

MATERIE & MOLECULEN – VWO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via natuurkundeuitgelegd.nl/foton

Uitwerkingen van alle opgaven staan op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

Videolessen over de theorie zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Moleculen & fasen](#)

[Temperatuur](#)

[Dichtheid](#)

[Druk](#)

[Vloeistofdruk](#)

[Gaswetten](#)

[Algemene gaswet](#)

[Toestandsveranderingen](#)

[Kringprocessen](#)

[Warmte](#)

[Warmtetransport](#)

[Warmtegeleiding](#)

[Calorimeter](#)

[Warmtecapaciteit](#)

[Soortelijke warmte](#)

[Warmte-evenwicht](#)

Opgaven in dit hoofdstuk horen bij "Eigenschappen van stoffen en materialen" en zijn onderdeel van het VWO schoolexamen.

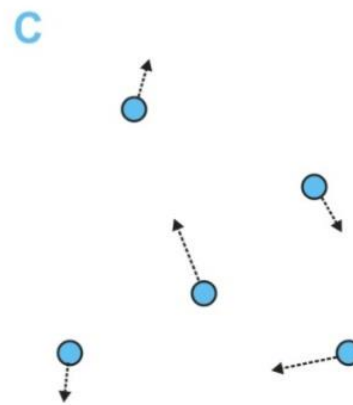
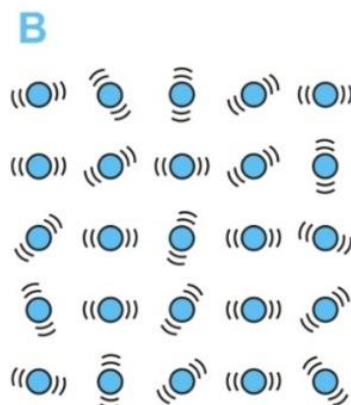
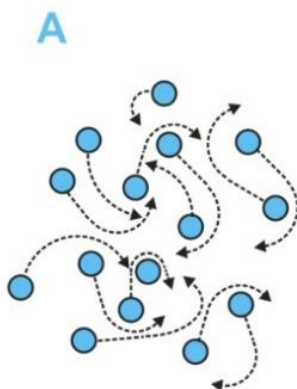
Voor dit onderwerp bestaat geen landelijke stofomschrijving. Precieze invulling kan van school tot school verschillen.



1 Drie fasen

Hieronder staan schematisch de drie fasen of aggregatietoestanden weergegeven.

Geef aan welke afbeelding bij welke fase hoort en geef de belangrijkste eigenschappen van elke fase.



2 Van der Waalskracht

De kracht waarmee moleculen elkaar aantrekken is genoemd naar de Nederlandse natuurkundige van der Waals die deze kracht voor het eerst nauwkeurig bepaalde. Vanderwaalskracht ontstaat doordat de verdeling van de elektronen verandert als moleculen elkaar dicht naderen. Resultaat van deze veranderde ladingsverdeling is dat er een elektrische aantrekkingskracht ontstaat, ook al zijn de moleculen op zich niet geladen. Leg uit:

- Waarom vanderwaalskrachten in gassen verwaarloosbaar klein zijn.
- Waarom stoffen met een lage molecuulmassa (meestal) een laag kookpunt hebben.
- Waarom vanderwaalskrachten tussen verschillende molecuulsoorten (adhesie) anders zijn dan tussen moleculen van dezelfde soort (cohesie).

3 Welke fase?

Bepaal van elk van onderstaande stoffen in welke fase ze zich bevinden.

- IJzer bij 1230 K.
- Zuurstof bij $-182\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Aluminium bij 34 K.
- Ethanol (Alcohol) bij $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4 Brownse beweging

Tot in de 20e eeuw waren wetenschappers er niet van overtuigd dat materie uit moleculen was opgebouwd. Moleculen waren immers nog nooit direct waargenomen. Vandaar dat hardnekkig werd vastgehouden aan de term molecuultheorie.

- Leg in je eigen woorden uit wat een theorie is.
- De Schotse plantkundige Robert Brown ontdekte in 1827 onder de microscoop dat stuifmeelkorrels in vloeistof een grillige beweging uitvoeren. Het lijkt alsof ze op willekeurige momenten telkens een zetje in een willekeurige beweging krijgen. Leg uit dat deze beweging goed verklaard kan worden met de molecuultheorie.

5 Molecuultheorie

Probeer onderstaande verschijnselen met de molecuultheorie te verklaren.

- Wanneer inkt voorzichtig in een bekersglas water gedruppeld wordt zal de inkt zich na verloop van tijd spontaan verdelen door het water.
- Wanneer aan één kant van het lokaal de gaskraan even opgedraaid wordt, duurt het even voordat aan de andere kant van het lokaal de gaslucht geroken wordt.
- Beide bovengenoemde processen vinden bij hogere temperatuur sneller plaats dan bij lagere temperatuur.

6 Atomen en moleculen

Hieronder staan een aantal uitspraken over atomen en moleculen. Bepaal van elke uitspraak of het over moleculen of over atomen gaat.

