

# Uitwerkingen § 1

## Opgave 1

Een ideaal gas is een gas waarvan de moleculen elkaar niet aantrekken en bovendien als puntmassa's opgevat kunnen worden.

Opmerking: in een ideaal gas hebben de moleculen wel een massa. Alleen in dat geval kan een gas druk op de wanden uitoefenen.

## Opgave 2

Een ideaal gas kan nooit condenseren want een voorwaarde voor condensatie is dat de moleculen elkaar aantrekken. En dat is bij een ideaal gas niet het geval.

## Opgave 3

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

## Opgave 4

Het gas (damp) mag niet op het punt staan om te condenseren.

## Opgave 5

Bij een hogere temperatuur is de (gemiddelde) afstand tussen de moleculen groter. In de zomer zitten er dus minder moleculen in een kubieke meter.

## Opgave 6

A  
D  
F

## Opgave 7

Gegeven:

$$p_1 = 0,10 \text{ MPa}$$

$$V_1 = 2,6 \text{ L}$$

$$T_1 = 35 + 273 = 308 \text{ K}$$

$$V_2 = 1,0 \text{ L}$$

$$T_2 = 80 + 273 = 353 \text{ K}$$

Gevraagd:  $p_2$

Oplossing:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{0,10 \text{ MPa} \cdot 2,6 \text{ L}}{308 \text{ K}} = \frac{p_2 \cdot 1,0 \text{ L}}{353 \text{ K}}$$

$$p_2 = 0,298 \text{ MPa}$$

### Opgave 8

Gegeven:

$$p_1 = 0,40 \text{ MPa}$$

$$V_1 = 8 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$p_2 = 1,0 \text{ MPa}$$

$$V_2 = 2 \text{ m}^3$$

Gevraagd:  $T_2$

Oplossing:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{0,40 \text{ MPa} \cdot 8 \text{ m}^3}{293 \text{ K}} = \frac{1,0 \text{ MPa} \cdot 2 \text{ m}^3}{T_2}$$

$$T_2 = 183 \text{ K} = -90^\circ \text{C}$$

### Opgave 9

Gegeven:

$$p_1 = 2,0 \text{ bar}$$

$$V_1 = 2 \text{ cm}^3$$

$$p_2 = 1,0 \text{ bar}$$

$T = \text{constant}$

Gevraagd:  $V_2$

Oplossing:

Omdat de temperatuur constant is, gebruiken we de wet van Boyle.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$2,0 \text{ bar} \cdot 2,0 \text{ cm}^3 = 1,0 \text{ bar} \cdot V_2$$

$$V_2 = 4 \text{ cm}^3$$

### Opgave 10

Gegeven:

$$p_1 = 101 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 4,0 \text{ m}^3$$

$$T_1 = 15^\circ \text{C} = 288 \text{ K}$$

$$p_2 = 41 \text{ kPa}$$

$$T_2 = -30^\circ \text{C} = 243 \text{ K}$$

Gevraagd:  $V_2$

Oplossing:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{101 \text{ kPa} \cdot 4,0 \text{ m}^3}{288 \text{ K}} = \frac{41 \text{ kPa} \cdot V_2}{243 \text{ K}}$$

$$V_2 = 8,3 \text{ m}^3$$

# Uitwerkingen § 2

## Opgave 1

Gas

Vloeistof (het zijn de kleine waterdruppeltjes die je ziet)

## Opgave 2

Omdat de ruimte boven de vloeistof verzadigd is met die stof.

## Opgave 3

Als het gas laag gezet wordt, wordt de lucht boven de pan kouder.

De waterdamp is dan sneller verzadigd en zal er sneller condensatie (vorming van kleine waterdruppeltjes) plaatsvinden.

## Opgave 4

a.

Daar is de damp nog niet voldoende afgekoeld.

b.

Tijdens een hittegolf koelt de hete waterdamp minder snel af. De waterdamp zal dan dus minder snel verzadigd raken. De afstand tussen de rand van de pijp en het begin van de pluim wordt dus groter.

## Opgave 5

Als de vrieskist nog gesloten is, heeft de lucht buiten de vrieskist nog de omgevingstemperatuur (bijvoorbeeld 20 °C). Als de vrieskist geopend wordt, koelt deze buitenlucht zo sterk af dat ze niet meer alle waterdamp kan bevatten. De waterdamp gaat dan gedeeltelijk condenseren. De nevel bestaat uit kleine waterdruppeltjes.

