgt tot 4 cm boven het nulstreepje
- hoogte van de vloeistof boven het nulstreepje als de temperatuur  $60^{\circ}\text{C}$  is.

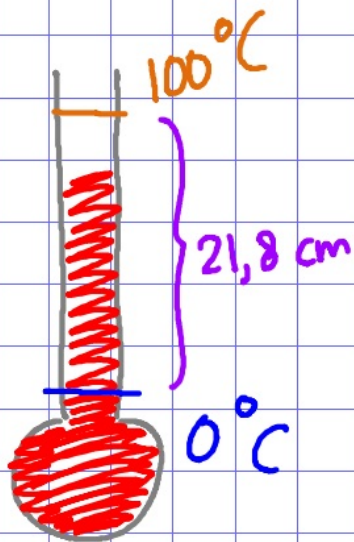
a.  $100^{\circ} \leftrightarrow 12\text{ cm}$   
 $1^{\circ} \leftrightarrow 0,12\text{ cm}$

b.  $100^{\circ} \leftrightarrow 12\text{ cm}$   
 $20^{\circ} \leftrightarrow 2,4\text{ cm}$

c.  $1,5 \cdot 20^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$

d.  $70 \cdot 0,12\text{ cm} = 8,4\text{ cm}$

### Bordoefening 8c:



$$\begin{aligned} \text{a. } 100^\circ\text{C} &\leftrightarrow 21,8 \text{ cm} \\ 1^\circ\text{C} &\leftrightarrow \underline{0,218 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } 100^\circ\text{C} &\leftrightarrow 21,8 \text{ cm} \\ \underline{4,6^\circ\text{C}} &\leftrightarrow 1 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{c. } 3,5 \times 4,6^\circ\text{C} = 16,1^\circ\text{C}$$

$$\text{d. } 91 \times 0,218 \text{ cm} = 19,8 \text{ cm}$$

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §4 Temperatuur

**Bordoefening 8c:** Stel, je hebt een thermometer geijkt en tussen het  $100^\circ\text{C}$ -streepje en het  $0^\circ\text{C}$ -streepje zit 21,8 cm.

Reken uit:

- afstand in cm van  $1^\circ\text{C}$
- aantal graden per cm
- temperatuur als de vloeistof stijgt tot 3,5 cm boven het nulstreepje
- hoogte van de vloeistof boven het nulstreepje als de temperatuur  $91^\circ\text{C}$  is.

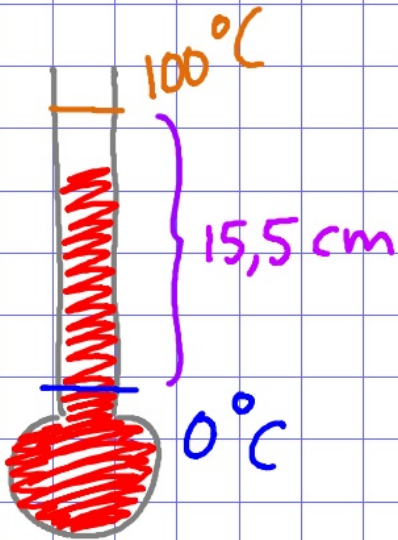
$$\begin{aligned} \text{a. } 100^\circ &\leftrightarrow 21,8 \text{ cm} \\ 1^\circ &\leftrightarrow \underline{0,218 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } 100^\circ &\leftrightarrow 21,8 \text{ cm} \\ 20^\circ &\leftrightarrow \underline{4,36 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$\text{c. } 1,5 \cdot 20^\circ = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{d. } 91 \cdot 0,218 \text{ cm} = 19,8 \text{ cm}$$

### Bordoefening 8d:



$$\begin{array}{l} \text{a. } 100^{\circ} \leftrightarrow 15,5 \text{ cm} \\ \quad 1^{\circ} \leftrightarrow 0,155 \text{ cm} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{b. } 100^{\circ} \leftrightarrow 15,5 \text{ cm} \\ \quad \underline{6,45^{\circ}} \leftrightarrow 1 \text{ cm} \end{array}$$

$$\text{c. } 6,5 \times 6,45 = 41,9^{\circ} \text{C}$$

$$\text{d. } 81 \times 0,155 = 12,6 \text{ cm}$$

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §4 Temperatuur

**Bordoefening 8d:** Stel, je hebt een thermometer geijkt en tussen het  $100^{\circ}\text{C}$ -streepje en het  $0^{\circ}\text{C}$ -streepje zit  $15,5 \text{ cm}$ .

Reken uit:

- afstand in cm van  $1^{\circ}\text{C}$
- aantal graden per cm
- temperatuur als de vloeistof stijgt tot  $6,5 \text{ cm}$  boven het nulstreepje
- hoogte van de vloeistof boven het nulstreepje als de temperatuur  $81^{\circ}\text{C}$  is.

## Oefenopgaven bij §4

### A. Basisopgaven

1. Zoek van elk van deze temperatuurschalen op wat op die schaal het smeltpunt en kookpunt van water zijn. Bedenk ook hoeveel graden er tussen die twee temperaturen zitten.

- a. Celsius    b. Kelvin    c. Fahrenheit    d. Rankine

2. Reken deze waarden om van de Celsius-schaal naar de kelvinschaal of andersom:

- a) 80 °C    b) 89 K    c) 4 °C    d) 12 K  
e) 4950 °C    f) 300 K    g) 166 °C    h) 1200 K

3. Een practicumthermometer van school heeft een bereik van tussen de -20 °C en 110 °C. Een koortsthermometer (zie afbeelding rechtsboven) heeft maar een meetbereik van 35 °C tot 42 °C. De koortsthermometer is wel nauwkeuriger.

- a. Stel, beide thermometers geven temperaturen aan die 0,5 °C te laag zijn. Leg uit bij welke thermometer dat het kwalijkt is en waarom.  
b. Welke van deze twee thermometers kun je veilig schoonmaken met heet water van 60 °C? Wat gebeurt er met die andere thermometer als je heet water gebruikt?  
c. Kun je de thermometers veilig schoonmaken met koud water? Leg uit.



4. De oventhermometer in middelste foto rechts werkt niet met een vloeistof die kan uitzetten en krimpen maar met een ander mechanisme. Bekijk de tabel met smelt- en kookpunten in de vorige paragraaf. Zou je een vloeistofthermometer met hetzelfde bereik als deze oventhermometer kunnen maken? Welke stof zou je dan kunnen gebruiken? Leg uit.



5. In de afbeelding hiernaast zie je de thermometer die elke auto op het dashboard heeft zitten. Deze geeft de temperatuur van de motor aan. De motor wordt warm als deze draait en om oververhitting te voorkomen wordt deze gekoeld met koelvloeistof. De motor loopt het soepelst bij een specifieke temperatuur. Te koud of te warm is niet goed. De thermometer op het dashboard geeft geen temperaturen aan. De C staat voor *cold* en de H staat voor *hot*. Leg uit waarom deze schaalverdeling goed genoeg is voor deze thermometer.



6 (EXTRA). Stel je hebt een nieuwe thermometer laten maken door een glasbewerker en je wilt deze thermometer ijken naar de Celsius-schaal. Je stelt vast dat de afstand tussen het 0 °C-streepje en het 100 °C-streepje 20 cm is. Reken uit:

- a. De afstand op de thermometer die tussen twee gradenstreepjes zou moeten zitten.  
b. Hoeveel temperatuurstijging nodig is om de vloeistof in de thermometer 1,0 cm te laten stijgen in de stijgbuis.  
c. Hoe hoog de vloeistof staat in de stijgbuis staat boven het 0 °C-punt als de

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §4 Temperatuur

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §4 Temperatuur

#### B. Extra oefening

7. Beredeneer of het nulpunt en het honderdpunt op een thermometer verder uit elkaar of dichterbij elkaar komen te liggen als je:

- De stijgbuis van de thermometer breder maakt.
- Het reservoir van de thermometer groter maakt zodat er meer vloeistof in past.
- De stijgbuis langer maakt.
- Een andere vloeistof gebruikt die meer uitzet per graad temperatuurstijging

8 (EXTRA). Van een thermometer heb je bepaald welke afstand er tussen het 0 °C-streepje en het 100 °C-streepje zit. Dit is 12,4 cm. Reken uit welke stijging van de vloeistof boven het nulpunt op de schaalverdeling hoort bij temperaturen van:

- a) 25,0 °C    b) 46,8 °C    c) 96,1 °C    d) -10 °C

9. (EXTRA) Het blijkt dat er 17,6 cm zit tussen het nulpunt en het honderdpunt van een thermometer. Bereken welke temperatuur het is als de vloeistof in de stijgbuis stijgt boven het nulpunt tot een afstand van:

- a) 3,8 cm    b) 19,0 cm    c) 11,1 cm    d) 0,5 cm

#### C. Uitdagende of verdiepende opgaven

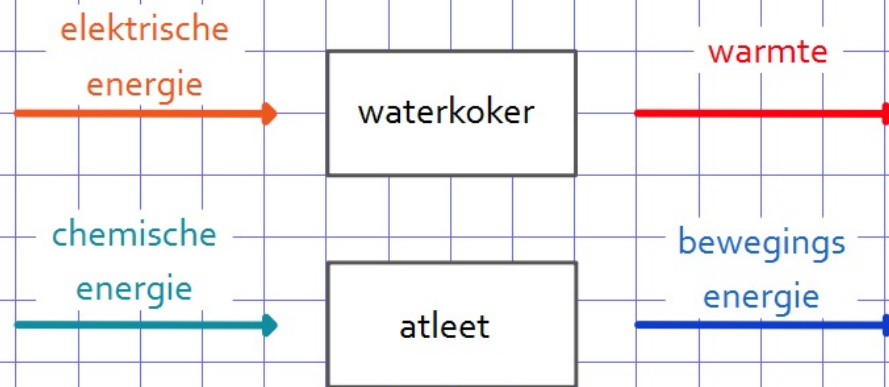
9. Omrekenen van een temperatuur in Fahrenheit naar de Celsiuschaal kun je doen door van de waarde in Fahrenheit eerst het getal 32 af te trekken en de uitkomst daarvan te vermenigvuldigen met 5 en dan te delen door 9. Je zou dit in een formule kunnen opschrijven als:

$$T_c = (T_f - 32) * 5/9.$$

## §5 Warmte

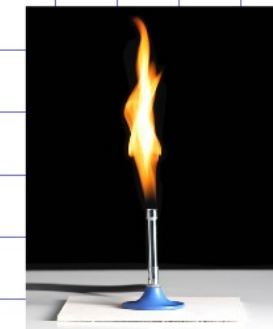
Er bestaan verschillende vormen van **energie**. De belangrijkste zijn: bewegingsenergie, hoogte-energie, elektrische energie, warmte, stralingsenergie (licht), elastische energie en chemische energie.