	Atoom	Molecuul
Naam afgeleid van het Grieks voor "ondeelbaar"		
Naam afgeleid van het Latijn voor "kleine hoeveelheid"		
Bestaat uit een kern met daaromheen elektronen		
Ontleedt bij hoge temperatuur		
Zijn de bouwstenen van moleculen		
Zijn opgebouwd uit atomen		
Bestaan vrijwel oneindig veel soorten van		
Bestaan iets meer dan 100 soorten van		

7 Plasma

Wanneer je een stof in de gasfase nog verder verhit zal de stof eerst ontleden in afzonderlijke atomen. Wanneer nog verder verhit wordt treedt op een gegeven moment plasmavorming op: de elektronen komen los van de atomen waar ze bij hoorde.

- Een plasma geleidt een elektriciteit, in tegenstelling tot een gewoon gas.
Leg uit hoe dit kan.
- Plasma wordt ook wel "de vierde fase" genoemd. Leg deze naam uit.
- In tegenstelling tot andere faseovergangen, is de overgang van gas naar plasma geleidelijk en niet abrupt bij één overgangstemperatuur. Leg uit hoe dit komt.

8 Massa

Ga bij deze opgave uit van de dichtheid bij de temperatuur en druk zoals deze in BINAS gegeven staat.

Bepaal aan de hand van de dichtheid de massa van onderstaande hoeveelheden stof.

- 1,0 liter ethanol.
- Lucht in een kamer van 3,0 x 4,0 x 3,0 m.
- Een messing cilinder met een diameter van 7,0 cm en een hoogte van 6,5 cm.
- Een koper bol met een diameter van 21 cm.

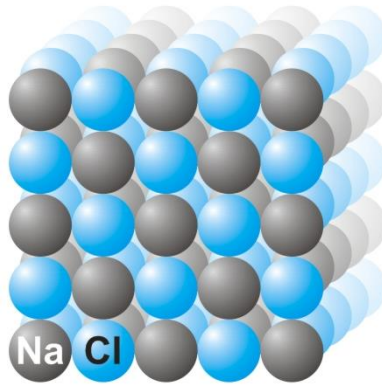
9 Kristalrooster

In gewoon keukenzout zitten natrium- en chlooratomen om en om gerangschikt in een zogenaamd kubisch rooster (zie afbeelding hieronder).

- Bereken de massa van een kubusvormige zoutkristalletje van $1,0 \text{ mm}^3$.
- Bereken hoeveel atomen zich in totaal in het zoutkristal bevinden. In het kristal bevinden zich evenveel natrium als chlooratomen. De atoommassa's van natrium en chloor zijn te

vinden in BINAS tabel 99.

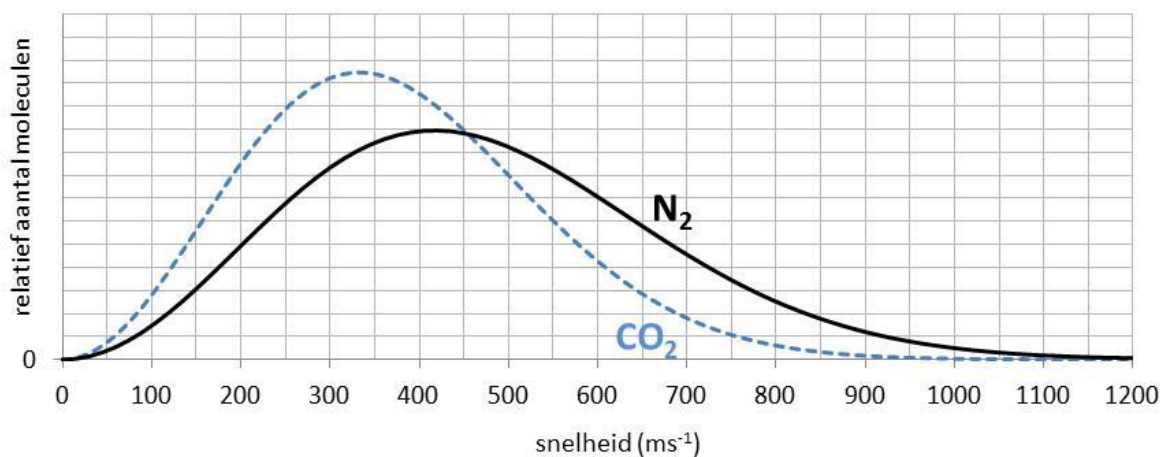
- c Bereken hoeveel atomen zich op een rijtje bevinden langs één van ribben. (Hint je hebt hiervoor een derdemachtswortel nodig).
- d Bereken afstand die ieder atoom inneemt in het kristalrooster.



10 Temperatuur

Temperatuur is een maat voor de snelheid van de moleculen. Preciezer gezegd: De gemiddelde kinetische energie van de moleculen is recht evenredig met de temperatuur in Kelvin. In de grafiek hieronder staat de snelheidsverdeling van N_2 (stikstof) moleculen in lucht bij een temperatuur van 293 K. Horizontaal staat de grootte van de snelheid en verticaal het relatieve aantal moleculen dat met deze snelheid beweegt.

- a De gemiddelde *grootte van de* snelheid in een gas is afhankelijk van de temperatuur maar de gemiddelde snelheid is 0 ms^{-1} . Leg uit waarom.
- b Leg uit hoe de grafiek zou veranderen als de temperatuur hoger zou worden.
- c De stippellijn geeft de snelheidsverdeling van CO_2 (kooldioxide) moleculen die ook in lucht voorkomen bij dezelfde temperatuur (293 K). Leg uit hoe het kan dat deze gemiddeld minder snel bewegen terwijl de temperatuur hetzelfde is.



