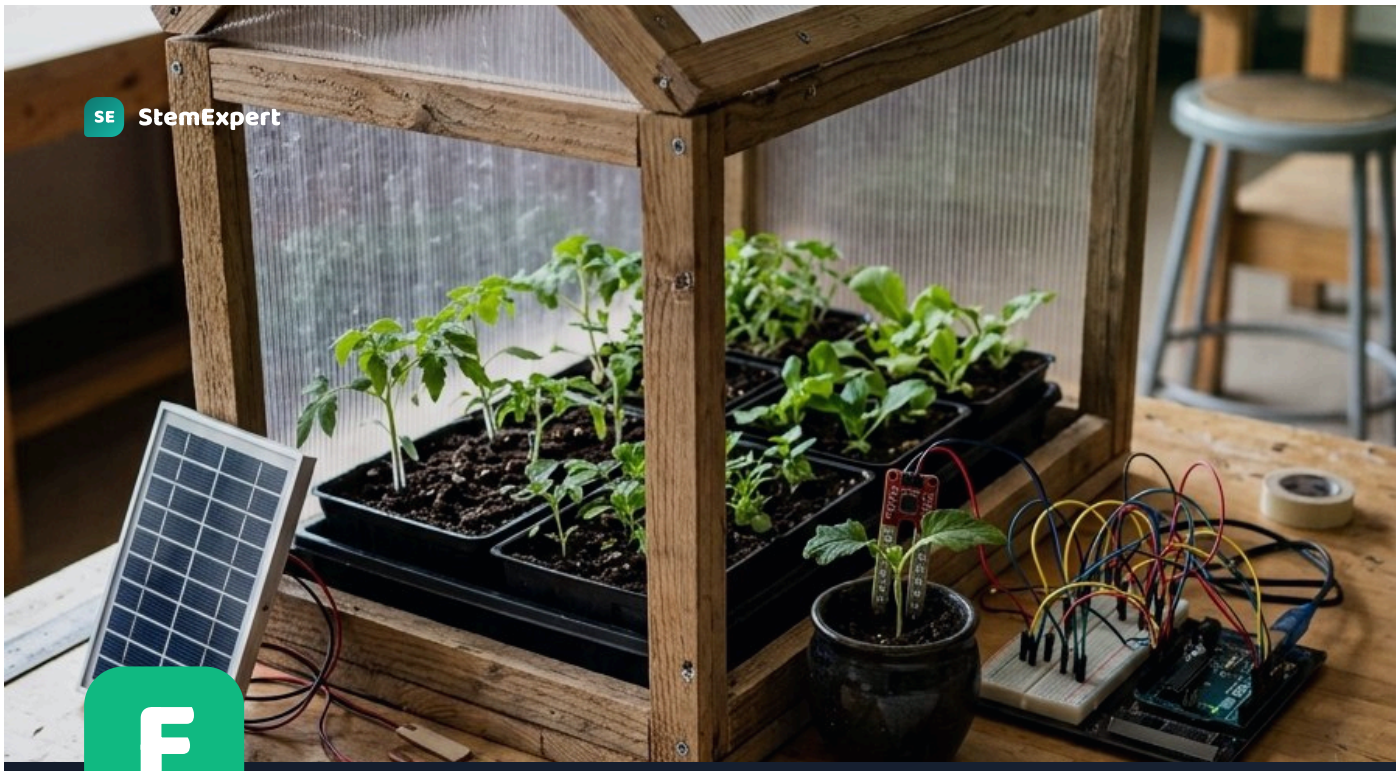


StemExpert

F

Fundamental
Oplossingen

Uitgewerkte oplossingen bij het werkboek. Voor de leerkracht.

12-14 jaar | 33 hoofdstukken | schaal 1–4

Brecht Corbeel · schoolium.me

StemExpert Fundamental — Oplossingen

Auteur: Brecht Corbeel
Uitgave: schoolium.me
Reeks: StemExpert — STEM in drie niveaus (Fundamental, Intermediate, Expert)

Voor wie: Voor wie STEM voor het eerst systematisch leert (eerste graad secundair, of volwassen beginners). Geen voorkennis nodig. Rekenen met breuken, procenten en verhoudingen wordt opgebouwd waar het nodig is; eenvoudige formules worden ingevoerd als 'rekenregels met betekenis'.

Wiskunde op dit niveau: hoofdrekenen, breuken, procenten, verhoudingen, eenvoudige formules omvormen, grafieken lezen

Habitat-laag: De meetkas: een kleine kas die haar eigen klimaat meet, de planten automatisch water geeft en draait op een zonnepaneel.

Dit boek hoort bij een handboek, een werkboek en een oplossingenboek per niveau, en bij de offline website van StemExpert. De StemExpert-schaal (1 tot 9) loopt over de drie niveaus heen. Druk af zonder schaling (100 %).

Inhoud

F1 · Denken en werken als STEM'er

F1 Wat is STEM? 4
F2 Onderzoeken: van vraag tot besluit 15
F3 Meten: grootheden en eenheden 24
F4 Tabellen, grafieken en verbanden 34
F5 Veilig werken in labo en werkplaats 47

F2 · Materie en materialen

F6 Het deeltjesmodel 57
F7 Massa, volume en dichtheid 67
F8 Zuivere stoffen en mengsels 77
F9 Mengsels scheiden 87
F10 Materialen en hun eigenschappen 96

F3 · Krachten, beweging en constructies

F11 Krachten 105
F12 Hefbomen en mechanismen 116
F13 Constructies: sterk en stabiel 127
F14 Beweging en snelheid 135

F4 · Energie

F15 Energie: vormen en omzettingen 145
F16 Warmte en temperatuur 155
F17 Energie uit zon, wind en water 165

F5 · Elektriciteit

F18 De elektrische kring 175
F19 Spanning, stroom en weerstand 186
F20 Serie- en parallelschakeling 194
F21 Elektrisch vermogen en energie 205

F6 · Programmeren en automatiseren

F22 Computationeel denken 214
F23 Programmeren met blokken 225
F24 De microcontroller 243
F25 Sensoren en automatisch regelen 255

F7 · Leven en systemen

F26 Cellen en organismen 265
F27 Planten: fotosynthese en groei 274
F28 Ecosystemen en kringlopen 284
F29 Het lichaam als systeem 293

F8 · Ontwerpen en maken

F30 De ontwerpcyclus 302
F31 Technisch tekenen 310
F32 Van idee tot object: CAD en 3D-printen 322

F9 · Habitat F: de meetkas

F33 Integratieproject: de meetkas 331

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 1

Wat is STEM?

Vier manieren van denken, één manier van kijken, en een station dat je zelf gaat bouwen

Uitgewerkte oplossingen bij de 14 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

4× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 314 min

O Onderzoeken en meten · D Ontwerpen en maken



Onderzoeken, rekenen, ontwerpen en bouwen aan één tafel: zo begint de meetkas.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

1.1 S, T, E of M?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Bij elke activiteit staat één letter centraal, ook al spelen de andere meestal ook mee. Welke letter is het belangrijkst? Leg kort uit.

Vul de tabel in.

(a)

S

: een vraag over de natuur (hoe beïnvloedt licht de groei?), beantwoord met metingen.

(b)

E

: ontwerpen en testen tegen een eis (5 kg dragen).

(c)

M

: rekenen (volume).

(d)

T

: bestaande technologie gebruiken en installeren.

(e)

S

: een waarom-vraag over de natuur.

(f)

E

: een bestaand product herontwerpen binnen eisen (lichter, even sterk).

Andere letters spelen mee (bij (a) meet de bioloog met instrumenten en rekent ze gemiddelden uit), maar de kern van de activiteit bepaalt het antwoord.

1.2 Input, proces, output

Oefenen · 1 · Analyseren · 12 min

Beschrijf elk systeem met input, proces en output. Zet bij elke input en output of het materie, energie of informatie is (afgekort: mat, en, inf).

a. Vul de tabel in.

Waterkoker	Input: koud water (mat), elektrische energie (en), de aan-knop (inf). Proces: het verwarmingselement warmt het water op. Output: heet water (mat), warmte naar de keuken (en), de klik of het lampje dat uitgaat als het water kookt (inf).
Zonnepaneel	Input: licht (en). Proces: licht omzetten in elektrische energie. Output: elektrische energie (en), warmte (en).
Printer	Input: papier en inkt (mat), elektrische energie (en), het document (inf). Proces: inkt op het papier aanbrengen. Output: bedrukt papier (mat), warmte en geluid (en).
Mens die fietst.	Input: voedsel en zuurstof (mat). Proces: spieren zetten chemische energie om in beweging. Output: beweging (en), warmte (en), koolstofdioxide en waterdamp in de uitgeademde lucht (mat), zweet (mat).

b. Welke output is bij de waterkoker gewenst en welke niet?

Gewenst: heet water en het signaal dat het klaar is. Niet gewenst: de warmte die naar de keuken weglekt. Die is verloren energie.

1.3 Vraag of probleem?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Is dit een wetenschappelijke vraag of een technisch probleem?

a Waarom beslaat de binnenkant van de kas 's ochtends?

- A wetenschappelijke vraag
- B technisch probleem

✓ Wetenschappelijke vraag: het antwoord is een verklaring.

b Hoe zorgen we ervoor dat condenswater niet op de planten drupt?

- A wetenschappelijke vraag
- B technisch probleem

✓ Technisch probleem: je moet iets ontwerpen (een goot, een schuin dak, ventilatie).

c Groeit basilicum sneller onder blauw of onder rood licht?

- A wetenschappelijke vraag
- B technisch probleem

✓ Wetenschappelijke vraag: je zoekt het antwoord met een eerlijke proef.

d Hoe houden we de kas 's nachts boven 10 °C zonder stopcontact?

- A wetenschappelijke vraag
- B technisch probleem

✓ Technisch probleem: gevraagd is een oplossing die werkt (isolatie, een warmtebuffer …).

e Hoeveel water verdampt een tomatenplant op een zonnige dag?

- A wetenschappelijke vraag
- B technisch probleem

✓ Wetenschappelijke vraag: je meet het.

f Hoe maken we de ingang van de school toegankelijk voor rolstoelen?

- A wetenschappelijke vraag
- B technisch probleem

✓ Technisch probleem: gevraagd is een ontwerp (een helling, een lift …).

g Kies (c) of (d) en leg uit waaraan je herkende welke soort het is.

✓ (c) vraagt hoe iets in de natuur werkt; het antwoord is kennis die je met metingen vindt. (d) vraagt 'hoe houden we …': het antwoord is iets wat je maakt, en er zijn meerdere goede oplossingen.

1.4 Sturen of regelen?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Stuurt het systeem (zonder terugkoppeling) of regelt het (met terugkoppeling)? Bij regelen: wat wordt er gemeten?

Vul de tabel in.

(a) sturen: de tijd ligt vast, er wordt niets gemeten (ook als het regent, gaat hij aan).
(b) regelen: de temperatuur in de kamer.
(c) sturen: de tijd ligt vast; hoe bruin het brood is, wordt niet gemeten.
(d) regelen: de temperatuur in de koelkast.
(e) sturen: alleen de tijd, niet of het eten gaar is.
(f) regelen: de snelheid van de auto; bergop meet het systeem dat de auto vertraagt en geeft het meer gas.

Toepassen

meerdere stappen, in een context

1.5 Een fietslicht als systeem

Toepassen · 2 · Tekenen · 15 min

Een fietslicht krijgt zijn energie van een naafdynamo in het voorwiel. Sommige fietslichten hebben ook een lichtsensor: ze gaan vanzelf aan als het donker wordt.

a Teken het blokschema van het fietslicht zonder sensor: input, proces (met deelsystemen), output. Noteer bij elke pijl of het materie, energie of informatie is.

Input: beweging van het wiel (energie). Deelsystemen: dynamo (beweging wordt elektrische energie), draden (vervoer), lampjes (elektrische energie wordt licht). Output: licht (energie) en warmte (energie).

b Welke energie gaat in dit systeem 'verloren'? Waar?

Warmte: in de dynamo (wrijving, opwarming van de spoelen), in de draden en vooral in de lampjes. Een led zet wel een groter deel om in licht dan een gloeilampje (hoofdstuk 21).

c Voeg de lichtsensor toe aan je schema. Is het fietslicht met sensor een systeem dat stuurt of een systeem dat regelt? Leg uit.

De sensor is een extra input (informatie: 'het is donker'). Het fietslicht **stuurt**: de sensor meet het daglicht, niet het licht van de lamp zelf. Of de lamp brandt of niet, verandert niets aan wat de sensor meet; er is dus geen gesloten lus. Het is automatisch, maar zonder terugkoppeling.

1.6 Drie slimme functies van een smartphone

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een smartphone past zich voortdurend aan. Bekijk drie functies. Gebruik het ontleedblad van de smartphone in het handboek.

a Vul de tabel in.

(a) **Sturen**

De lichtsensor meet het omgevingslicht; de helderheid van het scherm wordt aangepast.

: het licht van het scherm verandert het omgevingslicht niet merkbaar.

(b) **Regelen**
De camera zelf is de sensor: de chip meet hoe scherp het beeld is en verschuift de lens tot het beeld het scherpst is.

: elke verschuiving verandert de scherpte, die opnieuw gemeten wordt.

(c) **Regelen**
Een temperatuursensor in de chip; de rekensnelheid wordt aangepast.

: trager rekenen geeft minder warmte, en dat meet de sensor.

b. Bij (c): beschrijf de lus in vier stappen: meten, vergelijken, beslissen, doen.

> Meten: de sensor meet de temperatuur van de chip. Vergelijken: is die hoger dan de toegelaten grens? Beslissen: ja, dus rekensnelheid verlagen. Doen: de chip werkt trager, wordt minder warm, en de volgende meting toont een lagere temperatuur.

c. Je legt je duim op de lichtsensor bij (a). Wat gebeurt er, en waarom?

> Het scherm wordt donkerder: de sensor 'denkt' dat het donker is. De sensor meet het licht dat hij ontvangt, niet of jij het scherm goed kan lezen.

1.7 Een STEM-beroep van dichtbij

Toepassen · 2 · Onderzoeken · 40 min

Kies een STEM-beroep dat je nog niet goed kent. Interview iemand die het uitoefent (een familielid, een buur, een ouder van een klasgenoot) of zoek betrouwbare informatie, bijvoorbeeld op de website van een opleiding of een beroepenfiche van de VDAB.

Maak een beroepsfiche.

> Antwoorden verschillen. Voorbeeld van een goed ingevulde fiche: *teeltadviseur glastuinbouw*. Dagtaken: klimaatgrafieken van de nacht nakijken, stengels meten en trossen tellen, voedingszouten in het drainwater meten, het voedingsrecept aanpassen. Letters: S (plantengroei begrijpen), T (klimaatcomputer, meettoestel), M (opbrengsten vergelijken in een rekenblad). Instrument: meter voor voedingszouten, klimaatcomputer. Opleiding: bijvoorbeeld een bachelor in de agro- en biotechnologie of een master bio-ingenieur. Bron: interview met …

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Inhoud	Minstens drie concrete dagtaken, geen algemeenheden als 'hij werkt met computers'.
STEM-letters	Elke letter gekoppeld aan een concrete taak.
Bronnen	Naam van de geïnterviewde (met toestemming) of een betrouwbare website.

1.8 Labo: balanceren met en zonder terugkoppeling

Toepassen · 3 · Labo · 30 min

Voer de proef uit het handboek zelf uit, in duo. Werk veilig: twee meter vrije ruimte rond de persoon die balanceert.

a. Voorspel: hoe lang houd je de bezemsteel rechtop met je ogen open, en met je ogen weg? En de korte lat?

> Eigen voorspelling; het gaat erom dat je ze vooraf opschrijft.

b. Meet telkens drie keer (stop bij 30 s).

> Typisch: met ogen open vaak 20 s of meer, met ogen weg enkele seconden, met de korte lat hooguit een paar seconden. Voorbeeld: ogen weg 2,1 s, 1,6 s en 2,8 s geeft gemiddeld (2,1 + 1,6 + 2,8) / 3 = 6,5 / 3 ≈ 2,2 s.

c. Benoem de sensor, de 'regelaar' en de 'actuator' (wat de beweging uitvoert) in deze regelkring.

> Sensor: je ogen. Regelaar: je hersenen. Actuator: je arm en hand.

d. Verklaar waarom de steel valt als je wegkijkt, en waarom de korte lat moeilijker is.

> Zonder zicht meet je niet meer hoe de steel kantelt: de lus is open, je stuurt blind en elke kleine afwijking groeit tot de steel valt. De korte lat kantelt veel sneller om; je reactietijd (ongeveer 0,2 s) is te lang om op tijd bij te sturen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Veiligheid	Vrije ruimte, partner vangt de steel op.
Metingen	Drie pogingen per situatie, tijden met eenheid, gemiddelde correct berekend.
Verklaring	Ogen als sensor, hersenen als regelaar, hand als actuator; reactietijd verklaart de korte lat.

1.9 Kies je systeemgrens

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

In de meetkas staan planten in een bak. Een pomp haalt water uit een reservoir en geeft het via een druppelslang aan de planten. Een zonnepaneel op het dak en een batterij leveren elektrische energie voor de pomp, de sensoren en de microcontroller.

a Systeemgrens rond **één plant**: noem drie inputs en twee outputs.

✓ Inputs: water (uit de druppelslang), koolstofdioxide uit de lucht, voedingsstoffen uit de grond, licht. Outputs: zuurstof, waterdamp, en groei (bladeren, vruchten).

b Systeemgrens rond de **hele kas** (zonder zonnepaneel en batterij): is het water uit de druppelslang nog een input? Wat wordt nu de input voor water?