Deze vormen van energie kunnen in elkaar worden **omgezet** door apparaten of processen. Voorbeelden:

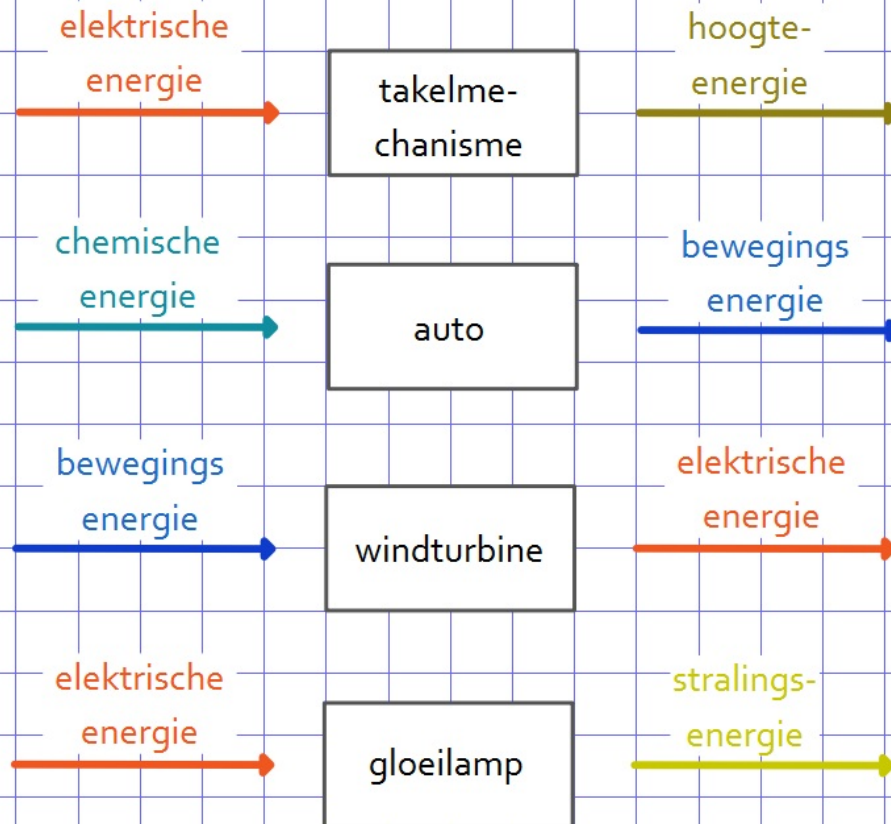


**Bordoefening 1:** Van welke energieomzettingen is hier sprake? a) Een achtbaankarretje wordt door een elektromotor naar boven getakeld. b) Een auto rijdt over een weg. c) Windmolens wekken elektriciteit op. d) Een gloeilamp geeft licht. Teken van elke omzetting een schema.

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

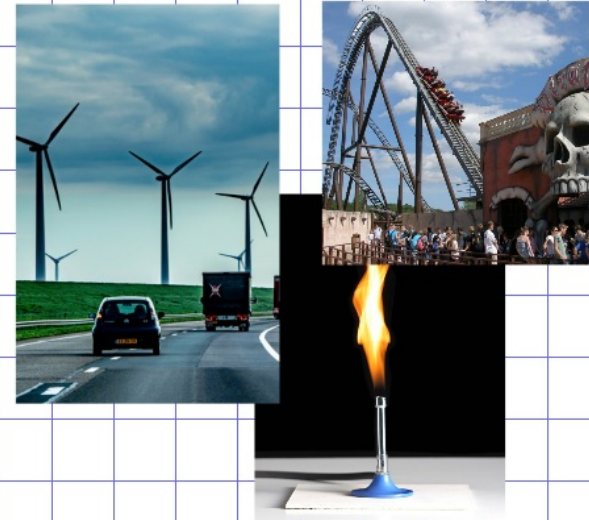


### Bord oefening 1:



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §5 Warmte



**Bord oefening 1:** Van welke energieomzettingen is hier sprake? a) Een achtbaankarretje wordt door een elektromotor naar boven getakeld. b) Een auto rijdt over een weg. c) Windmolens wekken elektriciteit op. d) Een gloeilamp geeft licht. Teken van elke omzetting een schema.

Warmte-energie kan zich op drie manieren **verplaatsen**:

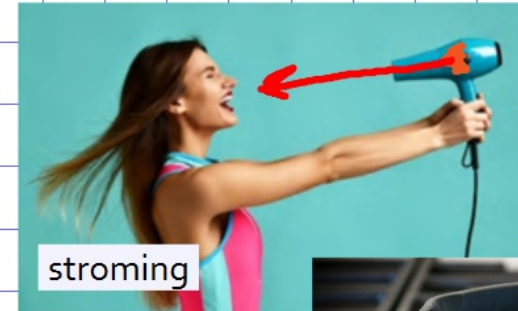
**Stroming:** "iets" dat warm is wordt in zijn geheel verplaatst zoals warm water door een leiding of warme lucht uit een fohn.

**Geleiding:** warmte wordt door een materiaal doorgegeven zonder dat het materiaal zelf daarbij verplaatst, zoals een metalen pan de warmte van het vuur doorgeeft aan het eten.

**Straling:** warme voorwerpen zoals een straalkachel zenden infraroodstraling uit die door andere voorwerpen opgevangen kan worden en weer wordt omgezet in warmte.

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §5 Warmte



stroming

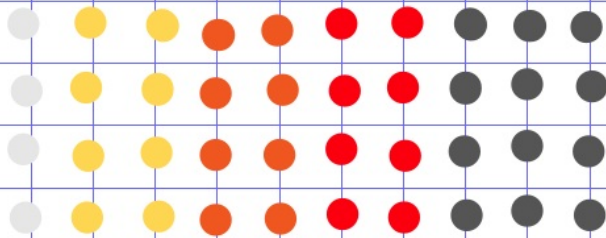


geleiding

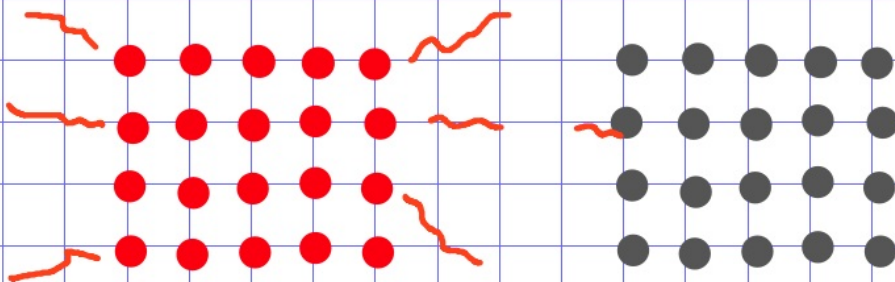


straling

**Geleiding, extra toelichting:** de metaalatomen aan een kant van voorwerp worden verhit en gaan daardoor aanvankelijk harder trillen dan de rest. Door onderling botsingen tussen de atomen gaan andere atomen verderop in het metaal ook harder trillen, ook al worden ze zelf niet direct verwarmd.

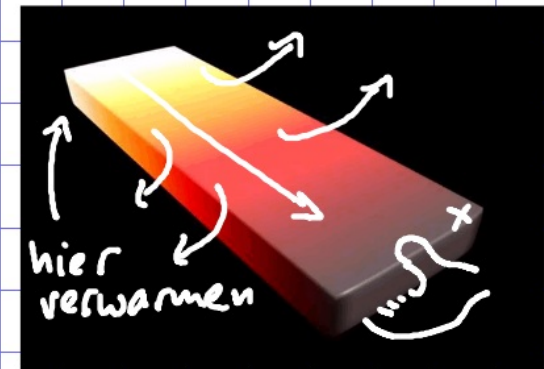


**Straling, extra toelichting:** warme voorwerpen zenden infraroodstraling uit die door andere voorwerpen opgevangen kan worden. De warmte-energie wordt dus tussendoor omgezet in stralingsenergie wordt weer omgezet in warmte als de straling door een voorwerp wordt opgevangen.