11 Treinrails

De meeste materialen zetten uit bij hogere temperatuur. De mate waarin een materiaal uitzet hangt af van het soort materiaal volgens onderstaande formule. De lineaire uitzettingscoëfficiënt die in de formule voorkomt is te vinden in BINAS tabellen 8 t/m 10.

- Verklaar met de molecuultheorie waarom materialen uitzetten bij hogere temperatuur.
- Bij het leggen van treinrails wordt bij het plaatsen van elke rail steeds een kleine ruimte opengelaten voordat de volgende rail gelegd wordt. Zo kan de rail in de zomer bij grote hitte uitzetten zonder dat de rails vervormen. Bij het bouwen van een spoorlijn worden roestvrijstalen rails gebruikt met een lengte van 25,0000 m (bij 293 K). Tussen de rails wordt steeds een tussenruimte van 6,0 mm opengelaten. Bereken de maximale temperatuur die de treinrails aankunnen voordat er krachten op de rail gaan werken.
- Nadeel van een ruimte tussen de rails is het lawaai wat de treinwielen maken bij iedere tussenruimte (De methode wordt om deze reden ook nauwelijks meer toegepast). Leg uit waarom dit lawaai in de winter sterker is dan in de zomer.

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

L = lengte (m)

L_0 = beginlengte (m)

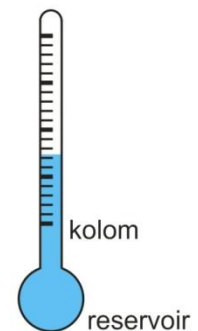
α = lineaire uitzettingscoëfficiënt (K^{-1})

ΔT = temperatuurverschil (K of $^{\circ}C$)

12 Thermometer

Een vloeistofthermometer bestaat uit een bolvormig reservoir met daarboven een smalle vloeistofkolom. Door het uitzetten van de vloeistof in het reservoir en de kolom komt het vloeistofniveau in de kolom hoger te staan bij hogere temperatuur. De gevoeligheid van de thermometer hangt af van onderstaande eigenschappen. Leg voor elk van de grootheden uit hoe je ze zó kunt kiezen dat een kleine temperatuurverandering resulteert in een zo groot mogelijk verschil in vloeistofhoogte.

- De soort vloeistof
- Het volume van het reservoir
- De diameter van de kolom



13 Druk

De bovenkant van een punaise heeft een oppervlak van $0,65 \text{ cm}^2$. De punt van een punaise heeft een oppervlak van $2,1 \text{ mm}^2$. Josh wil met de punaise een poster ophangen op zijn prikbord en duwt met een kracht van $1,5 \text{ N}$ op de bovenkant een punaise. Deze kracht is niet voldoende om de punaise het prikbord in te duwen.

- Bereken de druk die Josh met zijn vinger op de punaise uitoefent.
- Bereken de druk die de punt van de punaise op het prikbord uitoefent.

- c De minimale druk die nodig is om de punaise het prikbord in te duwen is $1,0 \cdot 10^6$ Pa. Bereken de kracht die Josh op de punaise moet uitoefenen om de poster op te hangen.
- d Met een scherpere punt zou de kracht die nodig is kleiner zijn. Leg uit waarom.

14 Raam

- a Bereken de kracht die de buitenlucht uitoefent op een raampje van 50 cm bij 80 cm.
- b Laat aan de hand van BINAS tabel 6A zien dat deze kracht van dezelfde orde van grootte is als de zwaartekracht op een Indische olifant.
- b Leg uit waarom het raam niet door de luchtdruk naar binnen wordt geduwd.
- c Dubbel glas bestaat uit twee lagen glas op een afstand van ongeveer een centimeter met daartussen een *spouw*: Een van de buitenwereld afgesloten lege ruimte. In deze ruimte zit een gas onder een druk gelijk aan de buitendruk. Voor de warmte-isolatie zou het echter beter zijn als deze ruimte vacuüm zou zijn. Leg uit waarom dit in de praktijk erg lastig is.

15 Flesje

Mara heeft een plastic flesje water gekocht en meegenomen op haar bergwandeling. Ze vertrekt vanuit het dal vanaf een hoogte van 350 m boven zeeniveau. Als ze op 1100 m hoogte wat water wil drinken gaat het flesje met een sis open.

- a Hoe groot is het drukverschil tussen de binnenkant en buitenkant van het flesje vlak voordat Mara het flesje opendraait? Ga er hierbij vanuit dat de druk met 1,0 millibar daalt per 8,2 m stijging.
- b Op 1500 m hoogte drinkt ze haar flesje leeg en draait het flesje dicht. Als ze later die dag weer beneden in het dal is merkt ze dat het flesje ingedeukt is. Hoe groot is het drukverschil nu tussen de binnen- en buitenkant?

16 Duikboot

Een duikboot vaart in de Noordzee op een diepte van 120 m onder het wateroppervlak. De duikboot is uitgerust met een dieptemeter die de diepte weergeeft op basis van de druk onder water. Het verband tussen de druktoename en de diepte wordt gegeven door onderstaande formule.