✓ Nee: pomp, reservoir en druppelslang zitten nu binnen het systeem. De input voor water wordt het water dat je in het reservoir giet (of regenwater dat erin loopt).

c Systeemgrens rond **kas, zonnepaneel en batterij samen**: is elektrische energie nog een input? Wat is nu de energie-input?

✓ Nee: zonnepaneel en batterij zitten binnen de grens, de elektrische energie stroomt binnenin. De energie-input is nu het zonlicht (op het paneel én op de planten).

1.10 Van vraag naar probleem, en terug

Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

Wetenschappelijke vragen en technische problemen lokken elkaar uit.

a Wetenschappelijke vraag: 'Hoe snel droogt potgrond uit bij 25 °C?' Bedenk een technisch probleem voor de meetkas waarbij het antwoord helpt.

✓ Bijvoorbeeld: 'Hoe groot moet het waterreservoir zijn zodat de kas een week zonder ons kan?' of 'Hoe vaak moet de pomp aanslaan bij warm weer?' Weet je hoe snel de grond uitdroogt, dan kan je dat berekenen.

b Technisch probleem: 'Het zonnepaneel levert in de winter te weinig energie voor de pomp.' Bedenk een wetenschappelijke vraag die je eerst zou willen beantwoorden.

✓ Bijvoorbeeld: 'Hoeveel elektrische energie levert het paneel per dag in december, vergeleken met juni?' of 'Hoe hangt de opbrengst van het paneel af van de hellingshoek?'

c Welke stap zit in beide cycli en waarom is die zo belangrijk?

✓ Testen en meten. Alleen een meting toont of een hypothese klopt of een oplossing werkt; zonder test blijft het een mening.

Uitdagen

Uitdagen — transfer, open problemen, leerlijnen combineren

1.11 Habitat: de missie van jouw meetkas

Uitdagen · 3 · Habitat · 45 min

Je start je Habitat-portfolio. Deze opdracht is het eerste blad. Je past het later aan, als je meer weet: het is een schets, geen eindontwerp.

a Schrijf de missie van je meetkas in twee of drie zinnen: wat moet ze kunnen, voor wie, en waarom?

> Voorbeeld: 'Onze meetkas houdt zes kruidenplanten twee weken in leven zonder dat iemand water geeft. Ze meet temperatuur, licht en bodemvocht en draait op een zonnepaneel. Zo onderzoeken we wat planten nodig hebben om snel te groeien.'

b Teken de meetkas als systeem: inputs, deelsystemen, outputs, en minstens één terugkoppeling. Duid materie, energie en informatie aan met drie kleuren.

> Inputs: zonlicht (energie), water in het reservoir (materie), lucht met koolstofdioxide (materie), instellingen zoals de gewenste vochtigheid (informatie). Deelsystemen: energie (paneel, batterij), water (reservoir, pomp, druppelslang), meten en beslissen (sensoren, microcontroller), planten. Outputs: gegroeide planten (materie), zuurstof en waterdamp (materie), warmte (energie), meetgegevens (informatie). Lus: bodemvochtsensor, microcontroller, pomp, grond.

c Welke grootheden wil je in de kas meten? Noem er minstens vier.

> Bijvoorbeeld: temperatuur, luchtvochtigheid, lichtsterkte, bodemvocht, waterpeil in het reservoir, lengte van de planten.

d Kies vijf onderdelen van je meetkas en koppel elk aan een leerlijn (gebruik het naslagblad).

> Bijvoorbeeld: frame (K of D), zonnepaneel (E), pomp en ledstrip (L), programma (P), sensor en pomp samen (R), planten (B), groeiproef (O), temperatuurgrafiek (W).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Missie	Concreet en haalbaar: wat de kas doet (meten, water geven, energie) en voor wie.
Blokschema	Systeemgrens getekend; inputs en outputs benoemd en ingekleurd; minstens één gesloten lus met sensor, beslissing en actuator.
Metingen	Minstens vier grootheden die echt iets zeggen over de planten of het klimaat.
Leerlijnen	Vijf zinvolle koppelingen.

1.12 Het poolstation als systeem

Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Lees opnieuw het verhaal over het station Prinses Elisabeth. Hier is een vereenvoudigde beschrijving van zijn energie- en watersysteem: negen windturbines en zonnepanelen wekken elektrische energie op. Batterijen slaan het overschot op. Een slim net meet voortdurend hoeveel energie er binnenkomt, hoeveel er in de batterijen zit en hoeveel de toestellen vragen. Is er te weinig, dan krijgen de belangrijkste toestellen voorrang en worden minder dringende tijdelijk uitgezet. Voor noodgevallen zijn er reservegeneratoren. Afvalwater wordt gezuiverd en deels opnieuw gebruikt.

a Teken het blokschema van het energiesysteem, met de systeemgrens rond het hele station.

> Input: wind (energie) en zonlicht (energie), brandstof voor de reservegeneratoren (materie, alleen in noodgevallen). Deelsystemen: opwekken (turbines, panelen), opslaan (batterijen), verdelen (slim net), verbruikers. Output: licht, warmte, werkende toestellen en meetapparatuur, verliezen als warmte.

b Waar zit een terugkoppeling? Beschrijf ze met meten, vergelijken, beslissen, doen.

> Het slim net meet de binnenkomende energie, de lading van de batterijen en de vraag; het vergelijkt aanbod en vraag; het beslist welke toestellen voorrang krijgen; het schakelt minder dringende verbruikers uit of weer in. Het resultaat (de lading van de batterij) wordt opnieuw gemeten.

c Stel: drie dagen windstil en bewolkt. Beschrijf wat er achtereenvolgens gebeurt, en welke ontwerpkeuzes ervoor zorgen dat de bewoners veilig blijven.

> Eerst leveren de batterijen de energie. Het slim net zet minder dringende verbruikers uit (bijvoorbeeld een wasmachine) zodat de belangrijke (verwarming, verlichting, communicatie, veiligheid) langer kunnen blijven werken. Zijn de batterijen bijna leeg, dan springen de reservegeneratoren bij. Ontwerpkeuzes: opslag, voorrangsregels, een reservebron, en een gebouw dat weinig warmte verliest.

d Waarom is het hergebruiken van water op zo'n plek extra belangrijk? Denk aan energie.

> Drinkwater maken uit sneeuw kost veel energie: de sneeuw moet eerst smelten. Elke liter die je hergebruikt, spaart dus energie.

1.13 Debat: welke letter kan het station missen?

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 30 min

De klas wordt verdeeld in vier groepen: S, T, E en M. Elke groep krijgt de stelling: 'Het poolstation had zonder onze letter kunnen bestaan.' Je moet die stelling eerst verdedigen, en daarna de andere groepen weerleggen.

a Bereid twee argumenten voor waarom het station jouw letter zou kunnen missen (ook al geloof je het niet).

> Voorbeelden van (zwakke) verdedigingen: zonder S: 'de techniek bestaat al, we kopen ze gewoon'; zonder M: 'ervaren technici schatten het op het gevoel'.

b Bereid voor elke andere letter één concreet tegenargument voor: wat zou er misgaan zonder die letter?

> Zonder S: geen reden om er te zijn (het station bestaat voor het onderzoek) en geen kennis over de wind en het klimaat ter plaatse. Zonder T: geen turbines, batterijen of zuivering. Zonder E: onderdelen die niet samenwerken, een gebouw dat de storm niet doorstaat. Zonder M: geen idee of de energie volstaat, batterijen te klein, bewoners in gevaar.

c Wat is jouw besluit na het debat? Gebruik een voorbeeld uit het station.

> Een goed besluit: elke letter is nodig, maar ze zijn pas sterk samen; bijvoorbeeld: om te weten hoeveel batterijen nodig zijn, heb je windmetingen (S), een berekening (M), een ontwerp (E) en de batterijen zelf (T) nodig.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Concreet, met voorbeelden uit het station of de meetkas.
Weerleggen	Luistert naar het argument van de andere groep en reageert erop.
Besluit	Onderbouwd met een voorbeeld, niet enkel 'alles is belangrijk'.

1.14 Ontwerp: water geven tijdens de vakantie

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 40 min

Tijdens een vakantie van twee weken moeten de planten in de meetkas water krijgen zonder dat er iemand langskomt. Je ontwerpt twee oplossingen en vergelijkt ze.

a Schets oplossing A: een systeem dat **stuurt** (zonder terugkoppeling). Benoem input, proces en output.

> Bijvoorbeeld: een pomp met tijdschakelaar die elke ochtend 2 minuten pompt. Input: elektrische energie, water, de ingestelde tijd. Output: water in de grond.

b Schets oplossing B: een systeem dat **regelt** (met terugkoppeling). Duid de lus aan.

> Bijvoorbeeld: een bodemvochtsensor, een microcontroller en een pomp: te droog, dan pomp aan tot de grond vochtig genoeg is. Lus: sensor, microcontroller, pomp, grond, sensor.

c Vergelijk A en B op vier criteria.

> A: bij hitte te weinig water, bij koud weer te veel (natte wortels kunnen gaan rotten); energie ja; risico: vaste hoeveelheid past niet bij het weer. B: past zich aan beide aan; energie ja (sensor en microcontroller altijd aan); risico: een defecte of verschoven sensor kan de pomp laten blijven pompen tot het reservoir leeg is.

d Welke oplossing kies je voor de meetkas? Motiveer.

Voor de meetkas past B het best, omdat het weer in twee weken sterk kan wisselen. Een goed ontwerp beperkt het risico, bijvoorbeeld met een maximale pomptijd per dag. Bonus: een wiek (katoenen koord) van een waterbak naar de pot werkt zonder elektriciteit en 'regelt' zichzelf een beetje: droge grond zuigt meer water op dan natte.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Oplossing A	Werkt zonder meting van het resultaat (bv. timer met pomp), duidelijk geschetst.
Oplossing B	Bevat een sensor die het resultaat meet, een beslissing en een actuator; de lus is getekend.
Vergelijking	Eerlijk: ook de nadelen van B (energie, een defecte sensor).
Keuze	Gemotiveerd met de criteria.

F FUNDAMENTAL · DEEL F1 · DENKEN EN WERKEN ALS STEM'ER

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 2

Onderzoeken: van vraag tot besluit

Hoe je een eerlijke proef opzet, en waarom één meting nooit genoeg is

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 5× toepassen · 5× uitdagen · ± 337 min

Onderzoeken en meten



Meten, noteren, vergelijken: een groeiproef is onderzoek in het klein.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen

één stap, direct toepassen

2.1 De stappen op volgorde

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Ilias onderzoekt of suiker sneller oplost in warm water. Zijn notities zijn door elkaar geraakt.

A. 'In water van 60 °C was het klontje na ongeveer 1 minuut opgelost, in water van 20 °C na ongeveer 3 minuten.'

B. 'Ik verwacht dat suiker sneller oplost in warm water, omdat de waterdeeltjes dan sneller bewegen.'

C. 'Suiker lost sneller op in warm water; mijn verwachting klopt.'

D. 'Lost een suikerklontje sneller op in warm water dan in koud water?'

E. 'Ik leg een klontje in 100 mL water van 20 °C en een klontje in 100 mL water van 60 °C, zonder te roeren, en meet hoe lang het duurt tot het opgelost is.'

a Zet de notities in de juiste volgorde en schrijf bij elke letter de naam van de stap.

✓ 1 D vraag; 2 B hypothese; 3 E proef; 4 A waarneming; 5 C besluit.

b Welke variabele houdt Ilias gelijk? Noem er twee.

✓ Bijvoorbeeld: de hoeveelheid water (100 mL), het soort klontje, niet roeren.

2.2 Welke variabele is welke?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Duid bij elke onderzoeksvraag de variabelen aan.

Vul de tabel in.

✓ (a) onafhankelijk: valhoogte; afhankelijk: valtijd; gelijk: dezelfde bal, op dezelfde manier loslaten (zonder duwen), dezelfde ondergrond.
(b) onafhankelijk: watertemperatuur; afhankelijk: tijd tot opgelost; gelijk: hetzelfde soort tablet, evenveel water, niet roeren.
(c) onafhankelijk: hoeveelheid water per dag; afhankelijk: lengte na 7 dagen; gelijk: licht, temperatuur, soort zaad, potgrond.
(d) onafhankelijk: aantal kniebuigingen; afhankelijk: hartslag (slagen per minuut); gelijk: dezelfde persoon, hetzelfde tempo, meteen na de oefening meten.

2.3 Waarneming of interpretatie?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Schrijf W (waarneming) of I (interpretatie).

a Vul de tabel in.

✓ (a) W, (b) I, (c) W, (d) I, (e) W, (f) I, (g) W, (h) I.

b Kies (h). Geef twee andere interpretaties die bij waarneming (g) passen.

✓ Bijvoorbeeld: de batterij is leeg; er zit ergens een draad los; de schakelaar is defect.

2.4 Gemiddelde en bereik

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Bereken telkens het gemiddelde (afgerond zoals de metingen) en het bereik. Vergeet de eenheid niet.

a Valtijden van een helikopter: 1,42 s; 1,38 s; 1,45 s; 1,40 s; 1,44 s.

✓ Som $7{,}09\,\text{s}$; gemiddelde $7{,}09/5 = 1{,}418 \approx 1{,}42\,\text{s}$; bereik $1{,}45 - 1{,}38 = 0{,}07\,\text{s}$.

b Lengte van zes tuinkersplantjes: 34 mm; 41 mm; 38 mm; 29 mm; 36 mm; 40 mm.

✓ Som $218\,\text{mm}$; gemiddelde $218/6 = 36{,}33\ldots \approx 36\,\text{mm}$; bereik $41 - 29 = 12\,\text{mm}$.

c Hartslag van een leerling in rust, vier keer gemeten: 72, 75, 71 en 74 slagen per minuut.

✓ Som 292; gemiddelde $292/4 = 73$ slagen per minuut; bereik $75 - 71 = 4$ slagen per minuut.

2.5 Van vraag naar hypothese

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Schrijf bij elke onderzoeksvraag een hypothese in de vorm 'Als ..., dan ..., omdat ...'.

a Hoe hangt de hoogte waartoe een bal opstuit af van de hoogte waarvan je hem laat vallen?

Bijvoorbeeld: 'Als ik de bal van hoger laat vallen, dan stuit hij hoger op, omdat hij de grond met een grotere snelheid raakt.'

b Smelt een ijsblokje sneller op een metalen plaat of op een houten plank?

Bijvoorbeeld: 'Als ik het ijsblokje op metaal leg, dan smelt het sneller dan op hout, omdat metaal warmte beter geleidt.' (Dat klopt: metaal voelt kouder aan, maar voert juist sneller warmte naar het ijs.)

c Kiemen boontjes sneller in het licht of in het donker?

Bijvoorbeeld: 'Als boontjes in het licht staan, dan kiemen ze sneller, omdat planten licht nodig hebben.' Deze hypothese blijkt meestal fout: bonen kiemen ook in het donker, want in het begin halen ze hun voedsel uit de voorraad in het zaad. Licht hebben ze pas nodig als ze bladeren maken. Een weerlegde hypothese is ook een resultaat.

Toepassen

Toepassen · meerdere stappen, in een context

2.6 Eerlijk of niet?

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Drie leerlingen beschrijven hun proef.
(a) Jonas test welk papier het sterkst is. Hij hangt gewichtjes aan een strook krantenpapier van 2 cm breed en aan een strook printerpapier van 4 cm breed, tot de strook scheurt.
(b) Amira test of zout water later bevriest dan kraantjeswater. Ze zet twee dezelfde bekertjes met elk 100 mL water, één met twee theelepels zout, naast elkaar in de diepvries en kijkt elk kwartier.
(c) Mats wil weten of zijn nieuwe voetbalschoenen hem sneller maken. Hij loopt 's ochtends 50 m met zijn oude schoenen en 's avonds, na de training, 50 m met de nieuwe.

a Is proef (a) eerlijk? Welke variabele is niet gecontroleerd? Verbeter.

Niet eerlijk: de breedte verschilt (2 cm tegenover 4 cm). Verbeter: twee stroken van dezelfde breedte en lengte, liefst meerdere stroken per soort.

b Is proef (b) eerlijk? Leg uit.

Eerlijk: zelfde bekers, zelfde hoeveelheid water, zelfde plaats; alleen het zout verschilt. Nog beter: meerdere bekertjes per soort.

c Is proef (c) eerlijk? Noem minstens twee problemen en verbeter.

Niet eerlijk: 's avonds is Mats moe van de training (vermoeidheid verschilt), het tijdstip en misschien de wind verschillen, en hij meet maar één keer. Verbeter: dezelfde dag, uitgerust, afwisselend oude en nieuwe schoenen, elk minstens drie keer, en iemand anders meet de tijd.

2.7 Onderzoekbaar maken

Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

Deze vragen zijn te vaag om te onderzoeken. Maak er een onderzoeksvraag van met een meetbare afhankelijke variabele.

a Is een zwaardere papieren vlieger beter?

Bijvoorbeeld: 'Hoe hangt de vliegafstand van een papieren vliegtuigje af van het aantal paperclips aan de neus?'

b Welk isolatiemateriaal is het beste?

- Bijvoorbeeld: 'Hoeveel graden koelt 200 mL water van 60 °C af in 20 minuten in een beker omwikkeld met wol, piepschuim of aluminiumfolie?'

c Welk merk batterijen is het best?