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §5 Warmte

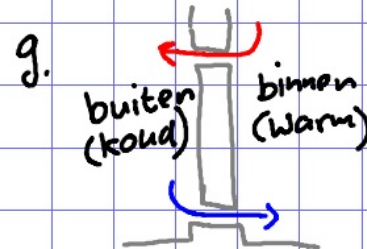
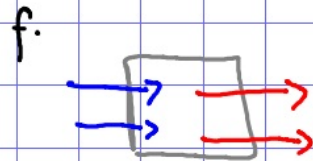
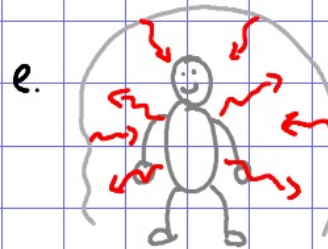
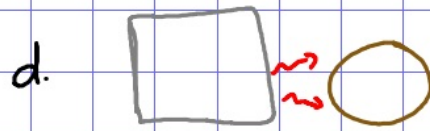
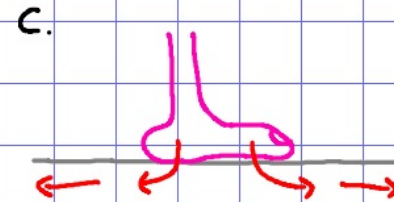
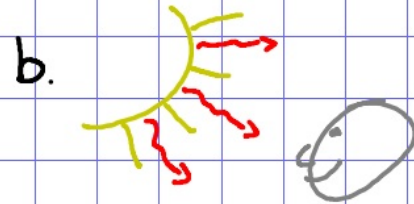
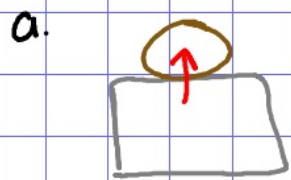


## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §5 Warmte

**Bordoeffening 2:** Van welke vormen van warmte-transport is hier sprake?

- a) een kat ligt *op* de CV-radiator
- b) je gezicht voelt warm in de zon
- c) je loopt met je voeten over de koude tegelvloer in de keuken
- d) een kat ligt *voor* de CV-radiator
- e) een nood-isolatie deken houdt je warm na een hardloepwedstrijd
- f) de airco blaast warme lucht je huis in
- g) je voelt met je hand koude tocht door een kier onder de deur de woonkamer inkomen



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

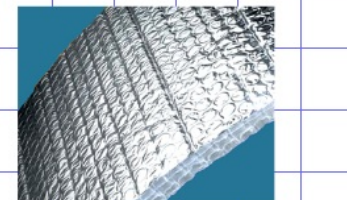
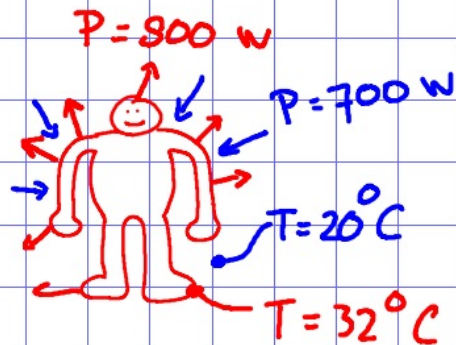
### §5 Warmte

Met kennis van de vormen van warmtetransport (stoming, geleiding en straling) kun je **ongewenst warmteverlies** tegengaan door **isoleren**.

Het menselijk lichaam probeert een **binnentemperatuur** van  $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  aan te houden. Je lichaam kan,

warmte **verliezen** door:  
straling en geleiding

warmte **winnen** door: straling,  
geleiding en verbranding



## Oefenopgaven bij §5

### A. Basisopgaven

1. Noem bij elke van deze beschrijvingen een vorm van warmtetransport:
  - a. Een metalen bankje buiten voelt koud als je er 's winters op gaat zitten.
  - b. Op een zonnige dag krijg je het snel warm in een zwart t-shirt in de zon.
  - c. Je zet twee ramen tegen elkaar open in de warme kamer en dankzij de wind koelt het binnen nu snel af.
  - d. Je voelt de warmte als je je hand dicht bij een kop hete thee houdt zonder het aan te raken.
  - e. Je smelt het ijs op de voorruit van je auto door de verwarming in de auto op de hoogste stand te zetten.
  - f. Je verwarmt je garage met een elektrische ventilatorkachel.
2. Bekijk de drie bovenste foto's hiernaast. Benoem bij elke foto welke vorm van warmtetransport daar plaatsvindt of heeft plaatsgevonden. Tip: in de tweede foto van boven zie je een zwarte rubber zak waar je overdag's water in kunt verwarmen in de zon.
3. In de vierde foto van boven zie je het stuur van een fiets. Stel: de fiets heeft de hele nacht buitengestaan. Het plastic handvat heeft dan dezelfde temperatuur als het ijzeren stuur. Toch voelt het stuur kouder dan het handvat. Leg uit waarom.
4. Hieronder staan een aantal manieren om warmtetransport tegen te gaan. Noem bij elke manier welke vorm van warmtetransport daarmee belemmerd wordt.
  - a. Glimmend folie tussen de radiator en de muur aanbrengen.
  - b. Op een zonnige dag lichtgekleurde kleding dragen.
  - c. Tochtstrips tussen de deur en de vloer plaatsen.
  - d. Dubbele beglazing aanbrengen in de ramen.
  - e. Een dikke jas aantrekken.
  - f. Het raam dichtdoen.
5. Bekijk de schematische afbeelding hiernaast. De zon beschijnt de hele aarde, maar hier zijn alleen een paar delen (A, B en C) van de totale zonnebundel getekend. Leg uit waardoor het kouder is op de polen dan bij de evenaar.
6. Je kunt een infraroodfoto maken van je huis om te kijken op welke plekken je

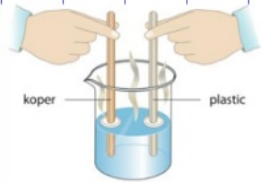


## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §5 Warmte

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §5 Warmte



### B. Extra oefenen

1. Noem van elke van deze beschrijvingen de vorm van warmtetransport:
  - a. Je brandt bijna je vingers als je deze in een hete kop thee doopt.
  - b. Sneeuw smelt als je deze in je hand houdt.
  - c. De verwarming zit aan de andere kant van het lokaal, toch heb jij het ook behaaglijk warm tijdens de les in de winter.
  - d. Achter glas wordt je niet bruin maar je voelt wel de warmte van de zon.
  - e. Warme vochtige lucht stijgt op en vormt wolken.
  - f. Döner kebab wordt lekker gaar en sappig aan het spit.

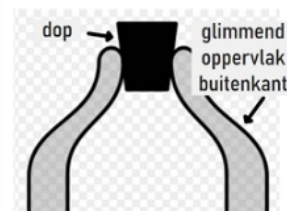


2. Bekijk de afbeelding linksboven. Je steekt tegelijkertijd een staafje koper en een staafje plastic in een bekglas met heet water. In welke hand voel je als eerst de warmte?

3. Bekijk de kaart hiernaast met de belangrijkste waterstromen in de Atlantische Oceaan. Dankzij deze stromen is het in Nederland in de winter een stuk warmer dan in New York terwijl die laatste veel zuidelijker ligt. Zoek op of bedenk hoe de warmte van de warme stroom in de Atlantische Oceaan Europa warm houdt.



4. In de afbeeldingen hiernaast zie je de binnenfles van een thermoskan. Een thermosfles houdt je koffie op drie manieren warm. Noem bij elke manier welke vorm van warmtetransport wordt tegengegaan:
  - a. De spiegelende binnenkant en buitenkant van de binnenfles.
  - b. Tussen de binnenwand en de buitenwand van de binnenfles zit vacuüm.
  - c. Op de fles zit een dop.



### C. Uitdagende of verdiepende opgaven

1. Je kunt rekenen aan warmtetransport door geleiding met deze formule:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \cdot t$$

$Q$  is de hoeveelheid afgegeven warmte in joule (J)  
 $U$  is de  $U$ -waarde van het materiaal in joule per vierkante meter per graad Celsius per seconde ( $J/(m^2 \cdot ^\circ C \cdot s)$ )

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §5 Warmte

## §6 Luchtdruk

In een flesje van 1,0 L stuiten zo'n  $1,2 \times 10^{21}$  lucht moleculen in het rond.

Gemiddeld botsen er zo'n  $5,0 \times 10^{16}$  lucht moleculen per seconde tegen elke  $\text{cm}^2$  oppervlak van het flesje.

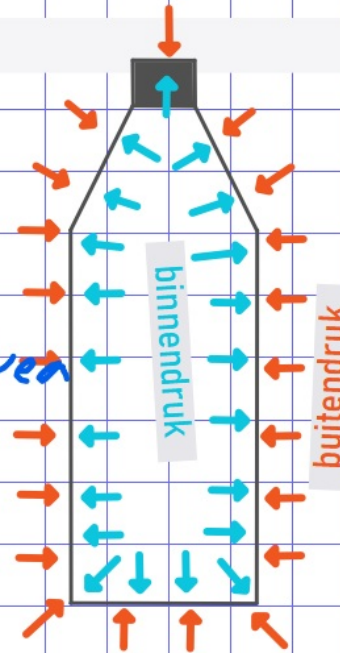
Door deze continue botsingen werkt er op elke  $\text{cm}^2$  van binnenuit een **kracht van 10 N.** *op zoemven*

Je zegt: "de **binnendruk** in het flesje is  $10 \text{ N/cm}^2$ ".

Het flesje ontploft niet doordat de buitenlucht met een even grote **buitendruk** naar binnen duwt.

Het **drukverschil** is dus  $0 \text{ N/cm}^2$ .

Als je wat extra lucht in het flesje zou pompen ontstaat er een **overdruk** in het flesje.



$$\text{drukverschil} = \text{binnendruk} - \text{buitendruk}$$

(Bij een drukverschil kun je ook zeggen dat er een overdruk of een onderdruk in het flesje heerst.)

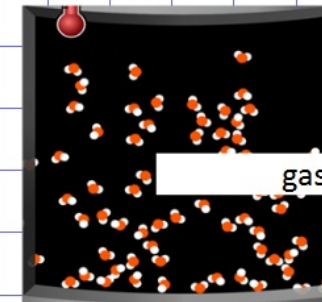
$$\begin{aligned} \text{binnendruk} &= 40 + 10 \\ &= 50 \text{ N/cm}^2 \end{aligned}$$

**Bordoeffening 10a.**

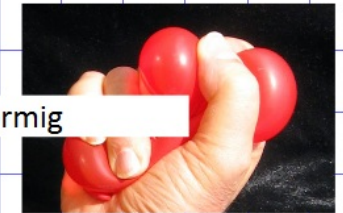
$$\begin{aligned} \text{drukverschil} &= 10,0 - 2,5 \\ &= 7,5 \text{ N/cm}^2 \\ &\text{Onderdruk} \end{aligned}$$

**Bordoeffening 10b.**

## Hoofdstuk 3 Warm en koud



gasvormig



**Bordoeffening 10a.** Een flesje heeft een binnendruk van  $2,5 \text{ N/cm}^2$ . Buiten het flesje heerst een druk van  $10,0 \text{ N/cm}^2$ . Bereken het drukverschil. En benoem: is er overdruk of onderdruk in het flesje?