- a Toon met een berekening aan dat de druk op de diepte van de duikboot $1,28 \cdot 10^6$ Pa is. Ga hierbij uit van zuiver water en een luchtdruk gelijk aan de standaarddruk.
- b In de praktijk is de dichtheid van het water niet overal hetzelfde. De dichtheid kan variëren van $998 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ in zoet water tot $1027 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ in water met een hoge zoutconcentratie zoals de Noordzee. Hoe groot is het verschil tussen de door de meter aangegeven diepte en de werkelijke diepte als er geen rekening gehouden wordt met de toegenomen dichtheid?
- c De door de dieptemeter gemeten druk is de som van de waterdruk en de luchtdruk boven

water. Afhankelijk van het weer kan de luchtdruk verschillen van 960 millibar in een lagedruk gebied tot 1040 millibar in een hogedrukgebied. Laat met een berekening zien dat afwijkingen door luchtdrukverschillen kleiner dan één meter zijn.

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$$

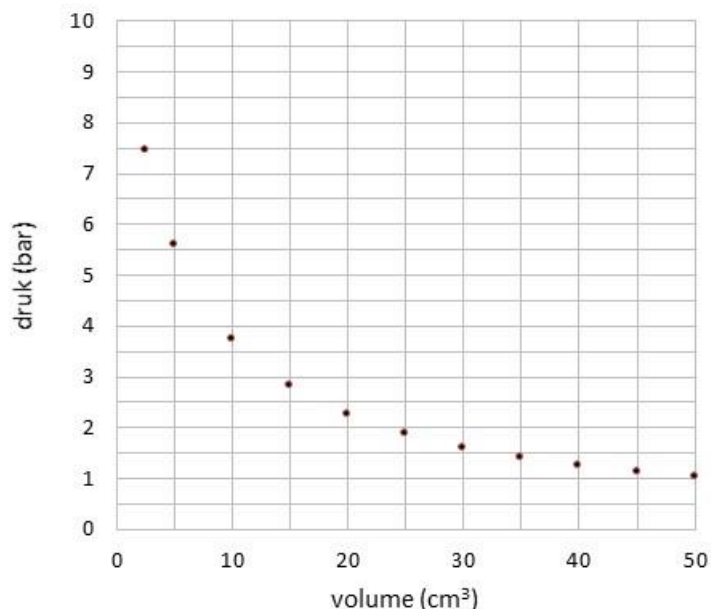
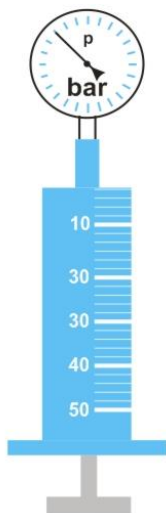
Δp = drukverschil ten opzichte van oppervlak (Pa)
 ρ = dichtheid water ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
 g = zwaartekrachtsversnelling ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$)
 h = diepte ten opzichte van oppervlak (m)

17 Wet van Boyle

Bij deze vraag mag je ervan uitgaan dat de temperatuur gelijk blijft

Jeroen en Bart hebben het verband gemeten tussen volume en druk met een injectiespuit met daarop aangesloten een drukmeter.

- Wat voor soort verband bestaat er volgens de wet van Boyle tussen de druk en volume?
- Bij 50 ml is de druk gelijk aan de standaarddruk. Bereken met de wet van Boyle de druk bij een volume van 10 ml.
- De werkelijk gemeten druk bij een volume van 10 ml wijkt hiervan af. Jeroen denkt dat de afwijking komt door meetonzekerheid. Bart denk dat dit komt door een systematische fout. Leg uit waarom Bart gelijk heeft en hoe je dit aan de meetpunten kunt zien.
- Bart heeft het vermoeden dat de afwijking komt doordat ze het volume van de lucht in de drukmeter zelf en in de aansluiting niet hebben meegerekend. Bepaal aan de hand van de grafiek hoe groot dit volume is.



18 Algemene gaswet

De algemene gaswet (zie onder) geeft het verband tussen druk, volume, aantal mol en temperatuur van een ideaal gas. Een ideaal gas is een gas waarbij het volume van de moleculen zelf en de krachten tussen de moleculen onderling verwaarloosd mogen worden. Onder normale omstandigheden gedragen de meeste gassen zich als ideaal gas.

- Bereken met de algemene gaswet hoeveel mol lucht zich in een volume van $1,00 \text{ m}^3$ bevindt bij $p = p_0$ en $T = 273 \text{ K}$.
- Bereken de massa van de lucht uit de vorige vraag. Voor lucht geldt een molaire massa van $28,97 \text{ g mol}^{-1}$. Vergelijk je antwoord met de dichtheid van lucht (BINAS tabel 12).
- Jules en Remco zijn het niet eens over wanneer de algemene gaswet gebruikt mag worden. Volgens Jules geldt de algemene gaswet alleen voor ideale gassen op aarde. Volgens Remco mag de algemene gaswet alleen voor afgesloten hoeveelheden ideaal gas gebruikt worden. Wie heeft er gelijk?

$$pV = nRT$$

p = druk (Pa)
 V = volume (m^3)
 n = aantal mol (mol)
 $R = 8,3144621 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 T = temperatuur (K)

19 Druk en temperatuur

Druk wordt door een gas uitgeoefend door tegen de wand botsende moleculen. Als de temperatuur stijgt neemt ook de snelheid van de moleculen toe. Hierdoor neemt de druk in een gas toe bij hogere temperatuur.