## Opgave 6

De lucht rond de koude erlenmeyer koelt zo sterk af dat deze verzadigd raakt met waterdamp. De overtollige waterdamp condenseert.

## Opgave 7

Bewering 3

## Opgave 8

Uit het westen want het water in de Noordzee verdampt. De lucht uit het westen bevat dus meer waterdamp.

## Opgave 9

22 g/m<sup>3</sup>

De luchtvochtigheid is  $\frac{14 \text{ g/m}^3}{22 \text{ g/m}^3} \cdot 100\% = 64\%$

## Opgave 10

Bij 30 °C zit er maximaal 30 g waterdamp in een kubieke meter.

In werkelijkheid zit er 60% van 30 g waterdamp in een kubieke meter.

Dit is 18 g waterdamp.

### Opgave 11

1 gram per kubieke meter

22 gram per kubieke meter

luchtvochtigheid =  $(1 / 22) \times 100 \% = 4,5\%$

### Opgave 12

Bij 11 °C begint de waterdamp te condenseren.

Bij 3 °C kan er nog maximaal 6 g waterdamp in een kubieke meter zitten.

Tijdens het afkoelen tot 3 °C condenseert er dus  $10 \text{ g} - 6 \text{ g} = 4 \text{ g}$  waterdamp (per kubieke meter).

### Opgave 13

Bij 36 °C is er 42 g waterdamp per kubieke meter (zie grafiek).

Bij 8 °C is er maximaal 8 g waterdamp per kubieke meter (zie grafiek).

Tijdens het afkoelen condenseert er dus  $42 \text{ g} - 8 \text{ g} = 34 \text{ g}$  per kubieke meter.

In het luchtbed (0,14 kubieke meter) is dat  $0,14 * 34 \text{ g} = 4,8 \text{ g}$ .

### Opgave 14

a.

Omdat de afgekoelde lucht de waterdamp niet meer kan bevatten. Met andere woorden: de waterdamp raakt (over)verzadigd en gaat condenseren.

b.

Bij het condenseren van waterdamp komt warmte vrij.

# Uitwerkingen § 3

## Opgave 1

Een verzadigde damp is een damp die geen extra moleculen van de stof kan opnemen.

## Opgave 2

De verzadigingsdruk is de druk die de verzadigde damp uitoefent.

De verzadigingsdruk is de maximale druk die een gas bij een bepaalde temperatuur kan uitoefenen.

## Opgave 3

Ja: hoe hoger de temperatuur is, des te hoger de verzadigingdruk.

## Opgave 4

1550 kPa

## Opgave 5

$2,6 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 2,6 \text{ MPa}$

## Opgave 6

De druk in blussers A en B zijn gelijk. Deze druk is namelijk de verzadigingsdruk bij  $20^\circ\text{C}$ . De druk in C is kleiner dan die in A want de verzadigingsdruk bij  $-10^\circ\text{C}$  is kleiner dan bij  $20^\circ\text{C}$ .

## Opgave 7

Door het gas sterk af te koelen.

Door het gas sterk samen te persen.

## Opgave 8

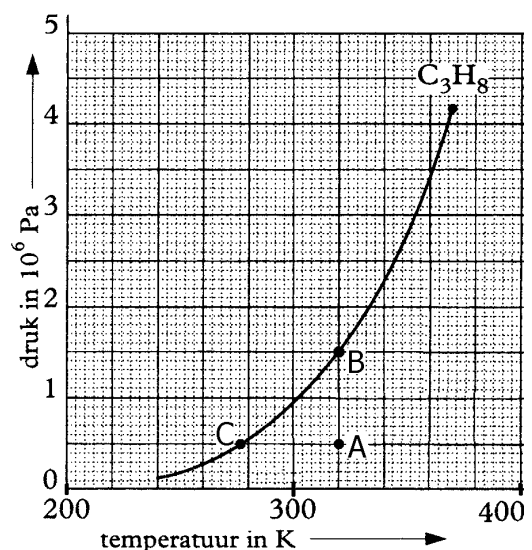
De druk in de aansteker is veel groter dan de omgevingsdruk (dus de druk van de dampkring).

## Opgave 9

De toestand van het propaan bij 320 K en 0,5 MPa is in de figuur hiernaast met punt A aangegeven. Onder deze omstandigheden is propaan een gas want A ligt onder de grafiek.

Bij het samenpersen bij 320 K wordt propaan vloeibaar bij een druk van 1,5 MPa. Zie punt B in de figuur.