**Bordoeffening 10b.** In een opgepompte fietsband heerst een overdruk van  $40 \text{ N/cm}^2$ . De buitendruk is  $10 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de binnendruk in de band.

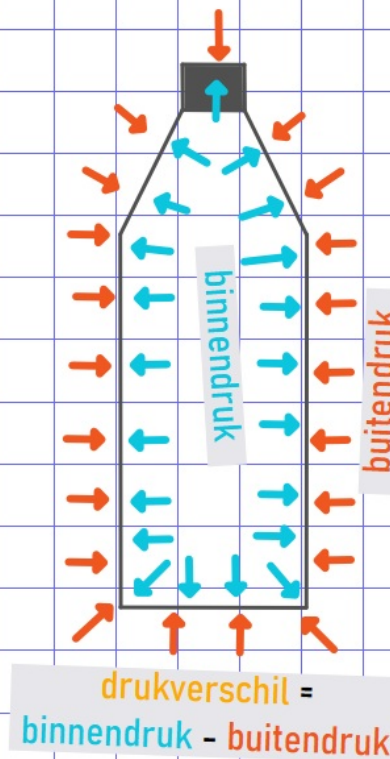


### Bordoefening 10a.

$$\begin{aligned} \text{drukverschil} &= 10,0 - 2,5 \\ &= 7,5 \text{ N/cm}^2 \end{aligned}$$

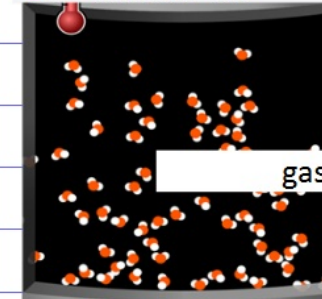
### Bordoefening 10b.

$$\begin{aligned} \text{binnendruk} &= 40 + 10 \\ &= 50 \text{ N/cm}^2 \end{aligned}$$

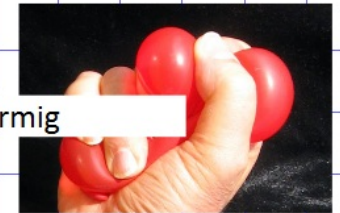


## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk



gasvormig



**Bordoefening 10a.** Een flesje heeft een binnendruk van  $2,5 \text{ N/cm}^2$ . Buiten het flesje heerst een druk van  $10,0 \text{ N/cm}^2$ . Bereken het drukverschil.

**Bordoefening 10b.** In een opgepompte fietsband heerst een overdruk van  $40 \text{ N/cm}^2$ . De buitendruk is  $10 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de binnendruk in de band.

Bordoefening 10c.

$$\text{drukverschil} = 3,5 \text{ N/cm}^2$$

Bordoefening 10d.

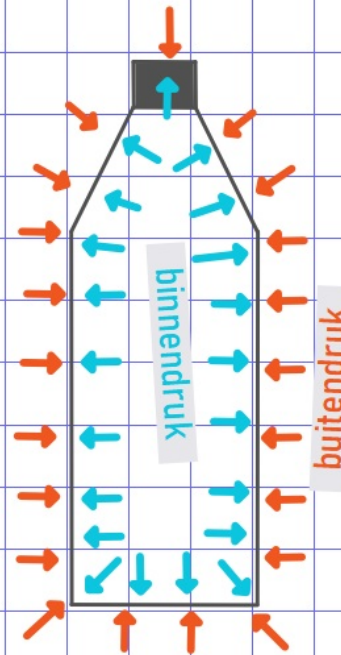
$$\text{binnendruk} = 46 \text{ N/cm}^2$$

Bordoefening 10e.

$$\text{buitendruk} = 9,9 \text{ N/cm}^2$$

Bordoefening 10f.

$$\text{drukverschil} = 3,0 \text{ N/cm}^2$$

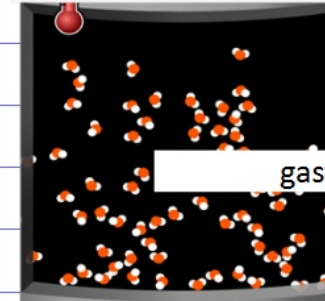


drukverschil =  
verschil tussen  
binnendruk en  
buitendruk

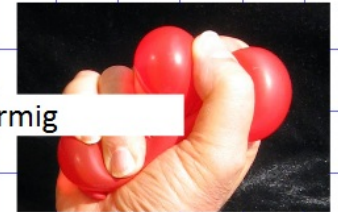
(Bij een drukverschil kun je ook zeggen dat er een overdruk of een onderdruk in het flesje heerst.)

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk



gasvormig



**Bordoefening 10c.** Een flesje heeft een binnendruk van  $13,6 \text{ N/cm}^2$ . Buiten het flesje heerst een druk van  $10,1 \text{ N/cm}^2$ . Bereken het drukverschil.

**Bordoefening 10d.** In een opgepompte fietsband heerst een overdruk van  $36 \text{ N/cm}^2$ . De buitendruk is  $10 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de binnendruk in de band.

**Bordoefening 10e.** Onder een zuignap heerst een druk van  $7,0 \text{ N/cm}^2$ . Dit is een onderdruk van  $2,9 \text{ N/cm}^2$  t.o.v. de druk in het lokaal. Bereken de luchtdruk in het lokaal.

**Bordoefening 10f.** Door verwarmen neemt de druk in een flesje toe van  $12,4 \text{ N/cm}^2$  naar  $12,8 \text{ N/cm}^2$ . Buiten het flesje heerst een luchtdruk van  $9,8 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de overdruk in het flesje na het verwarmen.

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

#### Tussentijdse oefenopgaven overdrukverschil

1. In je fietsband heerst een binnendruk van  $25 \text{ N/cm}^2$ . Buiten de band is de luchtdruk die dag  $10 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de overdruk in de band.
2. In een opgeblazen ballon heerst een overdruk van  $18,5 \text{ N/cm}^2$ . De binnendruk in de ballon is  $29,0 \text{ N/cm}^2$ . Reken de buitendruk uit.
3. In een spuitbus met haarlak heerst een overdruk van  $33,1 \text{ N/cm}^2$ . De buitendruk is die dag  $10,2 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de binnendruk in de spuitbus.

Je kunt rekenen aan luchtdruk met deze formule:

$$F = p \cdot A$$

↑ totale kracht (N)

↑ druk (N/cm<sup>2</sup>)

← oppervlakte (cm<sup>2</sup>)

luchtdruk p (in N/cm<sup>2</sup>)

oppervlakte A (in cm<sup>2</sup>)

kracht F (in N)

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

**Bordoefening 11a.** Je drukt een zuignap met een oppervlakte van 15 cm<sup>2</sup> tegen een glazen ruit. Onder de zuignap heerst vacuüm. Buiten de zuignap is de druk 10 N/cm<sup>2</sup>. Bereken de kracht waarmee de zuignap tegen de ruit wordt gedrukt.

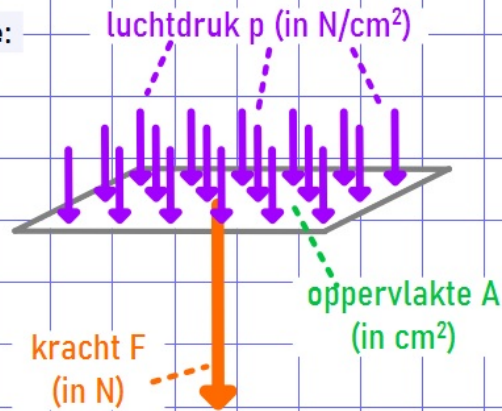
**Bordoefening 11b.** Je wilt een zuignap die met 500 N tegen de ruit wordt gedrukt. Onder de zuignap heerst vacuüm. Buiten de zuignap is de druk 10 N/cm<sup>2</sup>. Reken uit welk oppervlak de zuignap minstens moet hebben.

**Bordoefening 11c.** Reken de formule om naar de vorm waarmee je p kunt uitrekenen.

Je kunt rekenen aan luchtdruk met deze formule:

$$F_6 = p_2 \cdot A_3$$

↑ totale kracht (N)  
↑ druk (N/cm<sup>2</sup>)  
↑ oppervlakte (cm<sup>2</sup>)



**Bordoefening 11a.**

$$F = p \cdot A = 10 \text{ N/cm}^2 \cdot 15 \text{ cm}^2 = 150 \text{ N}$$

**Bordoefening 11b.**

$$A_3 = \frac{F_6}{p_2} = \frac{500 \text{ N}}{10 \text{ N/cm}^2} = 50 \text{ cm}^2$$

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

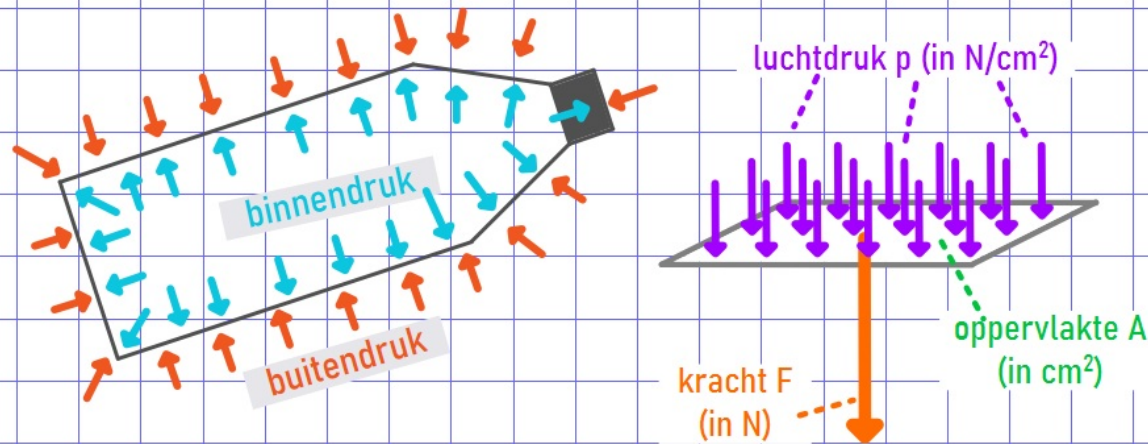
**Bordoefening 11a.** Je drukt een zuignap met een oppervlakte van 15 cm<sup>2</sup> tegen een glazen ruit. Onder de zuignap heerst vacuüm. Buiten de zuignap is de druk 10 N/cm<sup>2</sup>. Bereken de kracht waarmee de zuignap tegen de ruit wordt gedrukt.