Marit en Vera zijn het niet eens over het precieze verband tussen druk en temperatuur. Vera denkt dat als de temperatuur twee keer zo hoog wordt, de botsingen twee keer zoveel effect zullen hebben doordat de botssnelheid twee keer zo groot is. Ook zullen er door de dubbele snelheid twee keer zoveel botsingen per tijdseenheid plaatsvinden. Deze twee effecten samen zorgen dus gecombineerd voor vier keer grotere druk en er is dus een *kwadratisch* verband tussen druk en temperatuur. Marit heeft uit de algemene gaswet afgeleid dat er geen kwadratisch maar een *recht evenredig* verband is tussen druk en temperatuur. Leg uit welke denkfout Vera maakt.

20 Plantenkas

Bij deze vraag mag je ervan uitgaan dat de lucht zich als ideaal gas gedraagt en dat de druk buiten de kas gelijk is aan p_0 .

Een tropische plantenkas heeft een lengte van 50 m, een breedte van 15 m en een gemiddelde hoogte van 2,1 m. In de nacht is de temperatuur in de kas $17 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Bereken de massa van de aanwezige lucht in de kas. Ga er hierbij van uit dat in de kas de

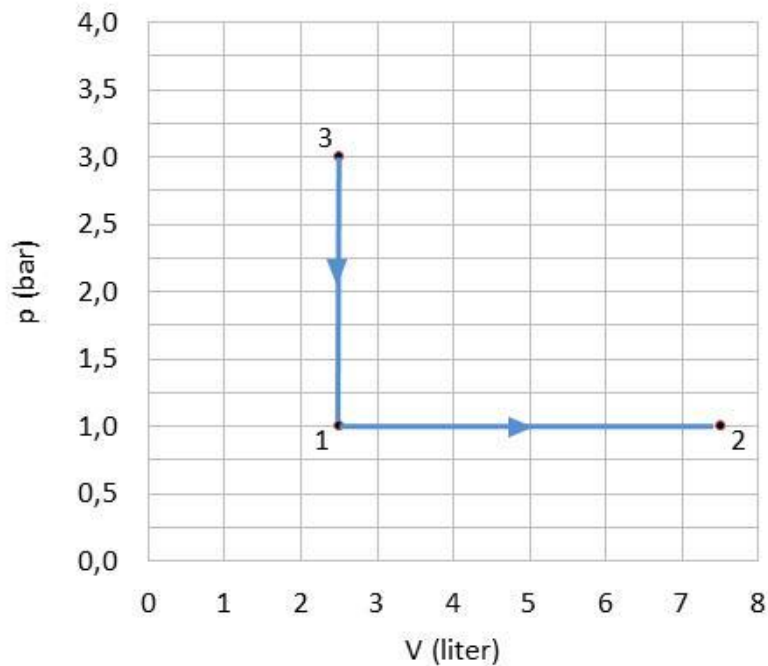
standaarddruk heerst en gebruik een massa van 28,97 g per mol.

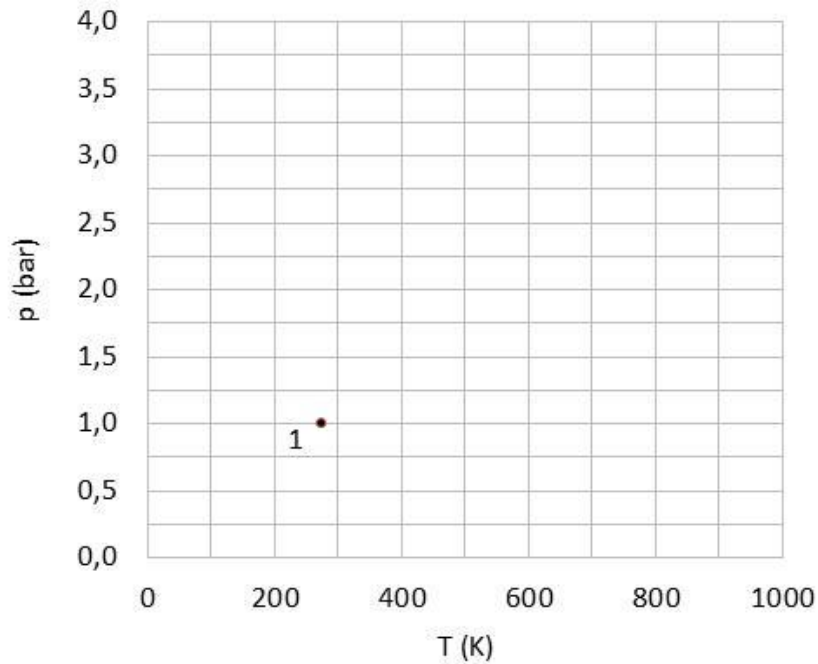
- Overdag stijgt de temperatuur naar 33 °C. Als we de kas als een afgesloten vat zouden beschouwen zou bij het opwarmen behalve de temperatuur ook de druk stijgen. Bereken hoe groot het drukverschil tussen de binnenkant en buitenkant van de kas zou zijn.
- In werkelijkheid blijft bij het opwarmen de luchtdruk gelijk aan die buiten de kas omdat er lucht door kieren en gaten wegstroomt. Bereken hoeveel kg lucht er ontsnapt.

21 Kringproces

Een hoeveelheid gas zit opgesloten in een cilinder. De cilinder is aan de bovenkant afgesloten met een wrijvingsloos vrij beweegbare zuiger met verwaarloosbare massa. In de beginsituatie (toestand 1) is het volume 2,5 l, de temperatuur 273 K en wordt er geen kracht op de zuiger uitgeoefend.