- Bijvoorbeeld: 'Hoe lang brandt dezelfde ledzaklamp met batterijen van merk A, B en C, tot het licht uitgaat?'

d Kies een van je vragen. Noem de onafhankelijke en de afhankelijke variabele en drie gecontroleerde variabelen.

- Voor de isolatievraag: onafhankelijk: het isolatiemateriaal; afhankelijk: de temperatuurdaling na 20 minuten (°C); gelijk: hoeveelheid water, begintemperatuur, dezelfde bekers, dikte van de laag, kamertemperatuur.

2.8 Labo: papieren helikopter en paperclips

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Onderzoek hoe de valtijd van een papieren helikopter afhangt van het aantal paperclips aan de romp. Gebruik de bouwplaat uit het handboek met vleugellengte $L = 8\,\text{cm}$. Test met 1, 2, 3 en 4 paperclips.

a Schrijf je onderzoeksvraag en je hypothese.

- 'Hoe hangt de valtijd van een papieren helikopter af van het aantal paperclips?' Bijvoorbeeld: 'Als er meer paperclips aan hangen, dan valt hij sneller, omdat hij zwaarder is.'

b Noteer de onafhankelijke, de afhankelijke en minstens drie gecontroleerde variabelen.

- Onafhankelijk: aantal paperclips; afhankelijk: valtijd (s); gelijk: dezelfde helikopter, valhoogte 2,00 m, zelfde persoon laat los en meet, geen tocht.

c Meet vijf worpen per aantal paperclips en bereken het gemiddelde en het bereik.

- Eigen metingen. Typisch dalen de gemiddelden met elk extra paperclip, bijvoorbeeld van ongeveer 1,6 s naar ongeveer 1,1 s; het bereik ligt rond 0,1 s.

d Zet de gemiddelden in een grafiek: aantal paperclips horizontaal, valtijd verticaal.

- Een dalende reeks punten (geen rechte lijn door de oorsprong: ook zonder extra paperclips valt hij niet oneindig traag).

e Schrijf je besluit. Is je hypothese bevestigd of weerlegd?

- Meestal: meer paperclips, kortere valtijd; de hypothese is bevestigd.

f Bespreking: wat maakte je metingen onzeker, en hoe zou je dat verbeteren?

- Reactietijd bij de stopwatch, ongelijk loslaten, tocht. Verbeteren: grotere valhoogte, filmen, meer worpen, een tweede persoon die ook meet.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Meetbare vraag; hypothese met reden.
Eerlijke proef	Alleen het aantal paperclips verandert; valhoogte, loslaten en meten zijn gelijk.
Metingen	Vijf worpen per situatie, eenheden, gemiddelde en bereik correct.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, punten nauwkeurig.
Besluit en bespreking	Beantwoordt de vraag; noemt echte bronnen van onzekerheid en verbeteringen.

2.9 Een uitschieter

Toepassen · 3 · Analyseren · 12 min

Ruben meet 's middags zes keer de temperatuur van het water in het reservoir van de meetkas, met een digitale thermometer: 18,4; 18,6; 18,5; 24,9; 18,3; 18,5 °C. Hij vertelt dat hij de voeler vóór de vierde meting even in de zon op de vensterbank had gelegd.

a. Welke meting is een uitschieter? Hoe verklaar je ze?

De vierde (24,9 °C). De voeler was door de zon opgewarmd en had nog niet de temperatuur van het water aangenomen.

b. Bereken het gemiddelde met alle zes metingen.

$117{,}2/6 = 19{,}53\ldots \approx 19{,}5\,^\circ\mathrm{C}$.

c. Bereken het gemiddelde zonder de uitschieter.

$92{,}3/5 = 18{,}46 \approx 18{,}5\,^\circ\mathrm{C}$.

d. Welk gemiddelde noteert Ruben, en wat schrijft hij in zijn verslag?

18,5 °C. In het verslag: 'Meting 4 (24,9 °C) is weggelaten: de voeler was vooraf opgewarmd in de zon.' Wie het verslag leest, kan zo zelf oordelen.

2.10 Eén meting bewijst niets

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Twee groepen testen of een meststof tuinkers langer maakt. Groep 1 meet één plantje met meststof (46 mm) en één zonder (41 mm), en besluit: 'Meststof helpt.' Groep 2 meet acht plantjes per bakje. Met meststof: 38, 44, 41, 36, 47, 40, 43, 39 mm. Zonder: 42, 37, 45, 40, 39, 44, 36, 41 mm.

a. Waarom is het besluit van groep 1 niet te vertrouwen?

Eén plantje per groep: het verschil van 5 mm kan toeval zijn, want plantjes verschillen van nature. Groep 2 toont dat plantjes in hetzelfde bakje tot 11 mm verschillen.

b. Bereken voor groep 2 het gemiddelde en het bereik van beide bakjes.

Met meststof: som 328, gemiddelde $328/8 = 41{,}0\,\mathrm{mm}$, bereik $47 - 36 = 11\,\mathrm{mm}$. Zonder: som 324, gemiddelde $324/8 = 40{,}5\,\mathrm{mm}$, bereik $45 - 36 = 9\,\mathrm{mm}$.

c. Wat besluit groep 2? Vergelijk het verschil tussen de gemiddelden met het bereik.

Het verschil tussen de gemiddelden (0,5 mm) is veel kleiner dan het bereik binnen elk bakje (9 tot 11 mm). Er is geen duidelijk effect van de meststof; het verschil kan toeval zijn.

d. Hoe kan groep 2 haar onderzoek nog sterker maken?

Meer plantjes en meer bakjes per groep, langer laten groeien, de proef herhalen, de bakjes van plaats wisselen.

Uitdagen

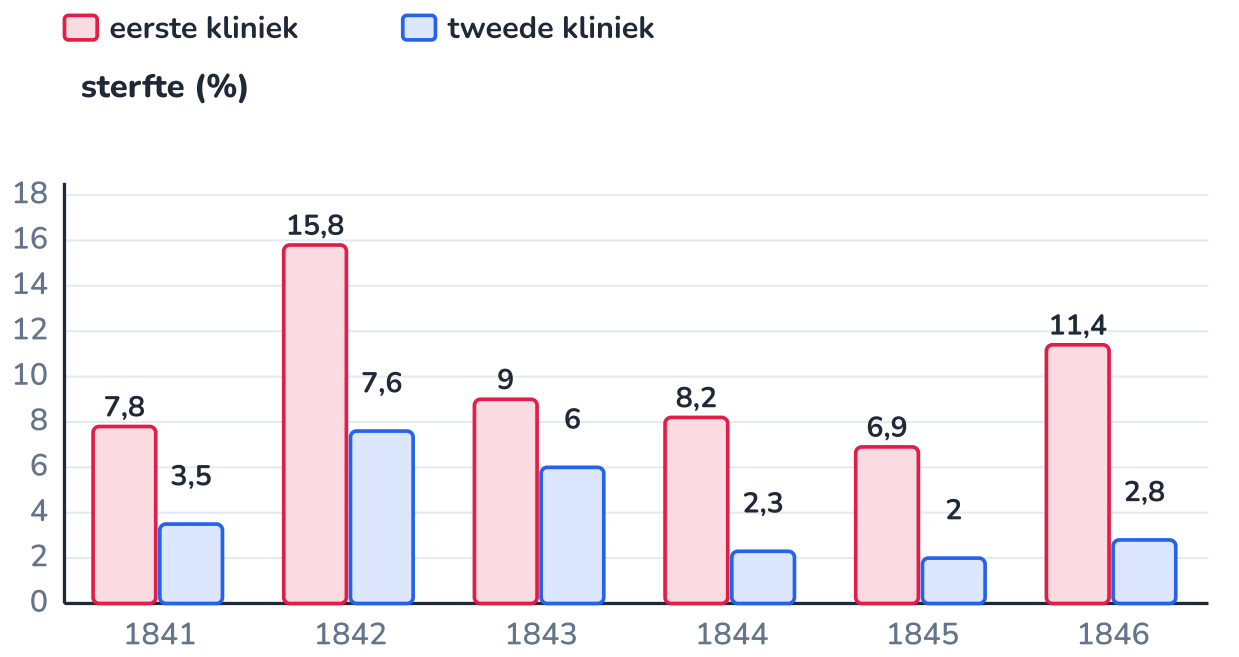
transfer, open problemen, leerlijnen combineren

2.11 Semmelweis en de handen

Uitdagen · 4 · Analyseren · 30 min

In het grote ziekenhuis van Wenen waren rond 1845 twee kraamklinieken. In de eerste werkten artsen en geneeskundestudenten, die ook lijken ontleedden. In de tweede werkten vroedvrouwen in opleiding,

die geen lijken ontleedden. Zwangere vrouwen werden om beurten, een dag de ene en een dag de andere kliniek, opgenomen. Veel moeders stierven na de bevalling aan kraamvrouwenkoorts. De arts **Ignaz Semmelweis** verzamelde de cijfers (grafiek). In 1847 stierf zijn collega Jakob Kolletschka nadat hij zich tijdens een lijkschouwing met een scalpel had gesneden, met dezelfde verschijnselen als de moeders. Semmelweis vermoedde dat de artsen 'deeltjes van lijken' op hun handen meedroegen. Vanaf mei 1847 moest iedereen in de eerste kliniek zijn handen wassen in een oplossing van chloorkalk voor hij een vrouw onderzocht. In 1848 stierf in beide klinieken ongeveer 1,3 % van de moeders.



Percentage moeders dat stierf aan kraamvrouwenkoorts, per jaar en per kliniek (vóór het handen wassen).

a Wat is in de vergelijking van Semmelweis de onafhankelijke en wat de afhankelijke variabele?

✓ Onafhankelijk: de kliniek (artsen en studenten die lijken ontleden, of vroedvrouwen). Afhankelijk: het percentage moeders dat stierf.

b Van 1841 tot 1846 bevielen in de eerste kliniek 20 042 vrouwen, van wie er 1989 stierven; in de tweede 17 791, van wie 691. Bereken het sterftepercentage over de zes jaar voor elke kliniek.

✓ Eerste: $1989/20\,042 \times 100 \approx 9{,}9\,\%$. Tweede: $691/17\,791 \times 100 \approx 3{,}9\,\%$. In de eerste kliniek stierven er ongeveer 2,5 keer zoveel.

c Waarom is de vergelijking tussen de twee klinieken redelijk eerlijk? Welk verschil tussen beide was volgens Semmelweis de oorzaak?

✓ Zelfde ziekenhuis, zelfde periode, en de vrouwen werden om beurten per dag opgenomen: de moeders in beide klinieken waren dus vergelijkbaar. Het grote verschil: in de eerste kliniek kwamen de artsen en studenten van de lijkschouwingen.

d Waarneming of interpretatie? (1) 'In 1846 stierf in de eerste kliniek 11,4 % van de moeders.' (2) 'De artsen brengen iets van de lijken over naar de moeders.' (3) 'Na het handen wassen daalde de sterfte in de eerste kliniek.'

✓ (1) waarneming, (2) interpretatie, (3) waarneming.

e In 1848 was de sterfte in beide klinieken gelijk. Waarom steunt juist dat zijn hypothese? Wat zou je nog willen controleren?

✓ Het verschil tussen de klinieken, dat jarenlang bestond, verdween toen alleen het handen wassen veranderde. Dat past bij de hypothese. Controleren: veranderde er in 1847-1848 nog iets anders (andere artsen, minder patiënten, andere werkwijzen)? Werd het wassen echt altijd gedaan? Veel artsen geloofden hem toen niet, onder meer omdat niemand nog wist dat micro-organismen ziektes veroorzaken; dat toonden onder anderen Louis Pasteur en Robert Koch pas enkele decennia later aan.

2.12 Van Helmont, opnieuw bekeken

Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Lees het verhaal over Van Helmont in het handboek opnieuw. Zijn cijfers: wilg bij de start 5 pond, na vijf jaar 169 pond en 3 ounces; gedroogde aarde bij de start 200 pond, na vijf jaar 200 pond min ongeveer 2 ounces. Eén pond telde 16 ounces.

a Hoeveel pond is de wilg zwaarder geworden? (3 ounces = 3/16 pond.)

✓ $169 + 3/16 - 5 = 164{,}1875 \approx 164{,}2$ pond.

b Hoeveel pond aarde is er verdwenen? Welk percentage van de massatoename van de boom kan hoogstens uit de aarde komen?

✓ 2 ounces $= 2/16 = 0{,}125$ pond. Hoogstens $0{,}125/164{,}19 \times 100 \approx 0{,}08\,\%$: minder dan een tiende procent.

c Wat was Van Helmonts waarneming, en wat was zijn interpretatie?

✓ Waarneming: de boom werd 164 pond zwaarder terwijl de aarde bijna niets verloor. Interpretatie: de massa komt van het water alleen.

d Welke variabelen hield hij bewust onder controle? Welke input vergat hij?

✓ Onder controle: de aarde gedroogd en gewogen, de pot afgedekt tegen stof, alleen regen- of gedestilleerd water. Vergeten: de lucht, met koolstofdioxide, waaruit het grootste deel van de droge massa komt.

e Beschrijf (in woorden of met een schets) een eerlijke proef om te testen of een plant iets uit de lucht nodig heeft om te groeien.

✓ Bijvoorbeeld: twee identieke plantjes in twee afgesloten doorzichtige bokalen, evenveel licht, water en grond. In de ene bokaal zit ook een schaaltje met een stof die koolstofdioxide uit de lucht haalt (je leraar kan die voorzien), in de andere niet (controlegroep). Na een week of twee vergelijk je de groei of de massa. Liefst meerdere bokalen per groep.

2.13 Habitat: wat heeft een plant nodig om snel te groeien?

Uitdagen · 3 · Habitat · 45 min

In de meetkas voer je later een echte groeiproef uit (hoofdstuk 27 en 33). Nu schrijf je het onderzoeksplan. Kies één factor die je onderzoekt: licht (uren per dag), water (mL per dag), temperatuur, meststof, of de afstand tot de ledstrip.

a Schrijf je onderzoeksvraag in de vorm 'Hoe hangt … af van …?'.

✓ Bijvoorbeeld: 'Hoe hangt de lengte van tuinkers na 7 dagen af van de afstand tot de ledstrip?'

b Schrijf je hypothese in de vorm 'als …, dan …, omdat …'.

✓ Bijvoorbeeld: 'Als de afstand tot de ledstrip kleiner is, dan groeit de tuinkers sneller, omdat ze meer licht krijgt.'

c Vul de variabelen in.

✓ Onafhankelijk: afstand tot de ledstrip (10, 20 en 30 cm). Afhankelijk: lengte na 7 dagen (mm). Gecontroleerd: zaad van hetzelfde pakje, 20 mL water per bakje per dag met een maatspuit, dezelfde soort watten, zelfde aantal uren licht.

d Hoeveel plantjes of bakjes per groep neem je, en waarom? Wanneer en hoe meet je (instrument, eenheid)?

✓ Bijvoorbeeld: drie bakjes per afstand, en per bakje tien willekeurige plantjes meten, omdat plantjes van nature verschillen. Na 7 dagen, 's ochtends, met een lat in millimeter.

e Ontwerp de lege resultatentabel (kolommen met grootheid en eenheid).

✓ Kolommen bijvoorbeeld: afstand (cm) | bakje | lengte plantje 1 … 10 (mm) | gemiddelde (mm) | bereik (mm).

f Welke gecontroleerde variabele wordt in de kas het moeilijkst gelijk te houden? Hoe los je dat op?

> Bijvoorbeeld de temperatuur: vlak bij het glas is het warmer of kouder dan in het midden, en een ledstrip geeft ook warmte. Oplossing: de bakjes elke dag van plaats wisselen en de temperatuur bij elk bakje meten en noteren.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Meetbaar, één factor, hypothese met reden.
Eerlijke proef	Alleen de gekozen factor verschilt; minstens drie gecontroleerde variabelen, concreet beschreven.
Herhaling	Meerdere plantjes of bakjes per groep, met uitleg.
Meetplan	Wat, wanneer, met welk instrument en in welke eenheid.
Praktisch	Een realistisch probleem in de kas benoemd, met een oplossing.

2.14 Onderzoek: de snelste smelter

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 60 min

Onderzoek zelf een factor die bepaalt hoe snel een ijsblokje smelt. Kies één onafhankelijke variabele: de ondergrond (metaal, hout, kunststof), zout erop of niet, of de grootte van het blokje. Werk volledig eerlijk en schrijf een kort verslag.

a Onderzoeksvraag en hypothese.

> Bijvoorbeeld: 'Hoe hangt de smelttijd van een ijsblokje af van de ondergrond (aluminium, hout, kunststof)?' Hypothese met reden, bv. over warmtegeleiding.

b Materiaal en werkwijze, met de variabelen die je gelijk houdt.

> Blokjes uit dezelfde ijsblokjesvorm, even lang in de diepvries; alle platen even lang op kamertemperatuur; tegelijk starten; tijd meten tot er geen vast ijs meer is.

c Resultaten: tabel met herhalingen en gemiddelden.

> Eigen metingen. Typisch smelt ijs het snelst op metaal (goede warmtegeleider) en veel trager op hout of kunststof; met zout gaat het ook sneller.

d Besluit en bespreking.

> Besluit beantwoordt de vraag; bespreking noemt onzekerheden (wanneer is het blokje 'gesmolten'?, niet even grote blokjes, tocht) en een nieuwe vraag.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Meetbaar; verwachting met reden.
Eerlijke proef	Eén variabele; blokjes uit dezelfde vorm, zelfde begintemperatuur en ruimte.
Herhalen	Minstens drie blokjes per situatie; gemiddelde berekend.
Verslag	Alle onderdelen; waarneming en interpretatie gescheiden.