**Bordoefening 11b.** Je wilt een zuignap die met 500 N tegen de ruit wordt gedrukt. Onder de zuignap heerst vacuüm. Buiten de zuignap is de druk 10 N/cm<sup>2</sup>. Reken uit welk oppervlak de zuignap minstens moet hebben.

**Bordoefening 11c.** Reken de formule om naar de vorm waarmee je p kunt uitrekenen.

$$p_2 = \frac{F_6}{A_3}$$

Als de **binnendruk niet nul** is kun je de kracht uitrekenen met het drukverschil:



**Bordoefening 12a.**

$$\text{drukverschil} = 10 - 2,0 = 8,0 \text{ N/cm}^2$$

$$F = p \cdot A = 8,0 \cdot 15 \text{ cm}^2 = 120 \text{ N}$$

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

**Bordoefening 12a.** Je drukt weer een zuignap met een oppervlakte van  $15 \text{ cm}^2$  tegen een glazen ruit. Onder de zuignap heerst nu echter nog een binnendruk van  $2,0 \text{ N/cm}^2$ . Buiten de zuignap is de druk  $10 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de kracht waarmee de zuignap tegen de ruit wordt gedrukt.

**Bordoefening 12b.** Je wilt een zuignap die met  $800 \text{ N}$  tegen een ruit wordt gedrukt. Onder de zuignap heerst een binnendruk van  $1,6 \text{ N/cm}^2$ . Buiten de zuignap is de druk  $9,8 \text{ N/cm}^2$ . Reken uit welk oppervlak de zuignap minstens moet hebben.

**Bordoefening 12c.** Een zuignap wordt door een drukverschil met netto  $560 \text{ N}$  tegen een ruit gedrukt. De zuignap heeft een oppervlak van  $72 \text{ cm}^2$ . De buitendruk is  $10,1 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de binnendruk.

Bordoefening 12a.

$$\text{drukverschil} = 10 - 2,0 = 8,0 \text{ N/cm}^2$$

$$F = p \cdot A = 8,0 \cdot 15 \text{ cm}^2 = 120 \text{ N}$$

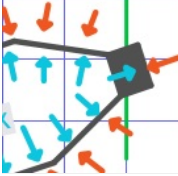
Bordoefening 12b.

$$\text{drukverschil} = 9,8 - 1,6 = 8,2 \text{ N/cm}^2$$

$$A = \frac{F}{p} = \frac{800 \text{ N}}{8,2} = 97,6 \text{ cm}^2$$

Bordoefening 12c.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{560 \text{ N}}{72 \text{ cm}^2} = 7,8 \text{ N/cm}^2$$


$$\text{binnendruk} = 10,1 - 7,8 = 2,3 \text{ N/cm}^2$$

drukverschil

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

**Bordoefening 12a.** Je drukt weer een zuignap met een oppervlakte van  $15 \text{ cm}^2$  tegen een glazen ruit. Onder de zuignap heerst nu echter nog een binnendruk van  $2,0 \text{ N/cm}^2$ . Buiten de zuignap is de druk  $10 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de kracht waarmee de zuignap tegen de ruit wordt gedrukt.

**Bordoefening 12b.** Je wilt een zuignap die met  $800 \text{ N}$  tegen een ruit wordt gedrukt. Onder de zuignap heerst een binnendruk van  $1,6 \text{ N/cm}^2$ . Buiten de zuignap is de druk  $9,8 \text{ N/cm}^2$ . Reken uit welk oppervlak de zuignap minstens moet hebben.

**Bordoefening 12c.** Een zuignap wordt door een drukverschil met  $560 \text{ N}$  tegen een ruit gedrukt. De zuignap heeft een oppervlak van  $72 \text{ cm}^2$ . De buitendruk is  $10,1 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de binnendruk.

### Bordoefening 12d.

$$\text{drukverschil} = 9,9 - 2,1 = 7,8 \text{ N/cm}^2$$

$$F = p \cdot A = 7,8 \text{ N/cm}^2 \cdot 18 \text{ cm}^2 = 140,4 \text{ N}$$

### Bordoefening 12e.

$$\text{drukverschil} = 10,0 - 1,9 = 8,1 \text{ N/cm}^2$$

$$A = \frac{F}{p} = \frac{860 \text{ N}}{8,1 \text{ N/cm}^2} = 106 \text{ cm}^2$$

### Bordoefening 12f.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{500 \text{ N}}{80 \text{ cm}^2} = 6,25 \text{ N/cm}^2$$

$$\text{binnendruk} = 10,1 - 6,25 = 3,75 \text{ N/cm}^2$$



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

**Bordoefening 12d.** Je drukt weer een zuignap met een oppervlakte van  $18 \text{ cm}^2$  tegen een glazen ruit. Onder de zuignap heerst nu echter nog een binnendruk van  $2,1 \text{ N/cm}^2$ . Buiten de zuignap is de druk  $9,9 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de kracht waarmee de zuignap tegen de ruit wordt gedrukt.

**Bordoefening 12e.** Je wilt een zuignap die met  $860 \text{ N}$  tegen een ruit wordt gedrukt. Onder de zuignap heerst een binnendruk van  $1,9 \text{ N/cm}^2$ . Buiten de zuignap is de druk  $10,0 \text{ N/cm}^2$ . Reken uit welk oppervlak de zuignap minstens moet hebben.

**Bordoefening 12f.** Een zuignap wordt door een drukverschil met netto  $500 \text{ N}$  tegen een ruit gedrukt. De zuignap heeft een oppervlak van  $80 \text{ cm}^2$ . De buitendruk is  $10,1 \text{ N/cm}^2$ . Bereken de binnendruk.

## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

### Oefenopgaven bij §4

#### A. Basisopgaven om te kijken of je de stof snapt

4. Bekijk de vijf rekenvoorbeelden in deze paragraaf. Bedek de uitwerkingen en maak deze voorbeelden alsof het opgaven zijn. Schrijf ze ook zo op in je schrift.

5. Je hebt een zuignap met een oppervlak van  $20 \text{ cm}^2$  tegen de koelkastdeur gedrukt. Onder deze zuignap heerst vacuüm. Bereken de kracht waarmee de zuignap tegen de koelkastdeur gedrukt wordt.

6. Om jam langer houdbaar te maken kun je deze in een glazen potje onder lage druk stoppen zoals in de afbeelding. Stel, van een bepaald potje is de druk onder het deksel  $1,2 \text{ N/cm}^2$ . De buitendruk die dag is  $10,1 \text{ N/cm}^2$ . Reken uit wat het drukverschil is.

Het oppervlak van het deksel is  $35 \text{ cm}^2$ . Bereken de kracht waarmee het tegen de pot wordt aangedrukt.

7. Er bestaan speciale zuignappen om glazen platen mee op te tillen. Deze zuignappen moeten minstens een kracht van  $200 \text{ N}$  kunnen leveren. Ga in deze opgave uit van een buitendruk van  $10 \text{ N/cm}^2$ .

- Onder zuignap A heerst een druk van  $1,6 \text{ N/cm}^2$ . Deze zuignap heeft een oppervlak van  $32 \text{ cm}^2$ . Bereken de kracht die de zuignap uitoefent op de ruit.
- Onder zuignap B heerst ook een druk van  $1,6 \text{ N/cm}^2$ . Deze zuignap is precies groot genoeg om de benodigde kracht te kunnen leveren. Reken uit wat het oppervlak van deze zuignap is.
- Zuignap C kan ook precies  $200 \text{ N}$  leveren en heeft een oppervlak van  $50 \text{ cm}^2$ . Reken uit wat de binnendruk onder deze zuignap is.

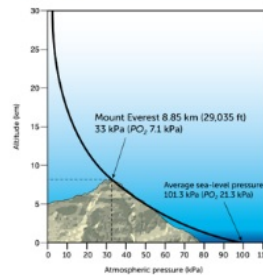
8. In de tekst van deze paragraaf staat dat de luchtdruk op zeeniveau ongeveer  $10 \text{ N/cm}^2$  is. Dit komt overeen met  $100 \text{ kPa}$ . Kijk in de figuur hiernaast. Geef de luchtdruk op deze hoogten. Gebruik je geodriehoek om nauwkeurig af te lezen.

- 5 km
- 10 km
- 20 km

9. Bekijk de afbeelding van een drukmeter hiernaast.

- Lees de drukmeter af en schrijf de waarde compleet op, inclusief grootheid en eenheid. De meter geeft de druk in bar.
- Reken de waarde om naar  $\text{N/cm}^2$  en schrijf deze weer compleet op.