- Hoe groot is de druk in de cilinder in toestand 1?
- Het gas wordt verhit waardoor het uitzet en de zuiger naar buiten drukt tot een volume van 7,5 liter (toestand 2). Bereken de temperatuur in toestand 2.
- De zuiger wordt hierna terug naar binnen geduwd totdat het oorspronkelijk volume van 2,5 liter is bereikt. De druk stijgt hierdoor tot 3,0 bar. De temperatuur blijft hierbij constant. Teken in het p,V-diagram hieronder het verloop van toestand 2 naar toestand 3.
- Vervolgens keert het gas weer terug naar toestand 1. Beschrijf wat er gebeurt tijdens de overgang van toestand 3 naar toestand 1.
- Teken hieronder het p,T-diagram van het hele kringproces. Toestand 1 is al ingetekend.





22 Warmte en temperatuur

Hieronder staan een aantal beschrijvingen van termen die met warmte en temperatuur te maken hebben. Geef bij elke beschrijving aan welke term hierbij hoort.

Kies uit: *Kelvin, °Celsius, Calorie, Q, calorimeter, Joule, absoluut nulpunt en warmte*

	Beschrijving
	Temperatuur waarbij moleculen stil staan
	Eenheid van temperatuur in het dagelijks leven
	SI eenheid van warmte
	Symbool van warmte
	Oude eenheid van warmte
	SI eenheid van temperatuur
	Geïsoleerd bakje
	Energie nodig om iets te verwarmen

23 Warmtetransport

- Noem de 3 manieren van waarop warmte zich kan verplaatsen. Geef bij elk van de drie manieren van warmtetransport een korte beschrijving en een voorbeeld.
- In een thermosfles worden alle soorten warmtetransport zoveel mogelijk tegengegaan. Beschrijf voor elk van de 3 manieren van warmtetransport hoe dit gebeurt.
- Ook in een woonhuis wil je in de winter warmtetransport naar buiten zoveel mogelijk tegengaan. Beschrijf voor elk van de 3 manieren van warmtetransport een isolatiemaatregel.

24 Koelkast

De hoeveelheid warmte die een materiaal per seconde geleidt hangt af van het soort materiaal, het contactoppervlak, het temperatuurverschil tussen beide kanten van het materiaal en de dikte van het materiaal volgens onderstaande formule. De *warmtegeleidingscoëfficiënt* is een materiaalconstante die terug te vinden is in BINAS tabel 10.

Een koelkast van 95 cm x 60 cm x 60 cm is van binnen geïsoleerd met een laag EPS piepschuim met een gemiddelde dikte van 1,75 cm.

- Bereken het totale buitenoppervlak van de koelkast.
- In de keuken waar de koelkast staat is het 18 °C. Binnen in de koelkast wordt de temperatuur op 6,0 °C gehouden. Bereken hoeveel warmte er per seconde van buiten de koelkast binnen komt. Ga er hierbij vanuit dat er alleen sprake is van geleiding door de wanden.
- De koelkast heeft een koelvermogen van 312 W. Dit wil zeggen dat als de koelpomp aan staat er 312 Joules warmte per seconde uit de koelkast weggehaald wordt en aan de buitenlucht wordt afgegeven. Bereken hoeveel % van de tijd de koelpomp aan moet staan om de temperatuur in de koelkast op 6,0°C te houden.
- Leg uit dat een koelkast minder energie verbruikt naarmate de ruimte waarin deze staat kouder is.

$$P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

P = warmtetransport (Js^{-1})

λ = warmtegeleidingscoëfficiënt ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

A = oppervlak (m^2)

ΔT = temperatuurverschil (K)

d = dikte (m)

25 Opwarmen

Bereken hoeveel warmte er toegevoerd moet worden in elk van onderstaande processen.

De begintemperatuur is telkens 20 °C.

- Het opwarmen tot 100 °C van een pan met een warmtecapaciteit van $450 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
- Het aan de kook brengen van 500 ml water.
- Het aan de kook brengen van 500 ml melk in bovenstaande pan.

26 Warmcapaciteit

Bereken de warmtecapaciteit van

- Een voorwerp dat 12 °C in temperatuur stijgt bij een warmtetoevoer van 3,0 kJ.
- Een staafje zilver van 350 g.
- 9,45 liter water.