2.15 Debat: 'Mijn opa rookte en werd 95'

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 20 min

Tijdens een discussie zegt iemand: 'Mijn opa rookte elke dag een pakje en werd 95. Roken is dus niet zo schadelijk als ze zeggen.'

a Waarom bewijst dit voorbeeld niet dat roken onschadelijk is? Gebruik woorden uit dit hoofdstuk.

> Het is één meting: één persoon. Mensen verschillen sterk, net als plantjes; één geval kan toevallig afwijken. Je hoort ook vooral de opvallende verhalen, niet die van de rokers die jong stierven.

b Welke gegevens heb je nodig om de vraag 'Is roken schadelijk?' wel eerlijk te onderzoeken?

Grote groepen rokers en niet-rokers die verder zoveel mogelijk vergelijkbaar zijn, jarenlang gevolgd, en het aantal ziektes en de leeftijd bij overlijden vergelijken. Zulke onderzoeken met honderdduizenden mensen tonen dat rokers veel vaker longkanker en hart- en vaatziekten krijgen en gemiddeld ongeveer tien jaar korter leven.

c Geef een voorbeeld uit reclame of sociale media waarin één geval als bewijs wordt gebruikt. Hoe zou je het eerlijk testen?

Bijvoorbeeld: 'Dankzij deze crème was mijn puistje in één nacht weg.' Eerlijk testen: veel mensen, de helft krijgt de crème en de helft een crème zonder werkzame stof (zonder te weten welke), en vergelijken.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Redenering	Gebruikt begrippen als herhalen, één meting, vergelijkingsgroep.
Voorbeeld	Een herkenbaar voorbeeld met een eerlijk testplan.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 3

Meten: grootheden en eenheden

Getal, eenheid en instrument: zo wordt een meting iets waar anderen op kunnen bouwen

Uitgewerkte oplossingen bij de 17 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

6× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 333 min

O Onderzoeken en meten · W Wiskundig modelleren



Meten tot op een tiende millimeter: het frame van de meetkas onder de schuifmaat.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen — één stap, direct toepassen

3.1 Grootheid, getal, eenheid

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Splits elk meetresultaat in zijn drie delen.

a Vul de tabel in.

✓ lengte, 1,85, m; massa, 250, g (een weegschaal meet massa); tijd, 125, min; temperatuur, 18,5, °C; volume, 1,5, L; elektrische stroomsterkte, 0,40, A.

b Wat is er mis met de zin 'Mijn bureau is 120 breed'? Geef twee manieren waarop je hem kan verbeteren.

✓ De eenheid ontbreekt: 120 wat? Bijvoorbeeld '120 cm breed' of '1,20 m breed'.

3.2 Voorvoegsels

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Gebruik de tabel met voorvoegsels uit het handboek.

a Vul de tabel in.

✓ kilo, k, × 1000; mega, M, × 1 000 000; milli, m, × 0,001; centi, c, × 0,01; deci, d, × 0,1; micro, µ, × 0,000 001.

b $4{,}7\,\text{MW} =$ _____ W

✓ $4{,}7 \times 1\,000\,000 = 4\,700\,000\,\text{W}$

c $250\,\text{mA} =$ _____ A

✓ $250 \times 0{,}001 = 0{,}250\,\text{A}$

d $3{,}3\,\text{k}\Omega =$ _____ Ω

✓ $3{,}3 \times 1000 = 3300\,\Omega$

e $2\,\mu\text{m} =$ _____ mm

✓ $2\,\mu\text{m} = 2 \times 0{,}000\,001\,\text{m} = 0{,}000\,002\,\text{m} = 0{,}002\,\text{mm}$

3.3 Omzetten: lengte, massa en inhoud

Oefenen · 1 · Rekenen · 12 min

Zet om met de eenhedentrap. Schrijf erbij hoeveel treden en in welke richting.

a $3{,}5\,\text{km} =$ _____ m

✓ 3 treden omlaag, × 1000: 3500 m

b $45\,\text{cm} =$ _____ m

✓ 2 treden omhoog, ÷ 100: 0,45 m

c $7\,\text{mm} =$ _____ cm

✓ 1 trede omhoog, ÷ 10: 0,7 cm

d $0{,}25\,\text{kg} =$ _____ g

✓ 3 treden omlaag, × 1000: 250 g

e $1500\,\text{mg} =$ _____ g

✓ 3 treden omhoog, ÷ 1000: 1,5 g

f $2{,}5\,\text{t} =$ _____ kg

✓ 1 t = 1000 kg: 2500 kg

g $330\,\text{mL} =$ _____ L

✓ 3 treden omhoog, ÷ 1000: 0,33 L

h $1{,}5\,\mathrm{L} =$ _____ cL

2 treden omlaag, × 100: 150 cL

i $12\,\mathrm{dL} =$ _____ L

1 trede omhoog, ÷ 10: 1,2 L

j $0{,}08\,\mathrm{m} =$ _____ cm

2 treden omlaag, × 100: 8 cm

3.4 Welk instrument?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Kies telkens het best passende instrument, de eenheid waarin je noteert en de kleinste stap die je kan aflezen.

Vul de tabel in.

munt: schuifmaat, mm, 0,1 mm (of 0,05 mm; digitaal 0,01 mm)
brief: keukenweegschaal of briefweger, g, 1 g
35 mL: maatcilinder van 50 of 100 mL, mL, 1 mL
thee: thermometer, °C, 1 °C (digitaal 0,1 °C)
slinger: stopwatch, s, 0,01 s op het scherm (maar je reactietijd is ongeveer 0,2 s)
klaslokaal: rolmeter (of laserafstandsmeter), m, 1 mm

3.5 Tijd is niet tiendelig

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Zet om. Schrijf een tussenstap op.

a 1,5 h = _____ min

$1{,}5 \times 60 = 90$ min

b 2 h 45 min = _____ min

$2 \times 60 + 45 = 165$ min

c 90 s = _____ min _____ s

90 s = 60 s + 30 s = 1 min 30 s

d 0,25 h = _____ min

$0{,}25 \times 60 = 15$ min

e 200 min = _____ h _____ min

$200 = 3 \times 60 + 20$: 3 h 20 min

f 0,1 h = _____ min

$0{,}1 \times 60 = 6$ min

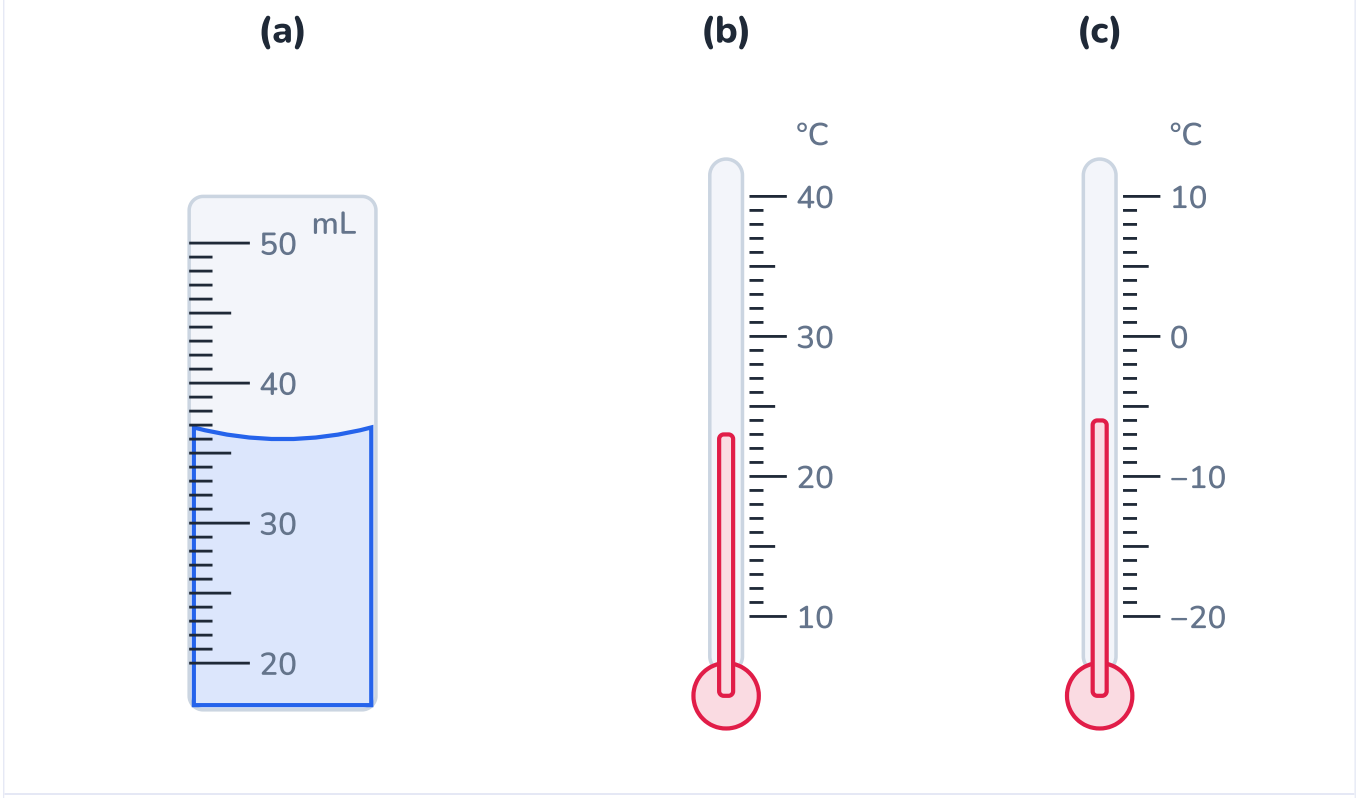
g 1 dag = _____ s

$24 \times 60 \times 60 = 86\,400$ s

3.6 Aflezen: maatcilinder en thermometer

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Lees elk instrument af, met eenheid. Neem aan dat je op ooghoogte kijkt.



(a) maatcilinder met streepjes per mL; (b) en (c) thermometers met streepjes per °C.

a (a) Hoeveel water zit er in de maatcilinder?

✓ 36 mL (onderkant van de meniscus).

b (b) Welke temperatuur wijst de thermometer aan?

✓ 23 °C.

c (c) Welke temperatuur wijst deze thermometer aan (in een diepvries)?

✓ −6 °C: het vloeistofdraadje staat 6 streepjes onder de 0.

d Wat is bij elk van de drie instrumenten de kleinste stap?

✓ 1 mL en twee keer 1 °C.

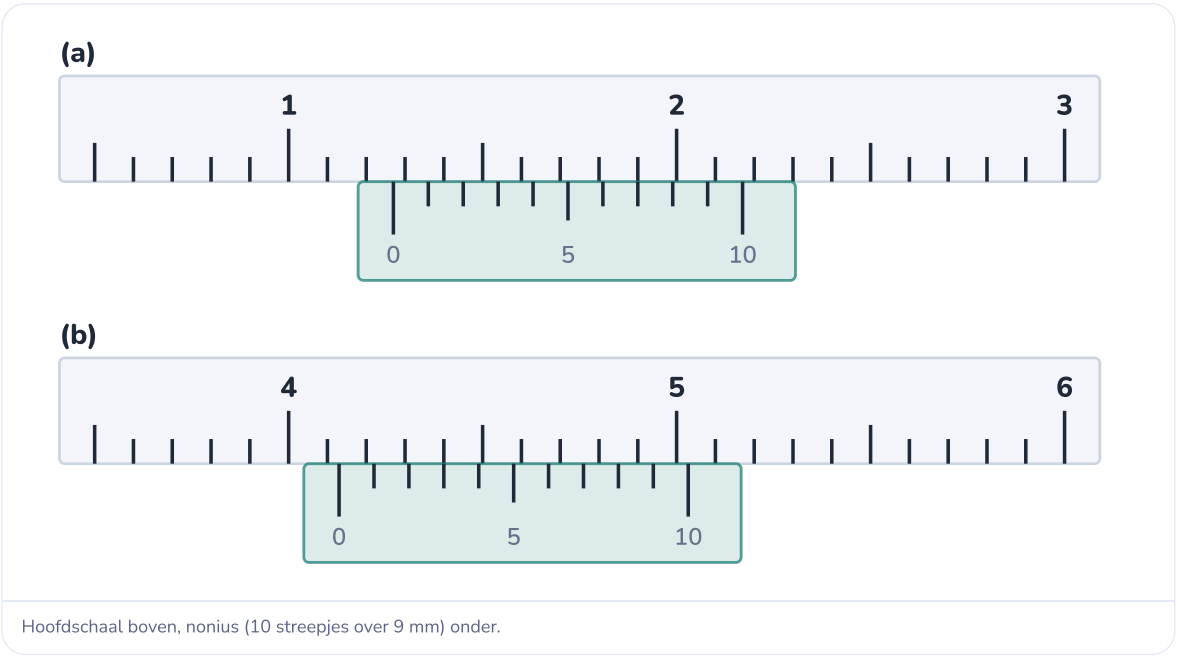
Toepassen — Toepassen

meerdere stappen, in een context

3.7 Aflezen: de schuifmaat

Toepassen · 2 · Begrijpen · 12 min

Lees beide schuifmaten af tot op 0,1 mm. De cijfers op de hoofdschaal staan in cm.



Hoofdschaal boven, nonius (10 streepjes over 9 mm) onder.

a (a) Welke lengte lees je af? Welk nonius-streepje valt samen?

✓ 12,7 mm: de nul staat tussen 12 en 13 mm, streepje 7 valt samen (met 19 mm).

b (b) Welke lengte lees je af? Welk nonius-streepje valt samen?

✓ 41,3 mm: de nul staat tussen 41 en 42 mm, streepje 3 valt samen (met 44 mm).

c Een leerling leest bij (a) 13,7 mm af. Welke fout maakte hij?

✓ Hij las het eerste streepje van de hoofdschaal *rechts* van de nul (13 mm) in plaats van links (12 mm).

3.8 Oppervlakte en volume omzetten

Toepassen · 2 · Rekenen · 12 min

Let op: oppervlakte × 100 per trede, volume × 1000 per trede.

a $1\,\text{m}^2 =$ _____ cm²

✓ $10\,000\,\text{cm}^2$

b $0{,}72\,\text{m}^2 =$ _____ cm²

✓ $7200\,\text{cm}^2$

c $4500\,\text{cm}^2 =$ _____ m²

✓ $0{,}45\,\text{m}^2$

d $3\,\text{ha} =$ _____ m²

✓ $30\,000\,\text{m}^2$

e $2{,}5\,\text{L} =$ _____ mL = _____ cm³

✓ $2500\,\text{mL} = 2500\,\text{cm}^3$

f $30\,000\,\text{cm}^3 =$ _____ L

✓ $30\,\text{dm}^3 = 30\,\text{L}$

g $0{,}6\ \text{m}^3 =$ _____ L

✓ $600\ \text{dm}^3 = 600\ \text{L}$

h $250\ \text{mL} =$ _____ dm³

✓ $250\ \text{cm}^3 = 0{,}25\ \text{dm}^3$

3.9 Parallax en de spiegel

Toepassen · 3 · Begrijpen · 12 min

Drie leerlingen lezen dezelfde maatcilinder af. Aya leest 47 mL, Bram 45 mL en Chloé 43 mL. Eén van hen keek op ooghoogte, één van boven en één van onder.

a Wie keek van boven, wie van onder? Leg uit.

✓ Van boven lees je te veel af: Aya (47 mL). Van onder te weinig: Chloé (43 mL). Bram keek op ooghoogte.

b Wat is de juiste waarde? Hoe kan je dat zeker weten?

✓ 45 mL, de middelste. Zeker weten: zelf op ooghoogte kijken, met het oog op de hoogte van de onderkant van de meniscus.

c Sommige meters met een wijzer hebben een spiegelstrookje achter de naald. Hoe helpt dat tegen parallax?

✓ Als je recht voor de naald kijkt, verbergt de naald haar eigen spiegelbeeld. Zie je het spiegelbeeld naast de naald, dan kijk je schuin: beweeg je hoofd tot ze samenvallen.

3.10 Zinvol afronden

Toepassen · 2 · Rekenen · 12 min

Rond af en noteer zinvol.

a Rond af op 1 decimaal: 3,456 → _____; 2,95 → _____; 12,04 → _____

✓ 3,5; 3,0; 12,0

b Rond af op 2 decimalen: 12,349 → _____; 0,0467 → _____

✓ 12,35; 0,05

c Welke meting is het preciest: 1,2 m, 1,20 m of 120,0 cm? Leg uit.

✓ 120,0 cm: gemeten tot op 1 mm. 1,20 m is gemeten tot op 1 cm, 1,2 m tot op 1 dm.

d Een lat van 100 cm (gemeten tot op 1 mm: 100,0 cm) wordt in drie gelijke stukken gezaagd. De rekenmachine toont 33,333333. Wat noteer je?

✓ 100,0 cm heeft vier cijfers, dus 33,33 cm. Maar zagen en nameten kan je met een lat maar tot op 1 mm: in de praktijk noteer je 33,3 cm.

e Een leerling meet een doos: 24,6 cm, 15,2 cm en 8,4 cm. De rekenmachine toont voor het volume 3140,928. Wat noteer je?