10. Luchtdruk kan aan voorwerpen stevigheid geven. Noem drie voorwerpen die



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

#### B. Extra oefenen met de basis voor een ruime voldoende

13. Je pompt je fietsband op met een pomp die ook een drukmeter heeft. De drukmeter van de pomp geeft de overdruk in de band t.o.v. de druk buiten de band aan. De luchtdruk om je heen is op die dag  $10 \text{ N/cm}^2$ . Beantwoord deze vragen:

- Welke druk heerst in de band als de drukmeter aangeeft  $p = 15 \text{ N/cm}^2$ ?
- Als er een druk van  $46 \text{ N/cm}^2$  in de band heerst, welke waarde geeft de drukmeter dan aan?
- Meestal geeft zo'n drukmeter de overdruk in de band aan in de eenheid bar. Welke waarde geeft de meter aan als de druk in de band drie keer zo groot is als de buitendruk?



14. Je drukt een zuignap met haakje met haakje op een tegelwand zodat de luchtdruk onder de zuignap nul is. Buiten de zuignap heerst een druk van  $10,2 \text{ N/cm}^2$ . De oppervlakte van de zuignap is  $16 \text{ cm}^2$ .

- Bereken met hoeveel kracht de zuignap tegen de tegelwand wordt aangedrukt.
- Je wilt een zuignap met haakje kopen dat minstens  $25 \text{ N}$  kan leveren aan kracht. Reken uit hoe groot de oppervlakte van deze zuignap minstens moet zijn.

15. In een cilinder zoals op de afbeelding hieronder zit lucht met een druk van  $18 \text{ N/cm}^2$ . De zuiger in de cilinder heeft een oppervlak van  $28 \text{ cm}^2$ . De luchtdruk buiten de cilinder is  $10 \text{ N/cm}^2$ .

- Reken uit met hoeveel kracht de lucht van binnenuit tegen de zuiger aandruwt.
- Reken uit met hoeveel kracht de lucht buiten de cilinder tegen de zuiger aandruwt.



## Hoofdstuk 3 Warm en koud

### §6 Luchtdruk

#### C. Moeilijke opgaven als je gaat voor een hoog cijfer

18. In de afbeelding hiernaast zie je een model van de longen dat in een flesje ingebouwd is. De rode ballonnetjes stellen de longen voor. Het blauwe rubberen vlies waar je met je hand aan trekt is een spier in je buikholte: het middenrif. In dit model zit de dop op de fles zodat er geen lucht de ballonnetjes in of uit kan stromen.

- Leg uit wat er gebeurt als je zoals in de afbeelding aan het middenrif trekt.
- Stel dat de dop niet op de fles had gezeten. Wat was er dan gebeurd als je het middenrif omlaag trekt?

19. Je drukt een zuignap met haakje met haakje op een tegelwand zodat de luchtdruk onder de zuignap nul is. Buiten de zuignap heerst een druk van  $10,2 \text{ N/cm}^2$ . De oppervlakte van de zuignap is  $16 \text{ cm}^2$ .

- Bereken met hoeveel kracht de zuignap tegen de tegelwand wordt aangedrukt en reken ook uit hoeveel massa de zuignap dan zou moeten kunnen dragen.
- Je wilt een zuignap met haakje kopen dat minstens een massa van  $2,5 \text{ kg}$  kan dragen. Reken uit hoe groot de oppervlakte van deze zuignap minstens moet zijn.

20. Bekij de serie foto's in afbeelding hieronder. Dit is een *dichtgeknoopte* ballon onder een vacuumstolp. Stel de foto's zijn van links naar rechts in de tijd genomen. Dus de linkerfoto is als eerste genomen en de meest rechterfoto als laatste. Liep hier lucht de *stolp* in of uit?

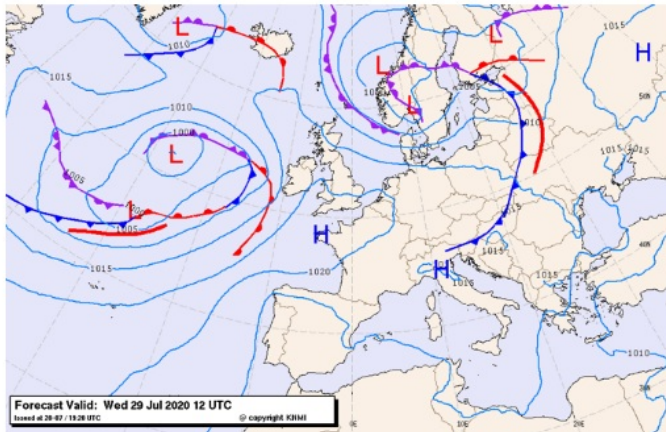


21. Bekijk de afbeelding hieronder. Je ziet hier een schematische tekening van een barometer. Dit is een apparaat waarmee je druk kunt meten.

- Leg uit hoe de barometer werkt. Begin je uitleg bijvoorbeeld met: "Als de druk buiten het doosje toeneemt, dan...".
- Leg uit of de hoogste druk op de schaalverdeling bij punt A of bij punt B

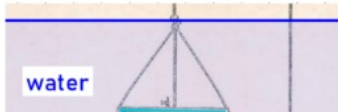


22. Bekijk de weerkaart van 29 Juli 2020. Je ziet waar de hogedrukgebieden en lagedrukgebieden die dag hingen boven Europa. Voorspel in welke richting de wind in Nederland woei die dag.



23. In de afbeelding hieronder zie je een oude tekening van een duikerklok. Zulke duikklokken bestaan uit een soort omgekeerde emmer die onder water wordt gelaten aan een touw vanaf een schip. Een paar zware gewichten onderaan zorgen dat de klok met de opening naar beneden gericht blijft. Een duikerklok kon gebruikt worden om onderzoek aan de bodem uit te voeren als de duikers langer onder water wilden blijven.

- a. Leg uit waarom er geen water in het zitgedeelte van de klok komt.
- b. Beredeneer waarom de duikers niet oneindig lang onder water konden blijven op deze manier.
- c. Bekijk afbeeldingen van duikerklokken op internet en leg uit welke oplossing moderne klokken tegen dit probleem hebben.



# Hoofdstuk 3 Warm en koud

## §6 Luchtdruk

# - ACTIVITEITEN -

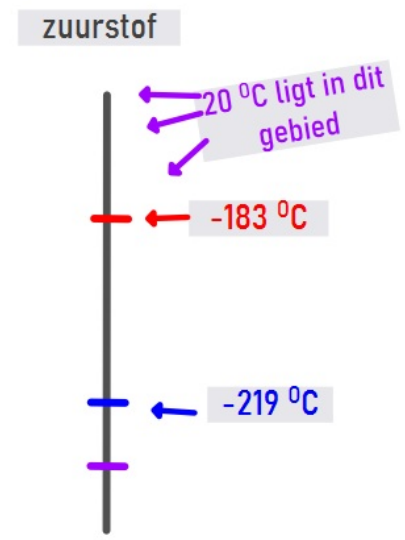
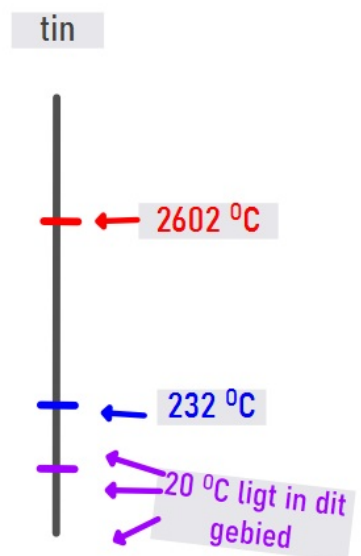
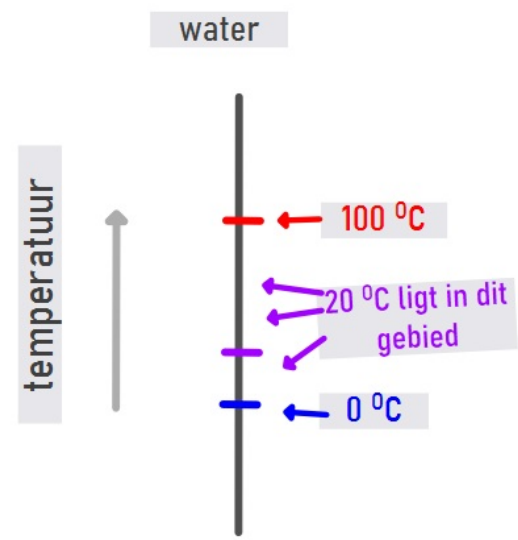
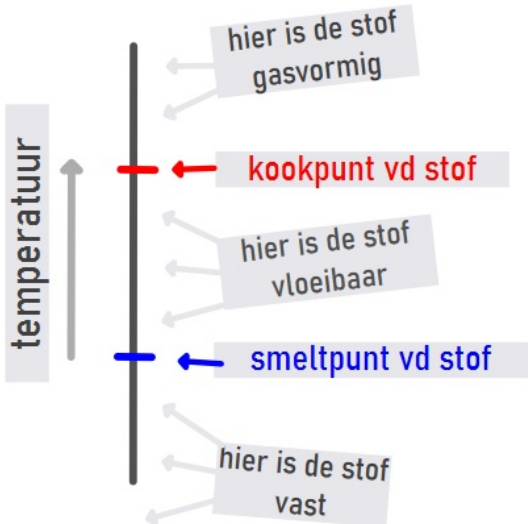
Als we grotere activiteiten zoals practicum gedaan hebben tijdens dit hoofdstuk dan vind je hier de informatie die daar bij hoorde. Hoewel dit niet cruciaal is voor succes op het proefwerk is het wel nuttig om te bekijken. Probeer je daarbij te herinneren wat we precies gedaan hebben en waarom dat een nuttige leeractiviteit zou kunnen zijn met het oog op de proefwerkstof.