27 Geiser

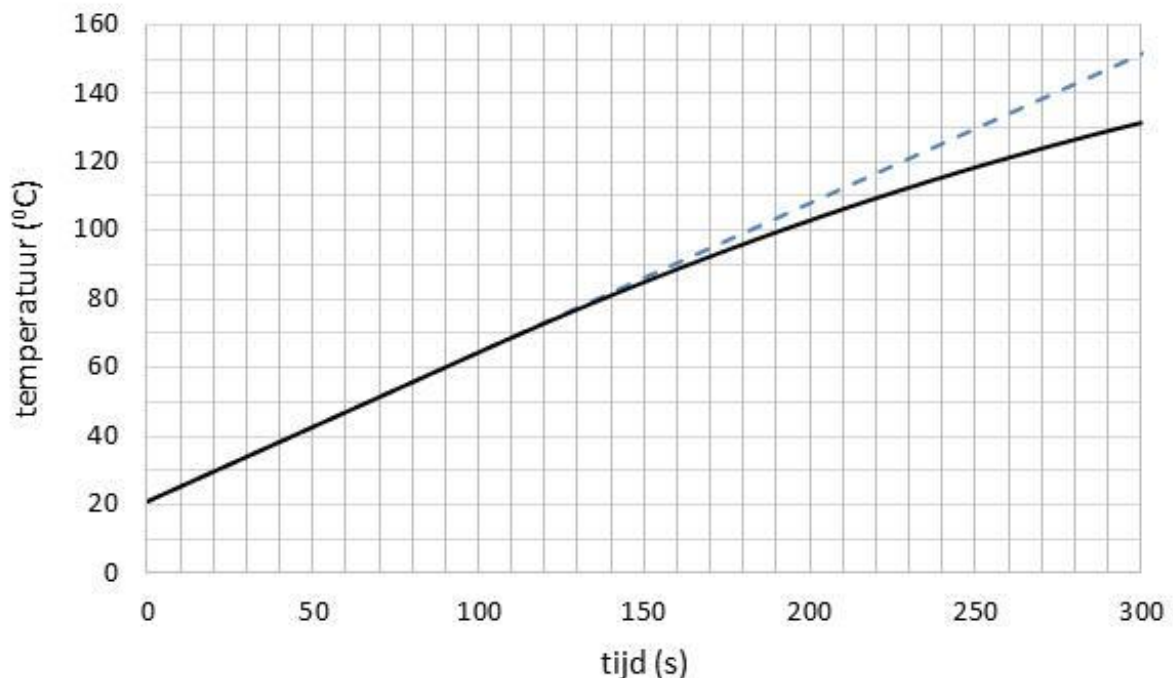
Een gasgeiser kan per minuut 24 liter warm water met een temperatuur van $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ leveren. Het toevoerwater heeft een temperatuur van $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Bereken hoeveel warmte het verwarmen van $1,0\text{ L}$ water van $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ naar $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ kost.
- Bereken het vermogen van de geiser.
- Een manier om heter water uit de geiser te krijgen is door de kraan minder ver open te draaien. Bereken de watertemperatuur als de kraan zover wordt dicht gedraaid dat nog maar 12 liter water per minuut uit de kraan komt. Je mag er hierbij vanuit gaan dat het door de gasgeiser geleverde vermogen gelijk blijft.

28 Friteuse

Een friteuse bestaat uit een geïsoleerde pan met daarin een verwarmingselement. Het elektrisch vermogen van de friteuse bedraagt 1500 W en de warmtecapaciteit van de (lege) friteuse is 900 J/K . De friteuse wordt gevuld met $1,5\text{ kg}$ vloeibare frituurolie en aangezet. In de grafiek onder deze opgave staat het verloop van de temperatuur (doorgetrokken lijn).

- Leg uit waarom de grafiek bij hoger wordende temperatuur afwijkt van een rechte lijn.
- Bepaal aan de hand van de grafiek de soortelijke warmte van de gebruikte frituurolie. Je mag er hierbij vanuit gaan dat de eerste 100 seconde het warmteverlies verwaarloosbaar is en dat de pan en de olie steeds dezelfde temperatuur hebben.
- Bepaal de hoeveelheid weggelekte warmte tussen $t = 0$ en $t = 300\text{ s}$.



29 Hoefijzer

Een smid koelt een ijzeren hoefijzer in een bak koelwater na het smeden. Het roodgloeiende hoefijzer heeft een massa van 700 g, is gemaakt van ijzer en heeft een temperatuur van 890 °C. De koelwaterbak bevat 5,0 L water met een temperatuur van 25 °C. Doordat het koelwater de warmte van het hoefijzer overneemt, daalt de temperatuur van het hoefijzer en stijgt de temperatuur van het koelwater. Uiteindelijk ontstaat er een evenwicht als de temperatuur van het hoefijzer en koelwater gelijk zijn.

Voor de warmteafgifte van het hoefijzer en de warmteopname van het koelwater gelden onderstaande formules. Aangezien de door het ijzer afgegeven warmte opgenomen wordt door het water geldt $Q_{\text{ijzer}} = Q_{\text{water}}$. Bereken wat de eindtemperatuur wordt die het hoefijzer en het koelwater uiteindelijk bereiken. Aanwijzing: Schrijf voor de eindtemperatuur ' T_{eind} ' en bepaal eerst een uitdrukking voor ΔT_{ijzer} en ΔT_{water} .

$$Q_{\text{ijzer}} = c_{\text{ijzer}} \cdot m_{\text{hoefijzer}} \cdot \Delta T_{\text{ijzer}}$$

$$Q_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}} \cdot \Delta T_{\text{water}}$$

Q = warmteopname/-afgifte (J)

c = soortelijke warmte ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

m = massa (kg)

ΔT = temperatuurverschil (K of °C)