✓ De meting met de minste cijfers is 8,4 cm (twee cijfers). Geef het volume dus met twee cijfers: ongeveer $3100\ \text{cm}^3$, duidelijker geschreven als $3{,}1\ \text{dm}^3 = 3{,}1\ \text{L}$.

3.11 Meet veel en deel

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Soms is één exemplaar te klein om nauwkeurig te meten. Dan meet je er veel samen.

a. Op een pak printpapier staat '500 vel'. Het pak is 5,2 cm dik. Hoe dik is één blad, in mm?

✓ $5{,}2\,\text{cm} = 52\,\text{mm}$; $52/500 = 0{,}104\,\text{mm} \approx 0{,}10\,\text{mm}$.

b. 100 rijstkorrels wegen samen 2,1 g. Wat is de massa van één korrel, in g en in mg?

✓ $2{,}1/100 = 0{,}021\,\text{g} = 21\,\text{mg}$.

c. Uit een pipet vallen 20 druppels in een maatcilinder: samen 1,0 mL. Wat is het volume van één druppel, in mL en in mm³?

✓ $1{,}0/20 = 0{,}05\,\text{mL} = 0{,}05\,\text{cm}^3 = 50\,\text{mm}^3$ (1 cm³ = 1000 mm³).

d. Tien schommelingen van een slinger duren samen 14,2 s. Hoe lang duurt één schommeling? Waarom is dit nauwkeuriger dan één schommeling meten?

✓ $14{,}2/10 = 1{,}42$ s. Je reactietijd bij starten en stoppen (ongeveer 0,2 s) maak je maar één keer, en die fout wordt ook door 10 gedeeld: per schommeling nog ongeveer 0,02 s.

3.12 De meetkas in vierkante meter

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

De meetkas heeft een grondvlak van 1,20 m op 0,60 m en rechte wanden van 0,80 m hoog, met een plat dak. De vier wanden en het dak worden gemaakt uit platen polycarbonaat van 1,00 m op 2,00 m.

a. Bereken de oppervlakte van de twee lange wanden, de twee korte wanden en het dak.

✓ Lange wand: $1{,}20 \times 0{,}80 = 0{,}96\,\text{m}^2$ (twee: $1{,}92\,\text{m}^2$). Korte wand: $0{,}60 \times 0{,}80 = 0{,}48\,\text{m}^2$ (twee: $0{,}96\,\text{m}^2$). Dak: $1{,}20 \times 0{,}60 = 0{,}72\,\text{m}^2$.

b. Hoeveel m² polycarbonaat heb je in totaal nodig?

✓ $1{,}92 + 0{,}96 + 0{,}72 = 3{,}60\,\text{m}^2$.

c. Hoeveel platen heb je minstens nodig als je alleen naar de oppervlakte kijkt?

✓ Eén plaat is $2{,}00\,\text{m}^2$; $3{,}60/2{,}00 = 1{,}8$: minstens 2 platen.

d. Teken hoe je de stukken uit de platen zaagt. Lukt het met dat aantal platen? Zo niet, hoeveel heb je nodig?

✓ Het lukt niet met 2. De twee lange wanden (1,20 × 0,80) en het dak (1,20 × 0,60) hebben elk een zijde van 1,20 m, die langs de 2,00 m van een plaat moet liggen. Twee zulke stukken kunnen niet in één plaat: naast elkaar zijn ze te breed (0,80 + 0,60 = 1,40 m, of meer), achter elkaar te lang (2,40 m). Je hebt dus 3 platen nodig; in elke plaat past naast het grote stuk nog een korte wand (0,60 × 0,80).

e. Hoeveel liter lucht zit er in de kas?

✓ $1{,}20 \times 0{,}60 \times 0{,}80 = 0{,}576\,\text{m}^3 = 576\,\text{L}$.

3.13 Labo: meten met de schuifmaat

Toepassen · 3 · Labo · 40 min

Meet de diameter en de dikte van drie euromunten met de schuifmaat, telkens op drie plaatsen. Officiële maten: 10 cent: diameter 19,75 mm, dikte 1,93 mm; 1 euro: 23,25 mm en 2,33 mm; 2 euro: 25,75 mm en 2,20 mm.

a Controleer eerst het nulpunt van je schuifmaat. Wat lees je af met gesloten bekken?

✓ 0,0 mm. Toont de schuifmaat iets anders, dan trek je die waarde van elke meting af (of corrigeer je de digitale schuifmaat met de nulknop).

b Meet en bereken de gemiddelden.

✓ Eigen metingen, bv. 1 euro: 23,2 mm; 23,3 mm; 23,2 mm, gemiddelde 23,2 mm.

c Vergelijk met de officiële maten. Hoeveel verschilt jouw gemiddelde? Welke verklaringen zijn er voor een verschil?

✓ Meestal hooguit 0,1 mm verschil. Verklaringen: afleesfout van 0,1 mm (of 0,05 mm), slijtage van oude munten, reliëf en de opstaande rand (de dikte hangt af van waar je meet), schuin gemeten.

d Welke munt is het dikst? Had je dat verwacht?

✓ De munt van 1 euro (2,33 mm) is dikker dan die van 2 euro (2,20 mm), hoewel ze minder waard is.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Werkwijze	Nulpunt gecontroleerd; munt recht tussen de bekken; niet geknepen.
Metingen	Tot op 0,1 mm (of 0,05 mm), met eenheid; gemiddelde correct afgerond.
Vergelijking	Verschil berekend en verklaard (slijtage, rand en reliëf, afleesfout).

●●● Uitdagen — Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

3.14 Habitat: het waterreservoir kiezen

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

In de meetkas komen 12 plantjes die elk ongeveer 150 mL water per dag verbruiken. De kas moet twee weken (14 dagen) zonder bijvullen kunnen. Het reservoir komt onder de plantentafel, waar een ruimte is van 54 cm breed, 40 cm diep en 28 cm hoog. Het pompje moet altijd minstens 3 cm onder water staan: de onderste 3 cm water kan je dus niet gebruiken. Er zijn drie bakken te koop:
A: binnenmaten 40 × 30 × 25 cm, buitenmaten 42 × 32 × 26 cm
B: binnenmaten 35 × 25 × 20 cm, buitenmaten 37 × 27 × 21 cm
C: binnenmaten 50 × 30 × 30 cm, buitenmaten 52 × 32 × 31 cm

a Hoeveel liter water verbruiken de planten samen per dag? En in 14 dagen?

✓ $12 \times 150\,\text{mL} = 1800\,\text{mL} = 1{,}8\,\text{L}$ per dag; $14 \times 1{,}8 = 25{,}2\,\text{L}$.

b Bereken voor elke bak het bruikbare volume in liter (de onderste 3 cm tellen niet mee).

✓ Bruikbare hoogte = binnenhoogte − 3 cm. A: $40 \times 30 \times 22 = 26\,400\,\text{cm}^3 = 26{,}4\,\text{L}$. B: $35 \times 25 \times 17 = 14\,875\,\text{cm}^3 \approx 14{,}9\,\text{L}$. C: $50 \times 30 \times 27 = 40\,500\,\text{cm}^3 = 40{,}5\,\text{L}$.

c Welke bakken passen onder de tafel? Gebruik de buitenmaten.

✓ A (42 × 32 × 26) en B (37 × 27 × 21) passen in 54 × 40 × 28. C niet: 31 cm is hoger dan 28 cm (ook gekanteld niet, want dan is een andere maat te groot).

d Welke bak kies je? Hoeveel volle dagen kan de kas ermee? Is dat een comfortabele marge? Wat zou je kunnen doen als het krap is?

✓ B is te klein (14,9 L < 25,2 L). A: $26{,}4 / 1{,}8 = 14{,}7$, dus 14 volle dagen: het haalt de twee weken net. De marge is klein: op een hete dag verbruiken planten meer. Mogelijkheden: de pomp zo plaatsen dat hij minder water onder zich nodig heeft, een tweede bak met een verbindingsslang, of voor een lange vakantie iemand laten bijvullen.

e Noteer in je portfolio: de maten van de kas (1,20 m × 0,60 m × 0,80 m) en de gekozen bak met zijn binnen- en buitenmaten.

✓ Bijvoorbeeld: kas 1,20 m × 0,60 m × 0,80 m; reservoir A, binnen 40 × 30 × 25 cm, buiten 42 × 32 × 26 cm, bruikbaar 26,4 L.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Eenheden omgezet (mL naar L, cm³ naar L); volumes correct; bruikbare hoogte gebruikt.
Past het?	Buitenmaten vergeleken met de ruimte, in alle drie de richtingen.
Keuze	Gemotiveerd met volume én afmetingen; marge besproken met een oplossing.
Portfolio	Maten met eenheid genoteerd.

3.15 Maak: een eigen maatbeker ijken

Uitdagen · 3 · Maken · 45 min

Voor de meetkas wil je snel water kunnen afmeten, zonder glazen maatcilinder. Je maakt een maatbeker uit een lege PET-fles van 1,5 L en je **ijkt** hem: je zet streepjes op bekende hoeveelheden, afgemeten met een maatcilinder.

a Snij de bovenkant van de fles af (vraag hulp, snij van je af). Giet telkens 50 mL water uit de maatcilinder erbij en zet een streepje met watervaste stift, tot 500 mL. Waarom giet je in stappen van 50 mL en niet in één keer 500 mL?

✓ Zo weet je waar elke tussenliggende hoeveelheid staat, ook onderaan waar de fles een andere vorm heeft. Met één keer 500 mL heb je maar één streepje.

b Test je maatbeker: meet drie hoeveelheden af met je maatbeker en controleer ze met de maatcilinder.

✓ Eigen metingen; een goed geijkte maatbeker zit typisch binnen 10 à 20 mL.

c Wat is de kleinste stap van je maatbeker? Hoe groot zijn de verschillen in je test?

✓ De kleinste stap is 50 mL (je kan een halve stap schatten: 25 mL). De verschillen zijn meestal kleiner dan een halve stap.

d Liggen de streepjes overal even ver uit elkaar? Verklaar.

✓ Nee. Onderaan heeft een PET-fles ribbels en een ronde bodem, dus minder ruimte per centimeter hoogte: daar liggen de streepjes verder uit elkaar. Waar de fles recht is, liggen ze op gelijke afstand. Daarom ijk je streepje per streepje en reken je niet uit.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ijken	Streepjes per 50 mL, afgemeten op ooghoogte met de onderkant van de meniscus.
Test	Drie controles met de maatcilinder, verschillen met eenheid.
Verklaring	Legt de ongelijke afstanden uit met de vorm van de fles.

3.16 Gimli: brandstof in pond

Uitdagen · 4 · Rekenen · 25 min

Lees het verhaal over de Boeing van Air Canada in het handboek. De cijfers van die dag: voor de vlucht was 22 300 kg brandstof nodig. De tanks bevatten al 7682 L. Eén liter van die brandstof heeft een massa van 0,803 kg. De bemanning rekende echter met 1,77, het aantal *pond* per liter, alsof het kilogram per liter was.

a Hoeveel kg brandstof zat er echt in de tanks voor het tanken?

✓ $7682\,\text{L} \times 0{,}803\,\text{kg/L} = 6168{,}6\,\text{kg} \approx 6169\,\text{kg}$.

b Hoeveel liter hadden ze moeten bijtanken om 22 300 kg aan boord te hebben?

✓ Nog nodig: $22\,300 - 6169 = 16\,131\,\text{kg}$. In liter: $16\,131 / 0{,}803 \approx 20\,089\,\text{L}$.

c Met de factor 1,77 rekenden ze: 7682 × 1,77 = 13 597 'kg' aan boord, dus nog 8703 'kg' nodig, of 8703 / 1,77 = 4917 L bijtanken. Hoeveel kg zat er na het tanken echt aan boord?

✓ $(7682 + 4917)\,\mathrm{L} = 12\,599\,\mathrm{L}$; $12\,599 \times 0{,}803 \approx 10\,117\,\mathrm{kg}$.

d Welk percentage van de nodige brandstof is dat?

✓ $10\,117 / 22\,300 \times 100 \approx 45\,\%$: minder dan de helft.

e Welke gewoonte uit dit hoofdstuk had deze fout kunnen voorkomen?

✓ Altijd de eenheid meeschrijven en meerekenen: 'kg per liter' of 'pond per liter'. Wie 7682 L × 1,77 lb/L schrijft, ziet dat de uitkomst in pond is en niet in kilogram.

3.17 Onderzoek: hoe nauwkeurig meet jij de tijd?

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 40 min

Een stopwatch toont honderdsten van een seconde, maar jij bedient hem. Hoe groot is je reactietijd? Meet het met de vallende-latproef: een partner houdt een lat van 30 cm verticaal, met de 0 onderaan tussen je duim en wijsvinger (die de lat nog niet raken). Zonder waarschuwing laat hij los; jij grijpt zo snel mogelijk. Je leest af hoeveel cm de lat viel. De tabel zet de valafstand om in tijd.

valafstand (cm)	5	10	15	20	25	30
reactietijd (s)	0,10	0,14	0,17	0,20	0,23	0,25

a Meet tien keer. Noteer de valafstand en zet om naar tijd (schat tussen de waarden in de tabel).

✓ Eigen metingen; typisch 12 tot 25 cm, dus 0,16 tot 0,23 s. (De tabel is berekend met de wet van de vrije val, die je in Intermediate leert.)

b Bereken je gemiddelde reactietijd en het bereik.

✓ Bijvoorbeeld gemiddeld 0,19 s, bereik 0,07 s.

c Wat betekent je resultaat voor een tijd die je met de stopwatch meet? Hoeveel cijfers na de komma zijn zinvol als je de valtijd van een papieren helikopter (ongeveer 1,5 s) meet?

✓ Je start- en stopmoment kunnen elk ongeveer een tiende seconde verschillen. Bij 1,5 s is het tweede cijfer na de komma dus niet betrouwbaar: 1,5 s of hooguit 1,52 s als gemiddelde van veel metingen.

d Bedenk twee manieren om een korte tijd nauwkeuriger te meten.

✓ Een langere tijd meten (10 schommelingen, grotere valhoogte) en delen; de gebeurtenis filmen en de beelden tellen; een sensor gebruiken (lichtsluis of microcontroller) die niet moet reageren zoals jij.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Metingen	Tien pogingen, omgezet met de tabel, met eenheid.
Verwerking	Gemiddelde en bereik correct.
Besluit	Koppelt de reactietijd aan het aantal zinvolle cijfers van een stopwatchmeting.
Verbeteringen	Twee realistische voorstellen.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 4

Tabellen, grafieken en verbanden

Van een rij getallen naar een beeld dat een verband toont, en weten hoe ver je dat beeld mag vertrouwen

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

6× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 344 min

W Wiskundig modelleren · O Onderzoeken en meten · A Data en AI



Een dag metingen uit de meetkas wordt één lijn op millimeterpapier.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

4.1 Wat is er mis met deze tabel?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Een leerling meet hoe een mok thee afkoelt. Dit zijn zijn notities:

Tijd	Temperatuur
0 min	85
2	80 °C
1	82,3
4	75 graden
3 min	77
300 s	73

a Noem vier afspraken voor een goede tabel die hier niet gevolgd zijn.

(1) In de kop ontbreken de grootheid-symbolen en de eenheden. (2) De eenheden staan in de cellen, en niet overal. (3) Er zijn twee eenheden van tijd (min en s) en twee schrijfwijzen van temperatuur (°C en graden). (4) De tijden staan niet in volgorde. (5) Het aantal cijfers is niet gelijk (82,3 tegenover 85). (6) Er is geen titel.

b Schrijf de tabel opnieuw volgens de afspraken.

Titel: Afkoelen van een mok thee. Kop: t (min) | T (°C). Rijen: 0 | 85; 1 | 82 (of alle waarden met één decimaal); 2 | 80; 3 | 77; 4 | 75; 5 | 73. (300 s = 5 min.)

4.2 Welke grootheid op welke as?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Je zet de resultaten van vier proeven in een grafiek.

a Vul in: welke grootheid komt horizontaal, welke verticaal? Schrijf ze zoals op de as, met eenheid.

(a) t (min) | T (°C). (b) m (g) | l (cm). (c) valhoogte (cm) | terugbotshoogte (cm). (d) U (V) | I (mA).