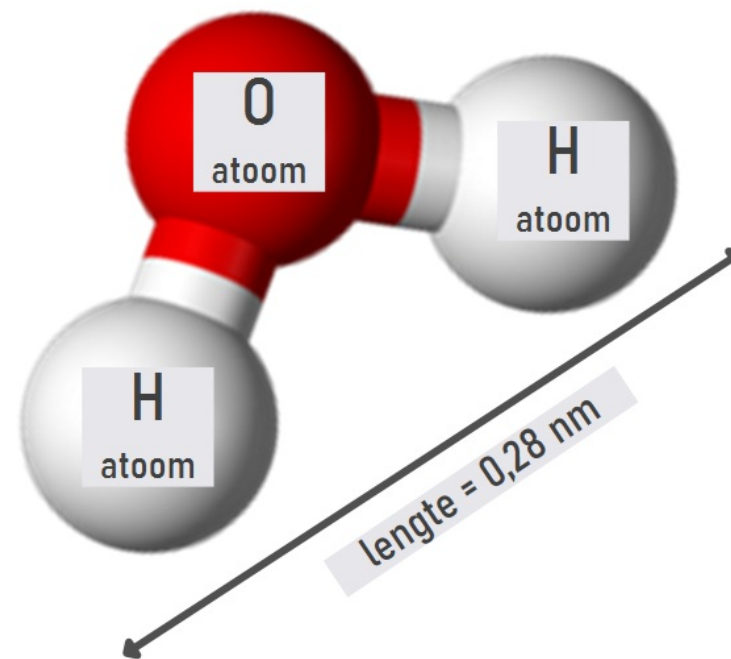
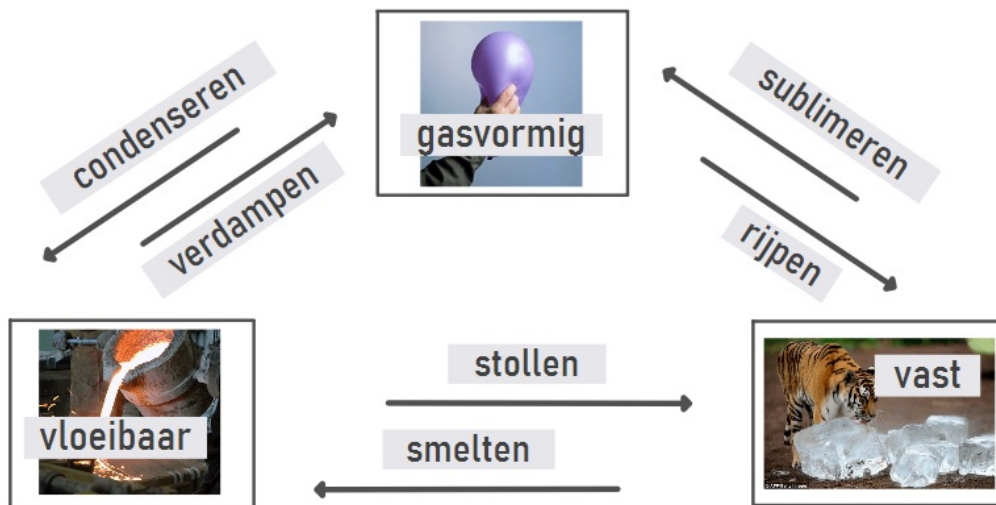
Practicum: titel hier

Hoofdstuk 2 | Warm en koud

§2.1 Fasen en fase-overgangen

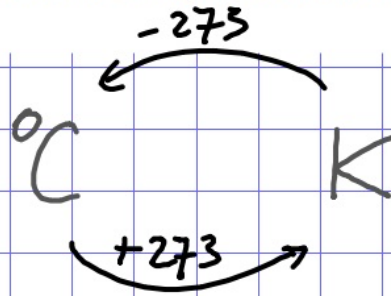
- ARCHIEF -





$H_2O$   
molecu

De laagst mogelijke temperatuur in het universum is  $-273^{\circ}\text{C}$ . Dit heet het **absolute nulpunt**. De kelvin-temperatuurschaal is op dit nulpunt gebaseerd:



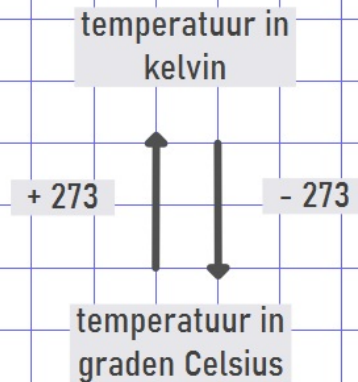
**Bordoeffening 4:**

a)  $230^{\circ}\text{C} = 503 \text{ K}$

b)  $16 \text{ K} = -257^{\circ}\text{C}$

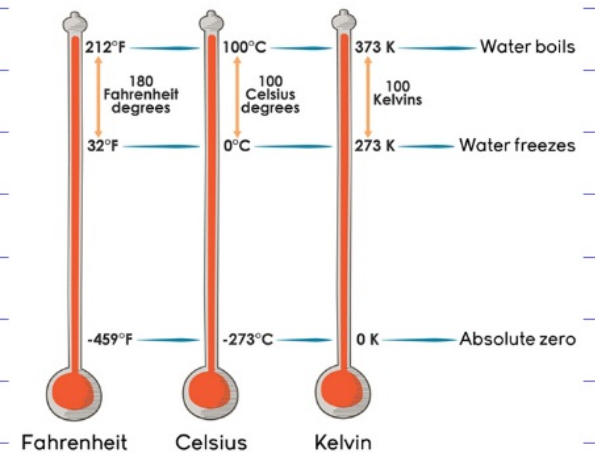
c)  $300 \text{ K} = 27^{\circ}\text{C}$