30 Afkoelingsmodel

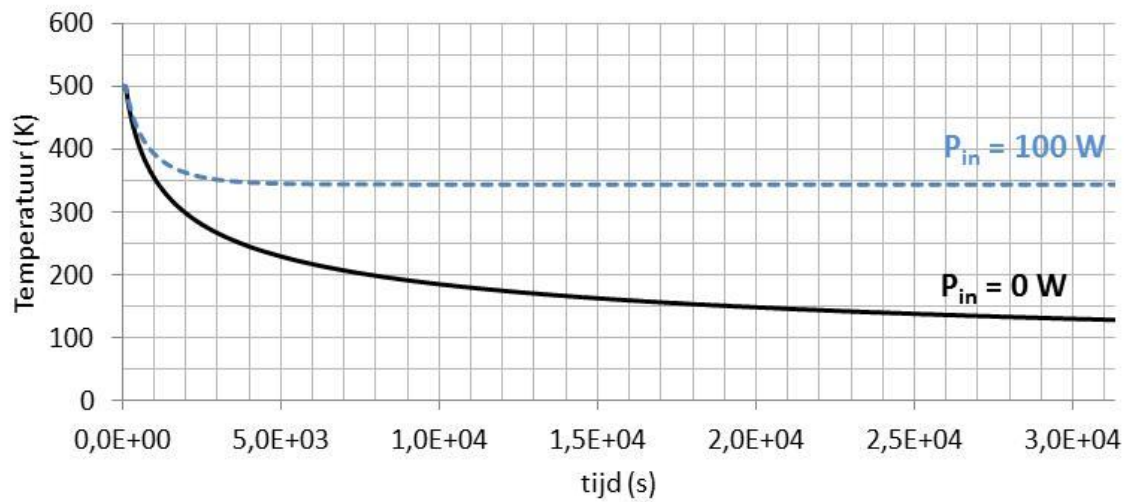
Tracy wil weten wat er gebeurt met de temperatuur van voorwerpen in de ruimte. Ze heeft in BINAS tabel 35-E1 gevonden dat het warmteverlies door straling evenredig is met het oppervlak van het voorwerp en de vierde macht van de temperatuur: $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$. Op basis van deze formule heeft ze het onderstaande computermodel gemaakt van een koperen bol met een begintemperatuur van 500 K.

- Waarom hoeft Tracy geen rekening te houden met afkoeling door geleiding en stroming?
- Wanneer ze haar model laat rekenen ziet ze zoals verwacht de temperatuur afnemen (zie grafiek hieronder). In het begin neemt de temperatuur sneller af dan later. Leg uit hoe dit komt.
- Tracy realiseert zich dat de bol ook warmte opneemt door absorptie van straling, bijvoorbeeld van de zon. Ze wil kijken wat er gebeurt als de bol 100 W aan stralingsenergie absorbeert. Welke modelregel moet hiervoor aangepast worden en op welke manier?
- Als ze haar aangepaste model laat rekenen ziet ze dat de temperatuur daalt tot 344,2 K en daarna constant blijft. Laat met een berekening zien dat bij deze temperatuur geldt $P_{\text{in}} = P_{\text{uit}}$.

MATERIE & MOLECULEN - VWO

1	$P_{\text{uit}} := \text{sig} \cdot A \cdot T^4$	Bereken uitgestraald vermogen	Constanten $r = 0,1 \text{ m}$ $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ $V = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3$ $\rho = 896 \text{ kg m}^{-3}$ $m = \rho \cdot V$ $\text{sig} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ $c = 387 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ $dt = 100 \text{ s}$	Start waarden $t = 0 \text{ s}$ $T = 500 \text{ K}$
2	$dQ := -P_{\text{uit}} \cdot dt$	Bereken warmteafname		
3	$dT := dQ / c \cdot m$	Bereken temp. verandering		
4	$T := T + dT$	Bereken nieuwe temperatuur		
5	$t := t + dt$	Hoog tijd op en begin opnieuw		

Een werkende versie van alle rekenmodellen in Foton is te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/modelleren



ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

8 Massa

- a 0,80 kg
- b 47 kg
- c 2,1 kg
- d 43 kg

9 Kristalrooster

- a $2,2 \cdot 10^{-6}$ kg
- b $4,6 \cdot 10^{19}$
- c $3,6 \cdot 10^6$
- d $2,8 \cdot 10^{-10}$ m

11 Treinrails

- a 44 °C / 317 K

13 Druk

- a $2,3 \cdot 10^4$ Pa
- b $7,1 \cdot 10^5$ Pa
- c 2,1 N

14 Raam

- a $4,1 \cdot 10^4$ N

15 Flesje

- a $9,1 \cdot 10^3$ Pa
- b 0 Pa

16 Duikboot

- b 3 m

17 Boyle

- b 5,0 bar
- d 4,5 ml

18 Algemene gaswet

- a 44,6 mol
- b 1,29 kg

20 Plantenkas

- a $1,9 \cdot 10^3$ kg
- b $5,6 \cdot 10^3$ Pa
- c $1,0 \cdot 10^2$ kg

21 Kringproces

- a $8,2 \cdot 10^2$ K

24 Koelkast

- a $3,00 \text{ m}^2$
- b 72 J
- c 23 %

25 Opwarmen

- a 36 kJ
- b $1,7 \cdot 10^5$ J
- c $2,0 \cdot 10^5$ J

26 Warmtecapaciteit

- a $2,5 \cdot 10^2 \text{ JK}^{-1}$
- b 84 JK^{-1}
- c $3,9 \cdot 10^4 \text{ JK}^{-1}$

27 Geiser

- a $1,7 \cdot 10^5$ J
- b $6,7 \cdot 10^4$ W
- c 95 °C

28 Friteuse

- b $1,7 \cdot 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
- c 66 kJ

29 Hoefijzer

- a 38 °C