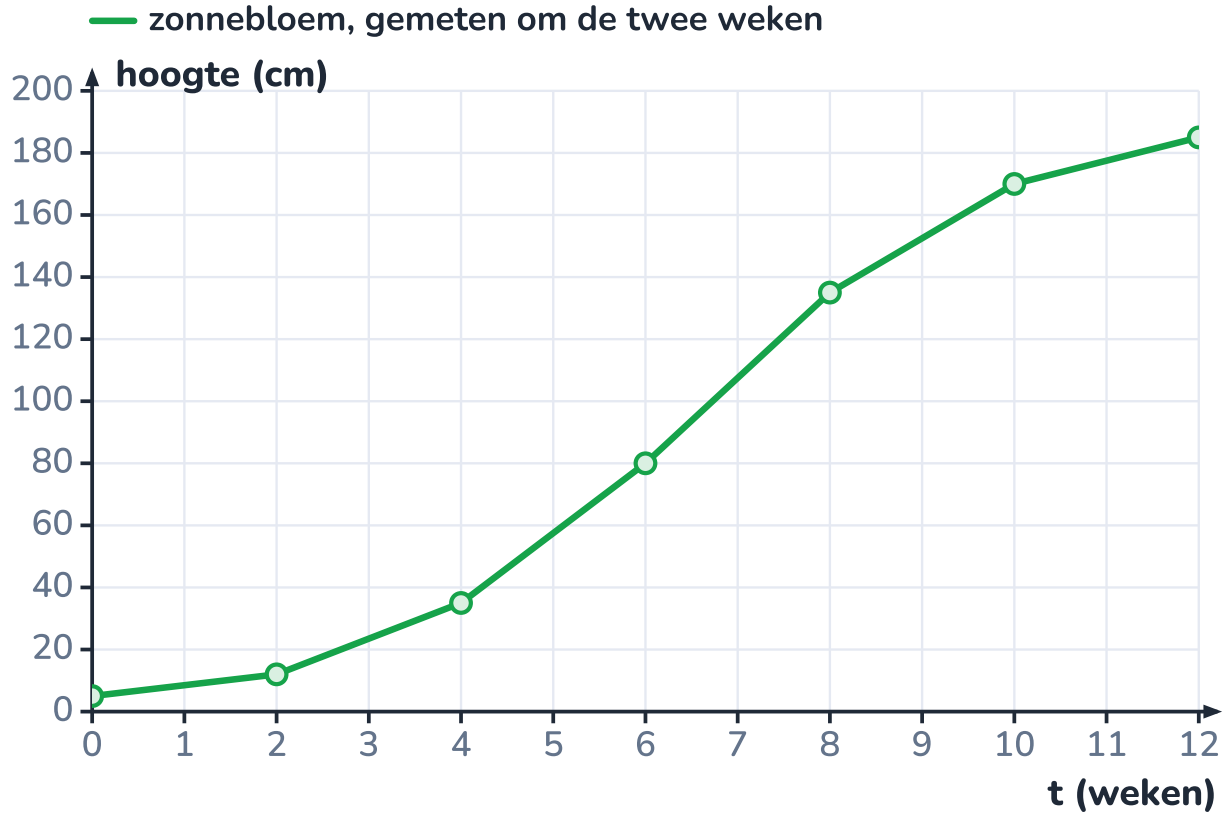
b Welke regel gebruikte je telkens?

Wat je zelf kiest of instelt (de onafhankelijke variabele) komt horizontaal, wat je meet (de afhankelijke variabele) verticaal.

4.3 Een grafiek aflezen

Oefenen · 1 · Analyseren · 12 min

Een leerling meet om de twee weken de hoogte van een zonnebloem in de schooltuin.



De meetpunten zijn met rechte stukjes verbonden.

a Hoe hoog was de zonnebloem na 4 weken? En na 10 weken?

✓ Na 4 weken 35 cm; na 10 weken 170 cm.

b Hoe hoog was ze na 7 weken, volgens de grafiek? Is dat interpoleren of extrapoleren?

✓ Halfweg tussen 6 weken (80 cm) en 8 weken (135 cm): ongeveer 107 à 108 cm. Dat is interpoleren: 7 weken ligt tussen twee metingen in.

c Na hoeveel weken was ze 150 cm hoog?

✓ Tussen 8 weken (135 cm) en 10 weken (170 cm). Er is nog 15 cm nodig van de 35 cm: $15/35 \approx 0{,}43$ van twee weken, dus na ongeveer 8,9 weken.

d Tussen welke twee metingen groeide ze het snelst? Hoe zie je dat aan de grafiek?

✓ Tussen week 6 en week 8: 55 cm in twee weken. Daar is de lijn het steilst.

e Is de hoogte recht evenredig met de tijd? Leg uit.

✓ Nee. De grafiek is geen rechte door de oorsprong: ze begint bij 5 cm, stijgt eerst traag, dan snel en op het einde weer traag. De verhouding hoogte / tijd is niet constant.

4.4 Een schaal kiezen

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Je grafiekpapier is 15 cm breed en 10 cm hoog. Kies voor elke as een handige schaal (1, 2, 5 of 2,5 × 10, 100 …).

a (a) Tijd van 0 tot 60 s op de horizontale as.

✓ $60/15 = 4$ s per cm; handige stap erboven: 5 s per cm. 60 s komt op 12 cm.

b (b) Temperatuur van 18 tot 83 °C op de verticale as (begin bij 0).

✓ $83/10 = 8{,}3$ °C per cm; handige stap: 10 °C per cm. 83 °C komt op 8,3 cm.

c (c) Massa van 0 tot 2400 g op de verticale as.

✓ $2400/10 = 240$ g per cm; handige stap: 250 g per cm (2400 g op 9,6 cm). 500 g per cm kan ook, maar dan gebruik je maar 4,8 cm.

d (d) Een klasgenoot kiest bij (b) 3 °C per cm. Geef twee redenen waarom dat geen goede keuze is.

✓ 83 °C zou op $83/3 \approx 27{,}7$ cm komen: van het papier af. En 3 is geen handige stap: punten als 50 °C zet je niet vlot.

4.5 Recht evenredig of niet?

Oefenen · 2 · Analyseren · 15 min

Onderzoek voor elke tabel of y recht evenredig is met x. Bereken daarvoor telkens y/x.

a (a) aantal broodjes: 1, 2, 4, 6 — prijs (€): 1,20; 2,40; 4,80; 7,20

✓ y/x = 1,20 bij elke rij: recht evenredig.

b (b) huurtijd van een fiets (h): 1, 2, 3, 4 — prijs (€): 7, 9, 11, 13

✓ y/x = 7; 4,5; 3,67; 3,25: niet constant, dus niet recht evenredig. (Het is wel een rechte: 5 € vast plus 2 € per uur. Bij 0 uur betaal je 5 €, dus de rechte gaat niet door de oorsprong.)

c (c) zijde van een vierkant (cm): 1, 2, 3, 4 — oppervlakte (cm²): 1, 4, 9, 16

✓ y/x = 1, 2, 3, 4: niet constant. Verdubbelt de zijde, dan wordt de oppervlakte vier keer zo groot. Niet recht evenredig (de grafiek is een kromme).

d (d) lengte van een ledstrip (m): 0,5; 1; 2; 5 — aantal leds: 30, 60, 120, 300

✓ y/x = 60 bij elke rij: recht evenredig.

e Geef bij de recht evenredige verbanden de evenredigheidsconstante met eenheid.

✓ (a) k = 1,20 € per broodje. (d) k = 60 leds per meter.

4.6 Welke grafiek past?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Kies telkens de best passende grafiek: lijngrafiek, staafdiagram, cirkeldiagram of spreidingsdiagram.

Vul in en geef een korte reden.

✓ (a) lijngrafiek: een verloop in de tijd. (b) staafdiagram: aparte groepen vergelijken (een cirkeldiagram kan ook als je de verdeling van de klas wil tonen). (c) cirkeldiagram: 24 uur is het geheel. (d) spreidingsdiagram: per leerling twee metingen, je zoekt een verband. (e) lijngrafiek: een verloop in de tijd. (f) staafdiagram: een totaal per maand; elke maand is een aparte groep (een lijngrafiek wordt ook gebruikt, om het verloop over het jaar te tonen).

Toepassen

meerdere stappen, in een context

4.7 De kaars

Toepassen · 2 · Tekenen · 25 min

Een kaars wordt aangestoken. Elk uur meet een leerling de lengte:

t (h)	0	1	2	3	4
L (cm)	18,0	15,6	13,1	10,7	8,2

a Teken de grafiek van de lengte tegenover de tijd, met een handige schaal. Laat plaats tot 8 uur. Teken een trendlijn.

✓ Bijvoorbeeld 1 h per 2 cm horizontaal, 2 cm kaars per cm verticaal (0 tot 20 cm). De punten liggen op een dalende rechte.

b Hoe lang was de kaars na 2,5 uur? Interpoleer of extrapoleer je?

✓ Ongeveer 11,9 cm ($18{,}0 - 2{,}45 \times 2{,}5$). Interpoleren: 2,5 h ligt tussen twee metingen.

c Trek de trendlijn door: na hoeveel uur is de kaars helemaal op? Onderaan blijft er in de houder 1 cm kaars staan die niet brandt. Wat betekent dat voor je voorspelling?

✓ De kaars wordt per uur 2,45 cm korter. De trendlijn raakt 0 cm na $18{,}0/2{,}45 \approx 7{,}3$ h (ongeveer 7 h 20 min). Maar de onderste centimeter brandt niet: de kaars dooft als er 1 cm over is, na $17{,}0/2{,}45 \approx 6{,}9$ h. Bij extrapoleren moet je nagaan of het verband tot het einde blijft gelden.

d Is de lengte recht evenredig met de tijd? Leg uit met je grafiek.

✓ Nee. De lengte daalt, en bij $t = 0$ is ze 18,0 cm, niet 0. De rechte gaat niet door de oorsprong.

e Bereken voor elke meting de verbrande lengte. Is die wel recht evenredig met de tijd? Geef de constante met eenheid.

✓ Verbrand: 0; 2,4; 4,9; 7,3; 9,8 cm. De verhouding verbrand / tijd is 2,4; 2,45; 2,43; 2,45: constant. Ja, recht evenredig, met $k \approx 2{,}45$ cm/h.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, handige schaal tot 8 h, punten nauwkeurig, één rechte trendlijn.
Aflezen	Interpoleren en extrapoleren correct benoemd en afgelezen.
Redenering	Het verschil tussen de lengte (daalt, niet recht evenredig) en de verbrande lengte (recht evenredig) uitgelegd.

4.8 Het afval van de school

Toepassen · 2 · Tekenen · 20 min

De milieuwerkgroep weegt een week lang al het afval van de school: papier en karton 18 kg, PMD 9 kg, GFT 6 kg, restafval 12 kg.

a Bereken voor elke soort het percentage en de hoek van de sector.

✓ Totaal 45 kg. Papier en karton: 18/45 = 40,0 %, 144°. PMD: 20,0 %, 72°. GFT: 13,3 %, 48°. Restafval: 26,7 %, 96°. Samen 100 % en 360°. (Snel: 1 kg is 360° / 45 = 8°.)

b Teken het cirkeldiagram met een gradenboog.

✓ Vier sectoren van 144°, 72°, 48° en 96°, elk met naam en percentage.

c Waarom past hier een cirkeldiagram? Welk deel van het afval wordt niet apart ingezameld?

✓ De vier soorten vormen samen al het afval: een geheel dat verdeeld is. Het restafval, ongeveer een kwart (26,7 %), wordt niet apart ingezameld.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Totaal 45 kg; percentages en hoeken juist; controle dat de som 100 % en 360° is.
Tekening	Hoeken nauwkeurig met gradenboog, start bovenaan, met de klok mee, elke sector benoemd met percentage.

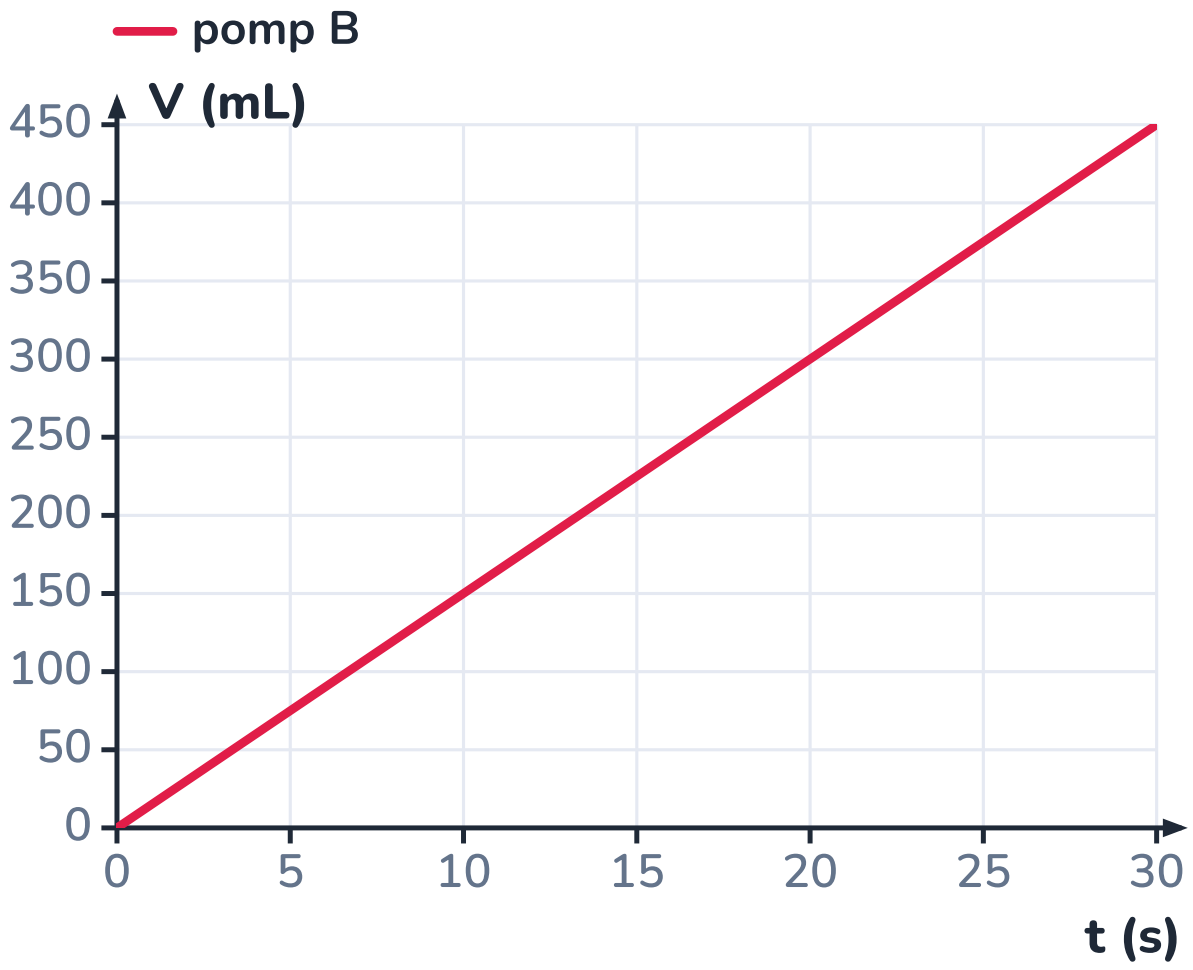
4.9 Twee pompjes

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Voor de meetkas liggen twee pompjes klaar. Pomp A wordt getest met een maatbeker:

t (s)	0	10	20	30
V (mL)	0	80	161	240

Van pomp B krijg je alleen de grafiek van de fabrikant.



Volume tegenover tijd voor pomp B.

a Bereken de evenredigheidsconstante van pomp A, met eenheid.

✓ V/t = 8,0; 8,05; 8,0: $k_A \approx 8{,}0\,\mathrm{mL/s}$.

b Bepaal met de grafiek de evenredigheidsconstante van pomp B.

✓ Lees een punt af, bv. (20 s; 300 mL): $k_B = 300/20 = 15\,\mathrm{mL/s}$.

c Hoe lang moet elke pomp per dag draaien voor de 1,8 L die de planten nodig hebben?

✓ $1800\,\mathrm{mL}$: pomp A $1800/8{,}0 = 225\,\mathrm{s}$ (3 min 45 s); pomp B $1800/15 = 120\,\mathrm{s}$ (2 min).

d Hoeveel water pompt A in 45 s? Is dat interpoleren of extrapoleren? Is het hier toegelaten?

✓ $8{,}0 \times 45 = 360\,\mathrm{mL}$. Extrapoleren: 45 s ligt buiten het meetbereik (0 tot 30 s). Dat is hier geen probleem: zolang er water in het reservoir staat, pompt het pompje even snel.

e Het water komt druppel per druppel bij de planten via een druppelslang. Waarom kies je misschien toch de tragere pomp?

✓ Een druppelslang laat maar een beperkt debiet door; een sterke pomp duwt water uit de slang of spoelt de grond weg. De tragere pomp geeft het water rustiger, en een langere pomptijd is makkelijker nauwkeurig te regelen.

4.10 Hoe groot word je?

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Zo lang zijn baby's (jongens) gemiddeld in hun eerste levensjaar, afgerond:

leeftijd (maanden)	0	3	6	9	12
lengte (cm)	50	61	68	72	76

a Hoeveel cm per maand groeit een baby in de eerste drie maanden? En tussen 9 en 12 maanden? Wat besluit je over de vorm van de grafiek?

✓ Eerste drie maanden: $11/3 \approx 3{,}7$ cm per maand. Van 9 tot 12 maanden: $4/3 \approx 1{,}3$ cm per maand. De groei vertraagt: de grafiek is geen rechte maar een kromme die steeds vlakker wordt.

b Schat de lengte na 4,5 maanden. Welke techniek gebruik je?

✓ Halfweg tussen 61 en 68 cm: ongeveer 64,5 cm. Interpoleren.

c Een baby groeit in zijn eerste jaar 26 cm. Iemand extrapoleert: 'Blijft hij zo groeien, dan is hij op zijn achttiende …' Reken het uit.

✓ $50 + 18 \times 26 = 518$ cm: ruim 5 m.

d En als je extrapoleert met de groei van de eerste drie maanden?

✓ 11 cm per 3 maanden is 44 cm per jaar: $50 + 18 \times 44 = 842$ cm, meer dan 8 m.