d)  $-55^{\circ}\text{C} = 218 \text{ K}$

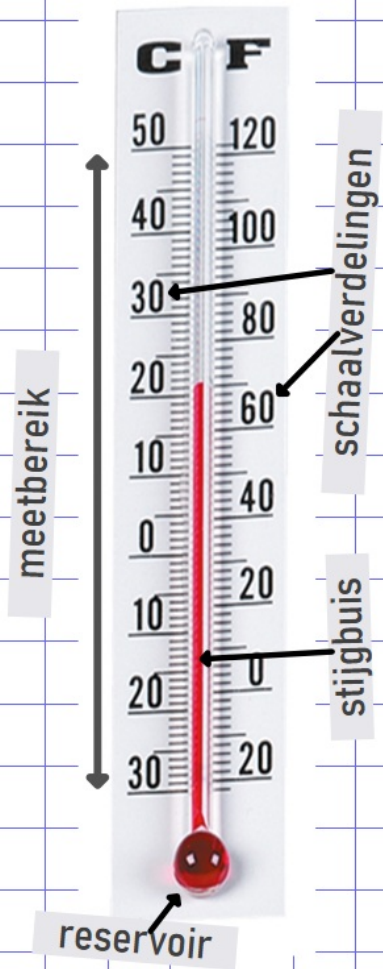


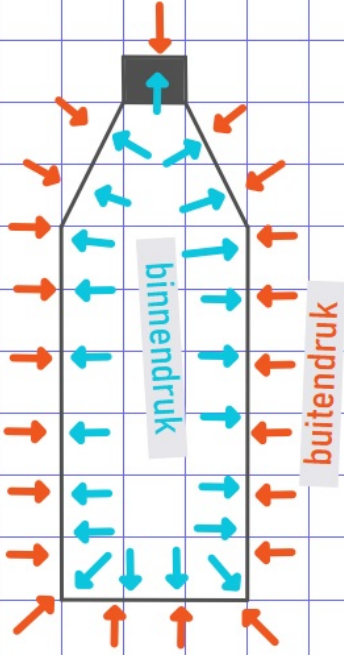
## Hoofdstuk 3 Stoffen

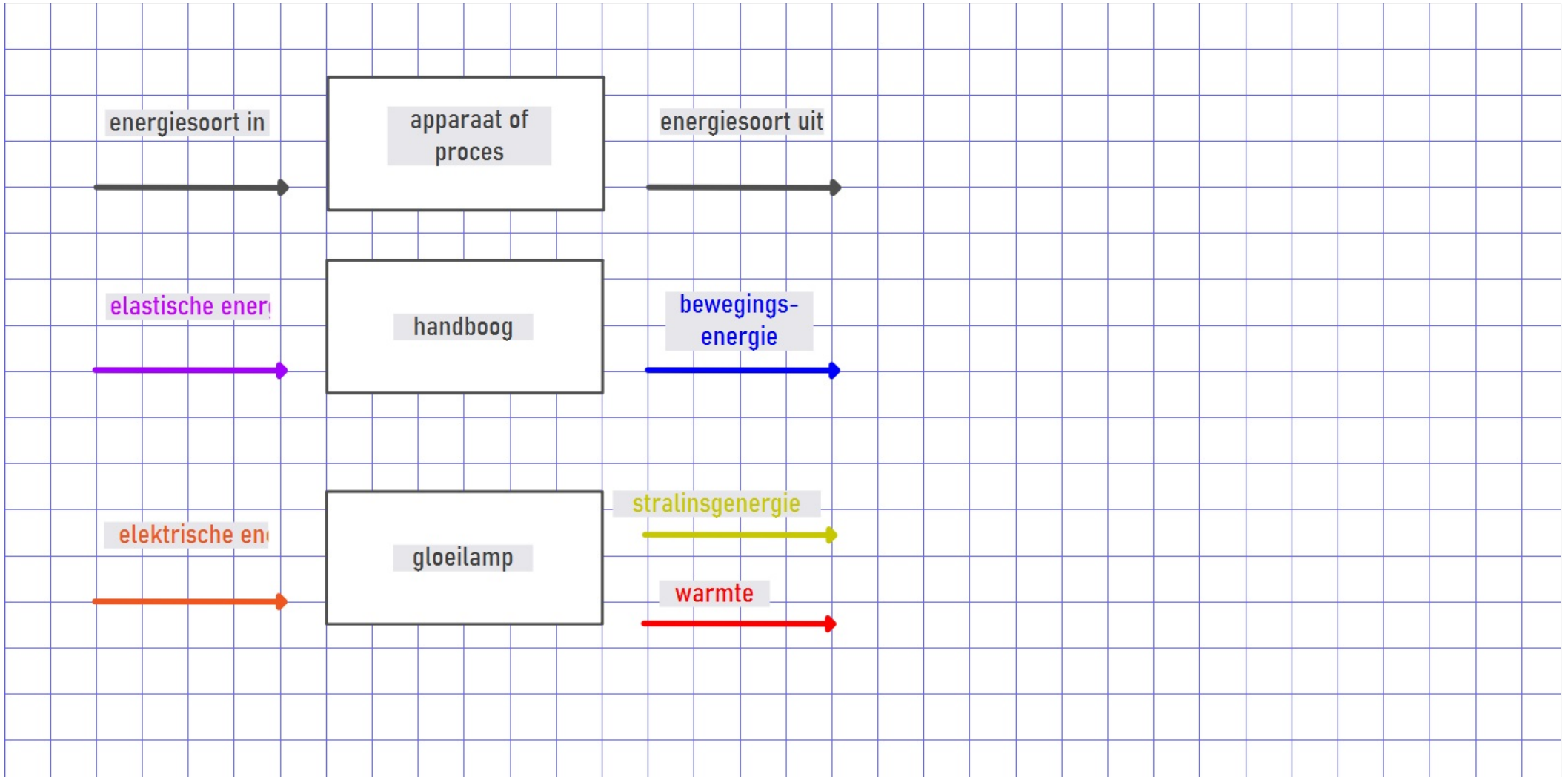
### § 3.3 Fase-overgangen

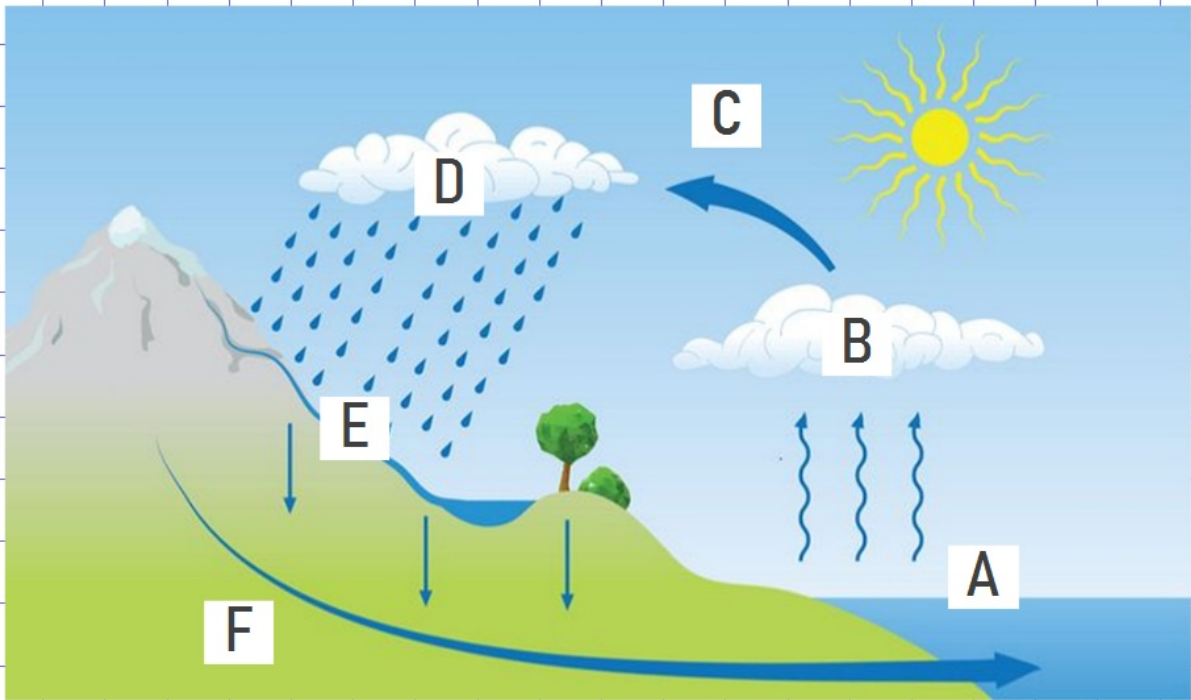


**Bordoeffening 4:** Reken deze temperaturen om naar de kelvin-schaal of de celsius-schaal  
 a.  $230^{\circ}\text{C}$    b.  $16 \text{ K}$    c.  $300 \text{ K}$    d.  $-55^{\circ}\text{C}$

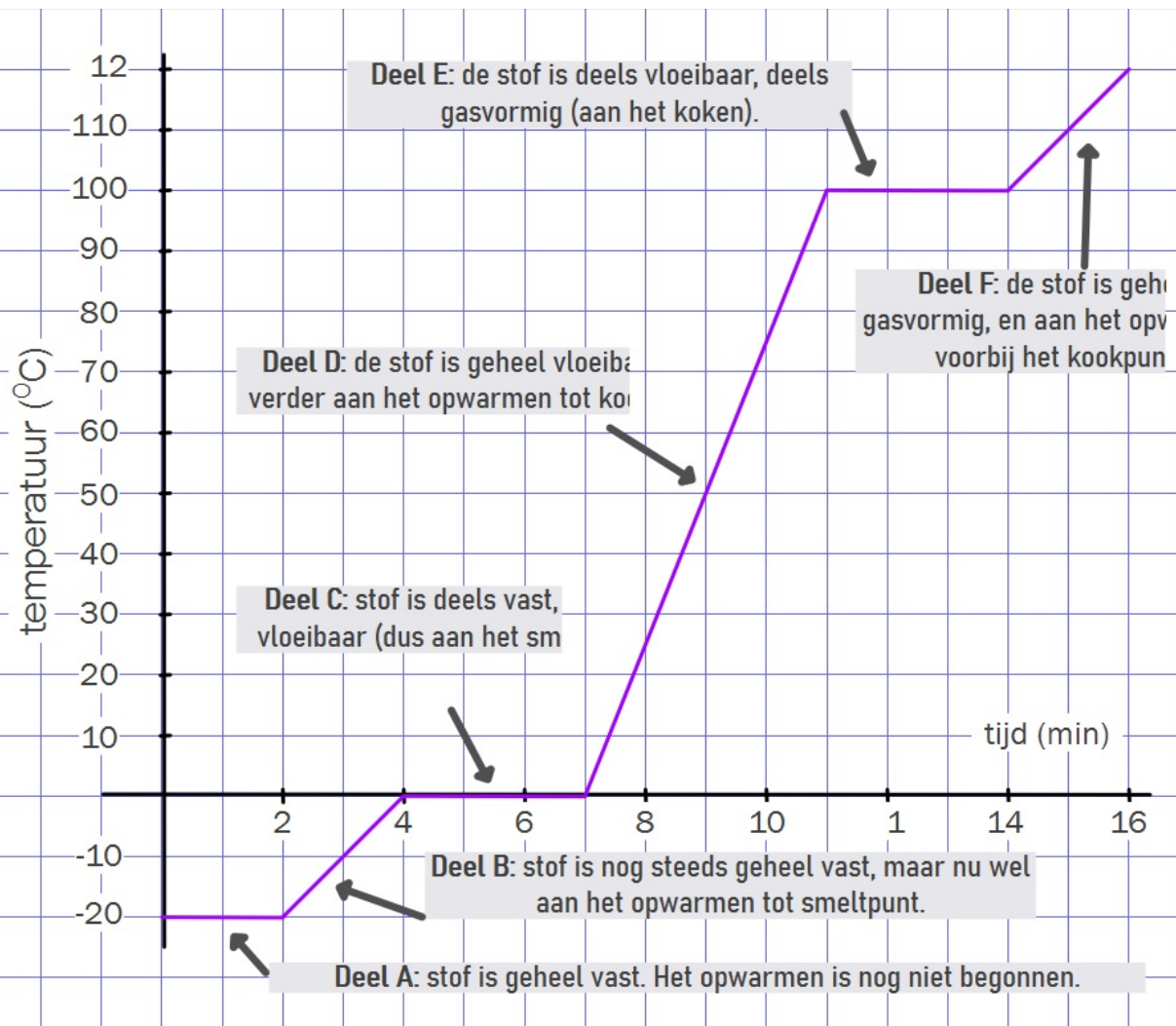










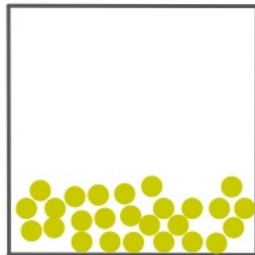




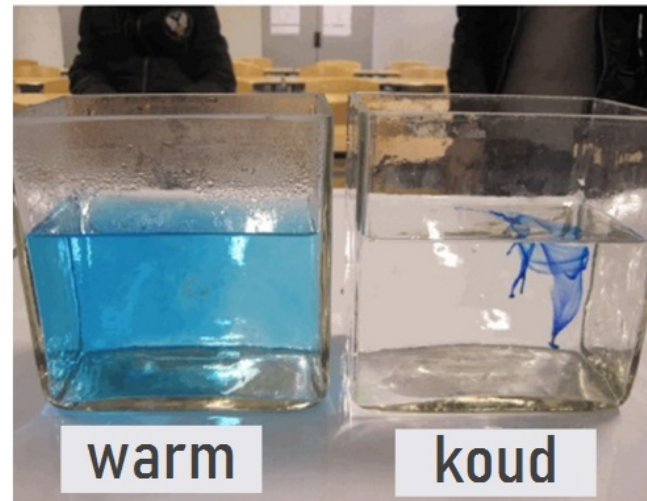
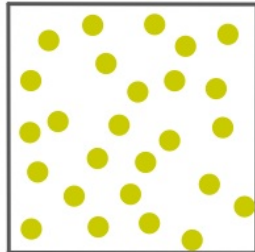
vaste stof



vloeistof



gas



warm

koud