Bij het afkoelen bij 0,5 MPa wordt propaan vloeibaar bij een temperatuur van 278 K. Zie punt C in de figuur.



# Uitwerkingen § 4

## Opgave 1

Als een vloeistof kookt is zijn verzadigingsdruk gelijk aan de omgevingsdruk.

## Opgave 2

Als een vloeistof niet kookt is zijn verzadigingsdruk kleiner dan de omgevingsdruk.

## Opgave 3

Op de top van de Mount Everest ligt de kooktemperatuur lager dan  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  omdat de druk daar lager is. Bij die lagere temperatuur gaan chemische reacties in de aardappels langzamer.

## Opgave 4

Binnen een snelkookpan is de druk heel hoog. Het kookpunt ligt dan boven de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Bij die hoge temperatuur gaan chemische reacties in de aardappel sneller.

## Opgave 5

Als de omgevingsdruk  $40\text{ kPa}$  is, zal water koken als zijn verzadigingsdruk ook  $40\text{ kPa}$  is. En bij een verzadigingsdruk van  $40\text{ kPa}$  hoort een temperatuur van  $348\text{ K}$ . Dat is  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Opgave 6

Bij een temperatuur van  $360\text{ K}$  hoort een verzadigingsdruk van  $63\text{ kPa}$ . De omgevingsdruk moet dan dus ook  $63\text{ kPa}$  zijn.

## Opgave 7

Bij een temperatuur van  $280\text{ K}$  heeft koolstofdioxide een verzadigingsdruk van  $4 \cdot 10^6\text{ Pa}$ . De omgevingsdruk moet dan dus ook  $4\text{ MPa}$  zijn.

## Opgave 8

Bij een omgevingsdruk van  $4\text{ MPa}$  zal alcohol koken als zijn verzadigingsdruk ook  $4\text{ MPa}$  is. En hierbij hoort een temperatuur van  $490\text{ K}$ .

## Opgave 9

De absolute temperatuur die hoort bij  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  is  $363\text{ K}$ .

De verzadigingsdruk van water bij deze temperatuur bedraagt ongeveer  $70\text{ kPa}$ .

De luchtdruk van  $70\text{ kPa}$  heerst bij een hoogte van ongeveer  $3000\text{ m}$ .

## Opgave 10

Als je de spons uitknijpt, koelt de waterdamp boven het wateroppervlak af. Daardoor daalt de druk van de damp. Op het moment dat deze (omgevings)druk onder de verzadigingsdruk van het water komt, gaat het water opnieuw koken.

## Opgave 11

C

A

B

# Uitwerkingen § 5

## Opgave 1

De kritische temperatuur van een stof is de temperatuur waarboven de stof alleen als gas kan voorkomen.

## Opgave 2

Hoe sterker de aantrekking tussen moleculen is, des te hoger de kritische temperatuur is.

## Opgave 3

Koolstofdioxide heeft een kritische temperatuur van  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na verwarmen met je handen komt de temperatuur boven de  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Het verschil tussen vloeistof en damp verdwijnt dan.

## Opgave 4

Iris heeft gelijk want de kritische temperatuur van stikstof en zuurstof zijn  $-147\text{ }^{\circ}\text{C}$  en  $-119\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Opgave 5

De temperatuur op Titan moet ONDER de kritische temperatuur van methaan liggen. Anders kan het niet "regenen". Dus is de temperatuur lager dan  $191\text{ K}$  ( $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## Opgave 6

De kritische temperatuur van koolstofdioxide is  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Stel dat de kamertemperatuur  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  is.

Argument voor Jans bewering

Omdat de kamertemperatuur onder de kritische temperatuur van koolstofdioxide ligt, is er sprake van gasvormig EN vloeibaar koolstofdioxide. Dus kan de vloeistof klotsen.

Argument voor Piets bewering

De kamertemperatuur ligt niet ver onder de kritische temperatuur. De vloeistof en de damp lijken dan nog veel op elkaar. Daarom kun je ze niet horen klotsen.

## Opgave 7

De gemiddelde afstand tussen de dampmoleculen is maar iets groter dan de gemiddelde afstand tussen de vloeistofmoleculen. De dichtheden van de damp en de vloeistof verschillen dan niet veel.

## Opgave 8

D

## Opgave 9

Superkritisch koolstofdioxide kan alle vezels van het textiel makkelijk bereiken (zoals een gas) en het kan ook goed stoffen oplossen (zoals een vloeistof).