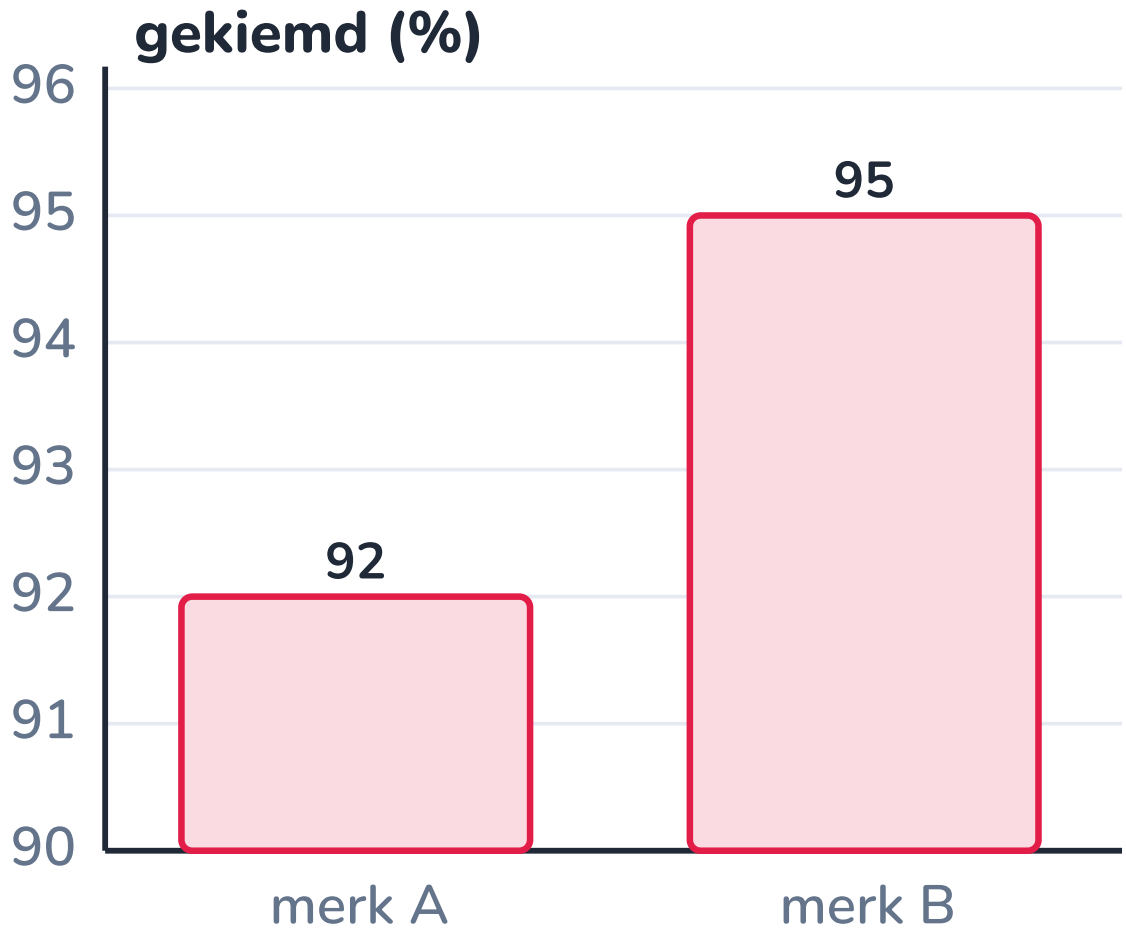
e Waarom is deze extrapolatie fout? Wat moet je weten om wel een goede voorspelling te maken?

✓ De groei is niet constant: hij vertraagt al in het eerste jaar en stopt rond de volwassen leeftijd. Buiten het meetbereik (0 tot 12 maanden) geldt het verband niet meer. Voor een goede voorspelling heb je metingen over de hele groeiperiode nodig (de groeicurven van de dokter).

4.11 Een misleidende grafiek

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Zadenhandel B verspreidt deze grafiek met de slogan 'Ons zaad kiemt veel beter!'.



Percentage zaadjes dat kiemt, voor twee merken tomatenzaad.

a Hoeveel keer zo hoog lijkt de staaf van B als die van A?

De staven zijn $95 - 90 = 5$ en $92 - 90 = 2$ eenheden hoog: B lijkt $5/2 = 2{,}5$ keer zo hoog.

b Hoeveel zaadjes van de 100 kiemen er in werkelijkheid meer bij merk B?

3 zaadjes van de 100 (95 tegenover 92).

c Teken het staafdiagram eerlijk.

Verticale as van 0 tot 100 %, met stappen van 20 %; twee bijna even hoge staven van 92 en 95 %.

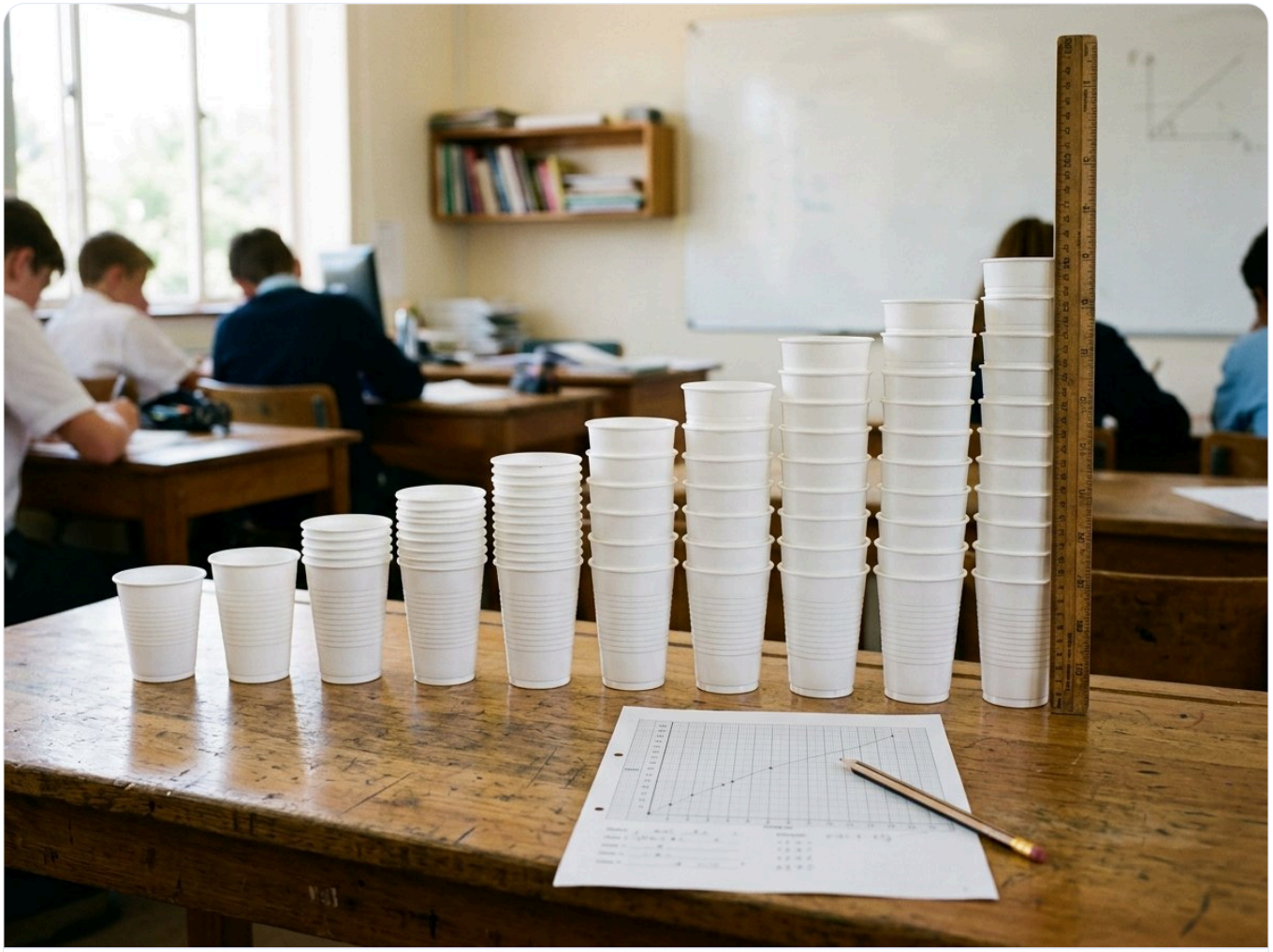
d Een klasgenoot zegt: 'Dan mag de kasgrafiek in het handboek ook niet bij 15 °C beginnen.' Heeft hij gelijk? Leg uit.

Nee. Bij een staafdiagram vergelijkt je oog de lengtes, dus moet de as bij 0 beginnen. Bij een lijngrafiek lees je de positie van punten af op een as met getallen: inzoomen mag, als de schaal duidelijk vermeld is.

4.12 Labo: stapelbekertjes

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Plastic bekertjes passen in elkaar. Hoe hangt de hoogte van een stapel af van het aantal bekertjes? Je hebt 10 gelijke bekertjes, een lat en millimeterpapier.



Eén bekertje is hoog, elk volgend bekertje voegt alleen een randje toe.

a Voorspel eerst: is de hoogte recht evenredig met het aantal bekertjes? Waarom (niet)?

Nee: één bekertje heeft al zijn volle hoogte, elk extra bekertje voegt alleen een randje toe.

b Meet de hoogte van een stapel van 1 tot 10 bekertjes.

Bijvoorbeeld: 1 bekertje 9,5 cm, 2 bekertjes 10,3 cm, 3 bekertjes 11,1 cm … 10 bekertjes 16,7 cm. De verhouding hoogte / aantal daalt.

c Teken de grafiek met een trendlijn.

De punten liggen op een rechte die de verticale as snijdt bij ongeveer 8,7 cm, niet bij 0.

d Is het verband recht evenredig? Hoeveel hoger wordt de stapel per extra bekertje?

Niet recht evenredig: hoogte / aantal is niet constant en de rechte gaat niet door de oorsprong. Elke extra beker voegt wel steeds hetzelfde toe, in het voorbeeld 0,8 cm.

e Voorspel de hoogte van 20 bekertjes en controleer (voeg de bekertjes van een andere groep toe). Hoeveel bekertjes heb je nodig voor een stapel van 1 m?

Met het voorbeeld: $9{,}5 + 19 \times 0{,}8 = 24{,}7$ cm voor 20 bekertjes. Voor 1 m: $(100 - 9{,}5)/0{,}8 \approx 113{,}1$ extra bekertjes bovenop het eerste: je hebt er 115 nodig om minstens 1 m te halen (114 geeft 99,9 cm, 115 geeft 100,7 cm). Die voorspelling is extrapolatie; ze klopt alleen als elk bekertje even diep in het vorige zakt.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Metingen	Tien metingen, op dezelfde manier gemeten (bv. tot de bovenrand), met eenheid in de kop.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, handige schaal, rechte trendlijn.
Besluit	Herkent dat de rechte niet door de oorsprong gaat; bepaalt de toename per bekertje; voorspelling gecontroleerd.

●●● Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

4.13 Habitat: een dag in de meetkas

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

Een eerste testversie van de meetkas logt om de twee uur de temperatuur in de kas en buiten, op een zonnige dag in april.

tijdstip (h)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
in de kas (°C)	9,5	8,6	7,9	7,7	11,0	20,5	28,5	32,0	27,5	19,5	13,5	11,0	9,8
buiten (°C)	8,5	7,6	6,9	6,6	8,6	12,3	15,4	17,3	17,9	16,0	12,6	10,3	8,8

a Teken beide temperaturen in één grafiek. Kies een schaal (de temperatuur mag bij 0 °C beginnen) en verbind de punten per reeks. Zet een legenda.

✓ Bijvoorbeeld 1 cm per 2 h horizontaal (0 tot 24 h op 12 cm) en 1 cm per 5 °C verticaal (0 tot 35 °C op 7 cm), of groter. Twee lijnen: de kas stijgt 's middags ver boven buiten uit.

b Wanneer is het in de kas het warmst en het koudst? Hoe groot is het verschil tussen de hoogste en de laagste temperatuur in de kas? En buiten?

✓ Kas: warmst om 14 uur (32,0 °C), koudst om 6 uur (7,7 °C); verschil 24,3 °C. Buiten: 17,9 °C om 16 uur, 6,6 °C om 6 uur; verschil 11,3 °C.

c Bepaal door te interpoleren van wanneer tot wanneer het in de kas warmer is dan 30 °C.

✓ Stijgend tussen 12 h (28,5 °C) en 14 h (32,0 °C): $1{,}5/3{,}5 \times 2\,\text{h} \approx 0{,}86\,\text{h}$, dus om ongeveer 12:51. Dalend tussen 14 h (32,0 °C) en 16 h (27,5 °C): $2{,}0/4{,}5 \times 2\,\text{h} \approx 0{,}89\,\text{h}$, dus om ongeveer 14:53. Ongeveer 2 uur boven 30 °C.

d In het handboek staan metingen van dezelfde dag om het uur. Daarmee kom je uit op 12:36 tot 15:10. Waarom verschilt jouw antwoord? Welke is betrouwbaarder?

✓ Met metingen om de twee uur interpoleer je met een rechte over twee uur, terwijl de temperatuur in die tijd niet gelijkmatig verandert (om 13 en 15 uur was het al boven 30 °C). Metingen om het uur liggen dichter bij elkaar: dat resultaat is betrouwbaarder.

e Hoeveel warmer is de kas dan buiten om 14 uur en om 4 uur? Wat moet de meetkas overdag kunnen, en wat 's nachts?

✓ Om 14 uur $32{,}0 - 17{,}3 = 14{,}7$ °C, om 4 uur $7{,}9 - 6{,}9 = 1{,}0$ °C. Overdag moet de kas warmte kwijt kunnen (dakraam, verluchting), 's nachts moet ze warmte vasthouden (isolatie, een watervat als buffer).

f Portfolio: hoe vaak moet de sensor van de echte meetkas meten om de 30 °C-grens tot op 10 minuten te kennen? Noteer ook wat je in een tabel van één dag meten zet (kolommen met eenheden).

✓ Rond 30 °C stijgt de temperatuur ongeveer 2,5 °C per uur, dus 10 minuten is ongeveer 0,4 °C: meten om de 10 minuten (of vaker) volstaat. Tabel: tijdstip (h:min) | T kas (°C) | T buiten (°C), eventueel licht (lux) en bodemvocht (%).

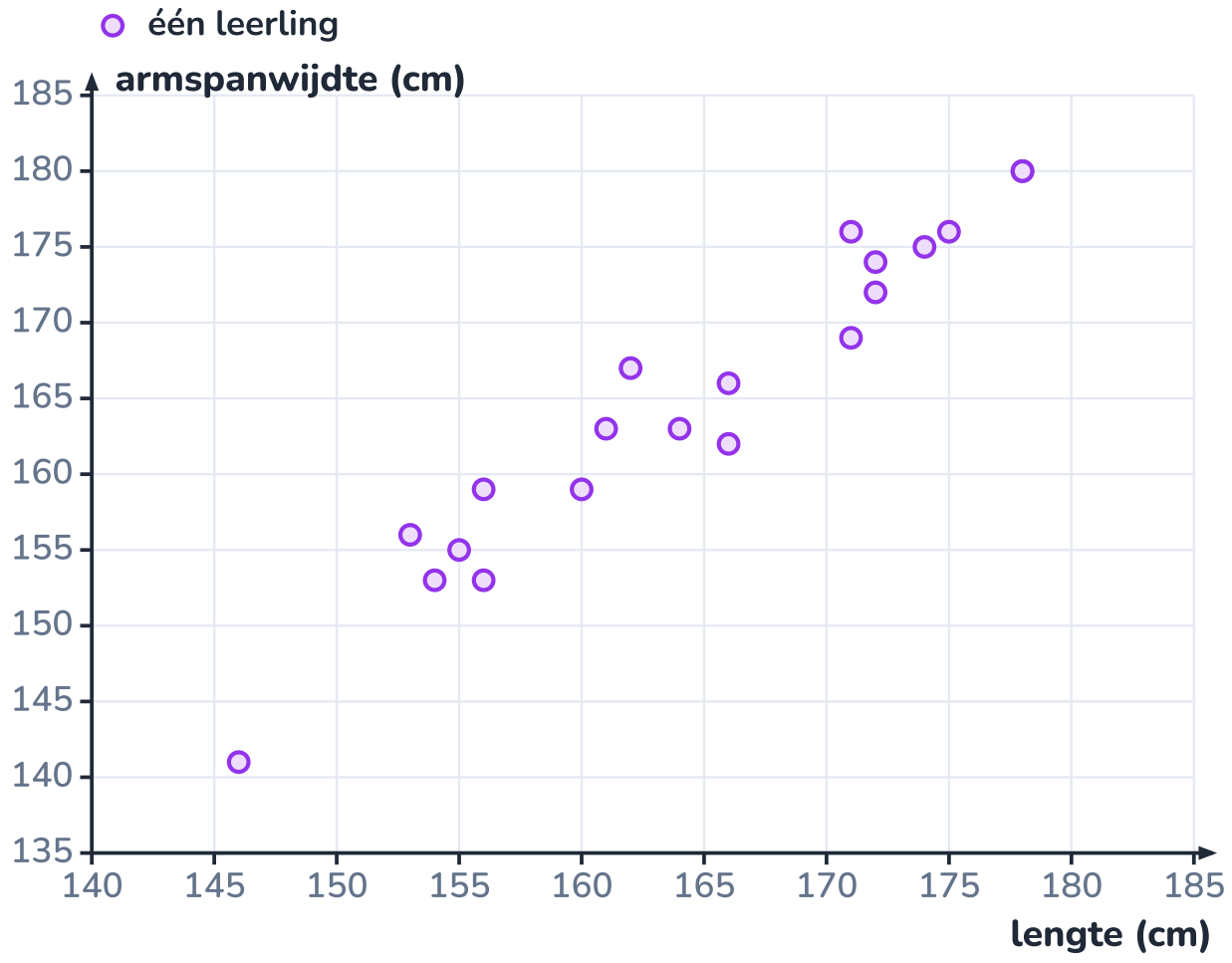
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Grafiek	Twee reeksen met legenda, assen met grootheid en eenheid, handige schaal, punten verbonden per reeks.
Aflezen	Maximum, minimum en verschillen juist; interpolatie van de 30 °C-grens uitgewerkt.
Kritisch	Legt uit waarom meer meetpunten een nauwkeuriger resultaat geven.
Ontwerp	Koppelt de grafiek aan verluchten overdag en isoleren 's nachts; meetfrequentie gemotiveerd.

4.14 Voorspellen met een trendlijn

Uitdagen · 3 · Analyseren · 20 min

Twintig leerlingen meten hun lengte en hun armspanwijdte (van vingertop tot vingertop, armen gespreid). Elk punt is één leerling.



Spreidingsdiagram van lengte en armspanwijdte.

a Teken met een lat de best passende rechte door de puntenwolk.

✓ Een rechte die ongeveer door (145; 145) en (180; 180) gaat, met ongeveer evenveel punten erboven als eronder.

b Schat met je trendlijn de armspanwijdte van een leerling van 165 cm. Hoe zeker ben je? Kijk hoe ver de punten van de lijn liggen.

✓ Ongeveer 165 cm. De punten liggen tot ongeveer 5 cm van de lijn: een individuele leerling kan dus enkele centimeters afwijken. Een trendlijn voorspelt een typische waarde, geen exacte.

c Zijn lengte en armspanwijdte ongeveer recht evenredig? Wat is de constante ongeveer?

> ✓ Ongeveer wel: de rechte gaat (verlengd) ongeveer door de oorsprong en spanwijdte / lengte is voor de meeste leerlingen ongeveer 1,0 (gemiddeld 1,00 voor deze groep).

d Mag je met deze lijn de armspanwijdte van een baby van 50 cm voorspellen? En van een basketbalspeler van 2,10 m?

> ✓ Nee. 50 cm en 2,10 m liggen ver buiten het meetbereik (146 tot 178 cm): extrapolatie. Een baby heeft andere lichaamsverhoudingen dan een tiener. Voor de basketbalspeler kan de lijn een ruwe schatting geven, maar zekerheid is er niet.

e Een app 'leert' uit duizenden zulke punten om iemands lengte te schatten uit een foto van zijn arm. Welke fout uit deze opdracht kan die app ook maken?

> ✓ Dezelfde extrapolatiefout: als de app alleen geleerd heeft van volwassenen, voorspelt hij slecht voor kinderen of voor mensen die anders zijn dan de voorbeelden. Een model is zo goed als de data waaruit het geleerd heeft.

4.15 Mag je hier extrapoleren?

●●● Uitdagen · 4 · Argumenteren · 25 min

Vier uitspraken, telkens gebaseerd op extrapolatie. Bespreek ze in groepjes van drie en verdedig je oordeel met argumenten.

a (a) 'Het pompje geeft 8,0 mL/s in een test van 30 s. In 10 minuten pompt het dus 4,8 L.'

> ✓ $8{,}0 \times 600 = 4800\,\text{mL} = 4{,}8\,\text{L}$. **Verantwoord**: een pompje werkt na 10 minuten op dezelfde manier als na 30 s, en het reservoir (24 L) raakt niet leeg. Wel nagaan of het pompje lang mag draaien.

b (b) 'De tuinkers in de meetkas groeide 3 cm in 5 dagen. Na een jaar is ze dus meer dan 2 m hoog.'

> ✓ 0,6 cm per dag × 365 = 219 cm. **Niet verantwoord**: tuinkers groeit maar enkele weken, bloeit en sterft, en wordt nooit 2 m hoog. Groei vertraagt en stopt.

c (c) 'Tussen 8 en 12 uur steeg de temperatuur in de kas van 11,0 °C tot 28,5 °C. Om 20 uur is het dus ruim 60 °C.'

> ✓ $17{,}5/4 = 4{,}375$ °C per uur; $28{,}5 + 8 \times 4{,}375 = 63{,}5$ °C. **Niet verantwoord**: de oorzaak van de stijging, de zon, verdwijnt in de namiddag. In werkelijkheid was het om 20 uur 13,5 °C.

d (d) 'Voor zes voorwerpen van munt tot emmer is de omtrek 3,14 keer de diameter. De evenaar van de aarde, met een diameter van 12 756 km, is dus ongeveer 40 000 km lang.'

> ✓ $3{,}14 \times 12\,756 \approx 40\,050$ km. **Verantwoord**: $O = \pi \cdot d$ geldt voor elke cirkel, dat weten we uit de wiskunde. Gemeten omtrek van de evenaar: ongeveer 40 075 km.

e Formuleer met je groep een regel: wanneer is extrapoleren verantwoord?

> ✓ Extrapoleren is verantwoord als je weet *waarom* het verband bestaat en die reden buiten het meetbereik blijft gelden, en als niets anders verandert (leeg, koken, stoppen met groeien, zon onder). Hoe verder buiten het meetbereik, hoe voorzichtiger.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	De voorspelling van elke uitspraak nagerekend.
Argumenten	Per uitspraak een reden waarom het verband wel of niet blijft gelden.
Regel	Een algemene regel die de vier gevallen verklaart.

4.16 Onderzoek: hoe snel koelt thee af?

●●● Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 45 min

Een mok thee van ongeveer 85 °C koelt af in de klas. Daalt de temperatuur elke minuut met evenveel graden? Je hebt een thermometer, een stopwatch en een mok heet water.

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese. Welke variabelen hou je gelijk?

> Bv.: 'Hoe verandert de temperatuur van thee in een mok met de tijd?' Hypothese: 'eerst snel, dan trager dalen, omdat het verschil met de kamer kleiner wordt.' Gelijk: zelfde mok, hoeveelheid, plaats, geen deksel, geen roeren.

b Meet 20 minuten lang elke minuut de temperatuur. Maak eerst de lege tabel.

> Eigen metingen, bijvoorbeeld 85, 82, 80, 77, 75, 73 °C in de eerste vijf minuten, na 20 minuten rond 60 °C: de daling per minuut wordt kleiner.

c Teken de grafiek. Verbind de punten niet, maar teken een vloeiende trendlijn.

> Een kromme die eerst steil daalt en dan steeds vlakker wordt.

d Daalt de temperatuur elke minuut evenveel? Is de grafiek een rechte? Wanneer daalt ze het snelst?

> Nee: de daling per minuut wordt kleiner, de grafiek buigt af. De temperatuur daalt het snelst in het begin, als de thee het heetst is.

e Voorspel de temperatuur na 60 minuten. Waarom kan je hier niet gewoon de lijn van de eerste minuten doortrekken? Welke temperatuur bereikt de thee uiteindelijk?

> De thee kan niet kouder worden dan de lucht in de klas (ongeveer 20 °C): de kromme nadert die temperatuur. De lijn van de eerste minuten doortrekken zou na een uur een temperatuur ver onder 0 °C geven. Na 60 minuten is de thee typisch nog 30 à 40 °C, afhankelijk van de mok en de hoeveelheid. Een goed model voor afkoelen leer je in Expert (de afkoelingswet van Newton).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Onderzoeksplan	Vraag, hypothese en gecontroleerde variabelen (zelfde mok, zelfde hoeveelheid, geen deksel, thermometer in het midden).
Metingen	Tabel met eenheden in de kop, regelmatig gemeten.
Grafiek	Assen correct, vloeiende kromme als trendlijn.
Besluit	Herkent dat de afkoeling vertraagt en dat de thee naar de kamertemperatuur gaat; extrapolatie kritisch.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 5

Veilig werken in labo en werkplaats

Wie weet wat er mis kan gaan, kan er iets aan doen: veiligheid als deel van het vak

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 329 min

O Onderzoeken en meten · D Ontwerpen en maken



Bril op, werkstuk vast, bout in de houder: vakmensen aan het werk.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

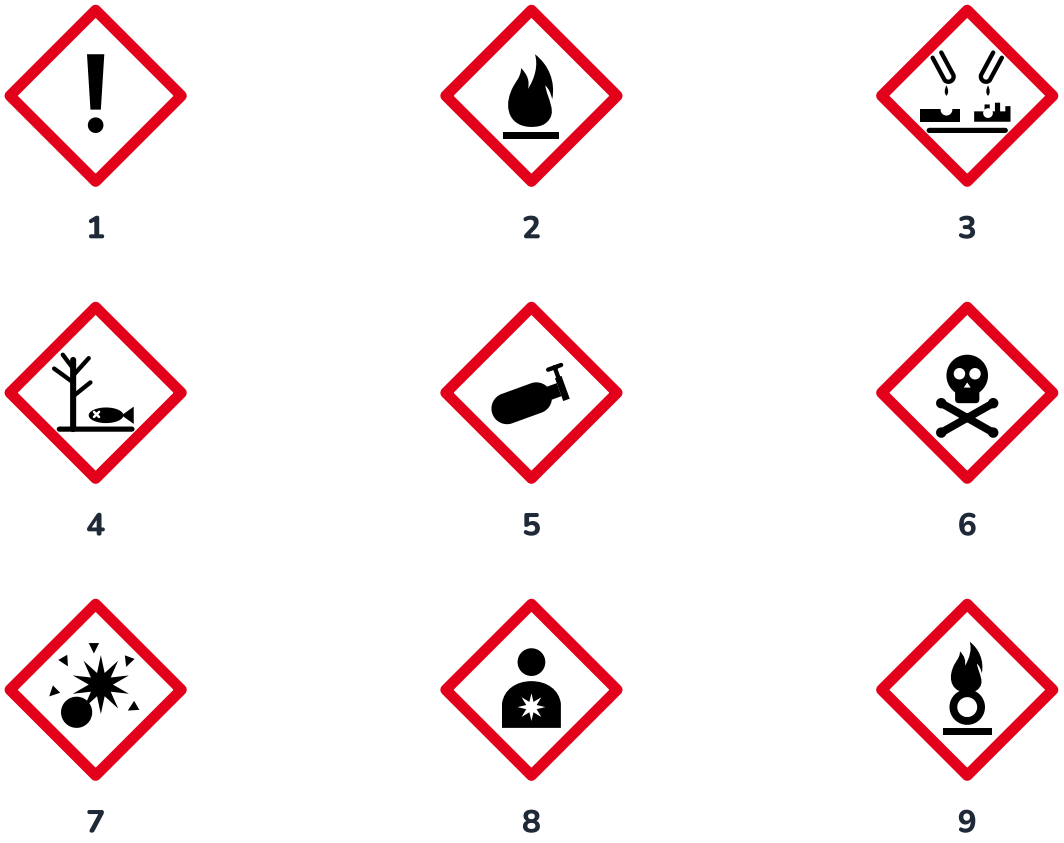
●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

5.1 Pictogrammen herkennen

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 12 min

Negen gevarenpictogrammen, door elkaar.



Welk pictogram is welk?

Vul de tabel in.

1 uitroepteken: schadelijk of irriterend (allesreiniger). 2 vlam: ontvlambaar (ethanol, aceton). 3 bijtend (ontstopper). 4 milieugevaarlijk (kopersulfaat, sommige insectenverdelgers). 5 gas onder druk (propaanfles). 6 acuut giftig (methanol, rattengif). 7 ontplofbaar (springstof). 8 ernstig gezondheidsgevaar (benzine, lampolie). 9 oxiderend (zuurstofgas).

5.2 Juist of fout?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Zijn deze uitspraken juist of fout? Verbeter de foute.

Vul in.

(a) F: wuif de damp naar je toe. (b) F: nooit handschoenen bij een draaiende machine. (c) J. (d) F: 20 minuten lauw stromend water, geen ijs. (e) F: nooit teruggieten, het kan de hele fles vervuilen; restjes in het juiste afvalvat. (f) F: de bril blijft op zolang iemand in het lokaal werkt. (g) F: eerst de stroom uit, anders word je zelf een slachtoffer.

5.3 Welke bescherming?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Kies voor elke taak het nodige persoonlijke beschermingsmiddel, en zeg waartegen het beschermt.

Vul in.

Zagen: veiligheidsbril (zaagsel, splinters). Cutter: snijbestendige handschoen aan de hand die de lat houdt (snijwonden). Ontstopper: bril en nitrilhandschoenen, labojas (bijtende spatten). Kolomboor: bril, haar vast, géén handschoenen (spaanders; meegetrokken worden). Schuren: stofmasker en bril (fijn stof). Solderen: bril (spatjes tin, weggesprongen draadje), afzuiging (rook).

5.4 Gevaar of risico?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Bij elk zinnetje: gaat het over een gevaar of over een risico?

a (a) Ethanol is licht ontvlambaar.

- A gevaar
- B risico
- ✓ gevaar

b (b) Als je met ethanol werkt naast een brandende kaars, is de kans op een steekvlam groot.

- A gevaar
- B risico
- ✓ risico

c (c) Een cutter is scherp.

- A gevaar
- B risico
- ✓ gevaar

d (d) Snijden naar je hand toe maakt een snijwonde waarschijnlijk.

- A gevaar
- B risico
- ✓ risico

e Geef bij (b) en (d) een maatregel die het risico verkleint, en zeg of die de kans of de ernst verkleint.

✓ (b) Geen open vuur in de buurt (de kans daalt). (d) Snijden van je af en een snijbestendige handschoen: van je af snijden verkleint de kans, de handschoen verkleint de ernst.

5.5 Eerste hulp in de juiste volgorde

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Tijdens het lijmen van de meetkas raakt Noor het mondstuk van het lijmpistool; er blijft hete lijm op haar vinger kleven. Deze stappen staan door elkaar:

A. De leerkracht verwittigen.
B. De vinger 20 minuten onder lauw stromend water houden.
C. Het lijmpistool op zijn standaard zetten, zodat niemand anders zich brandt.
D. Haar ring uitdoen voor de vinger opzwelt.
E. Na het koelen de wonde laten bekijken.

a Zet de stappen in de juiste volgorde.

✓ C (eigen en andermans veiligheid: het gevaar wegzetten, een fractie van een seconde), B (meteen koelen, want de wonde brandt door), D (ring uit terwijl ze koelt), A (een klasgenoot verwittigt de leerkracht, terwijl Noor blijft koelen), E. A mag ook meteen na C, zolang het koelen niet wacht.

b Noor wil de gestolde lijm van haar vinger trekken. Wat zeg je?

Niet doen: de lijm zit vast aan de huid en je trekt de huid mee. Koelen, en laat de lijm door de verpleging of een dokter verwijderen.

c Waarom gebruik je geen ijs?

IJs of ijskoud water beschadigt de huid nog meer en kan je te veel afkoelen; lauw water voert de warmte af zonder die schade.

Toepassen

Toepassen

meerdere stappen, in een context

5.6 Etiketten in de kast

Toepassen · 2 · Analyseren · 15 min

In een keukenkast staan vier producten.



De pictogrammen en signaalwoorden van vier producten.

a Bij welke producten staat het ernstigste signaalwoord? Waarom net daar?

A, B en D (Gevaar): bijtend, en licht ontvlambaar gas of licht ontvlambare spuitbus. C is alleen irriterend (Waarschuwing).

b Welke producten mogen niet in de buurt van een vlam of een warme radiator? Waarom?

B en D (vlam: ontvlambaar). B staat bovendien onder druk: warmte doet de druk stijgen tot de fles kan openbarsten.

c Welk product mag niet in de gootsteen of in de natuur terechtkomen?

D (dode boom en vis: giftig voor waterleven).

d Voor welk product heb je handschoenen en een bril nodig?

A, de bijtende ontstopper.

e De spuitbus insectenspray staat onder druk, maar heeft geen gasfles-pictogram. Zoek uit of bedenk waarom de propaanfles dat wel heeft.

Spuitbussen vallen in Europa onder aparte regels: ze krijgen het vlampictogram en de zin 'Houder onder druk: kan openbarsten bij verwarming', maar niet het gasfles-pictogram. Dat is voorbehouden voor gassen in drukvaten, zoals een propaanfles.

f Waar en hoe bewaar je deze producten het best in een huis met jonge kinderen?

Hoog en afgesloten, in de originele verpakking (met etiket), weg van warmte; de propaanfles buiten of in een goed verluchte ruimte, rechtop, niet in een kelder.

5.7 Fouten in het verslag van Tim

Toepassen · 2 · Analyseren · 15 min

Tim schrijft over de techniekles: 'Ik moest de draadjes van een sensor solderen. Mijn haar hing los, want mijn elastiek was kwijt. De soldeerbout legde ik tussendoor op tafel, naast mijn blikje frisdrank. Om sneller te werken, hield ik de draadjes met mijn vingers vast. De rook blies ik weg met mijn mond. Mijn bril zat in mijn tas, mijn buurman droeg er ook geen. Na afloop trok ik de stekker uit en legde ik de bout meteen terug in de doos. Daarna at ik een koek.'

Zoek minstens zes fouten en schrijf bij elke fout hoe het wel moet.

(1) Haar los: vastmaken, het kan een hete bout of een vlam raken. (2) Bout op tafel: altijd in de houder. (3) Blikje drank op de werktafel: niet eten of drinken waar je werkt. (4) Draadjes in de vingers: een draadje wordt heet, gebruik een derde hand of klem. (5) Rook wegblazen: afzuiging of open raam, en je vermijdt spatten naar je gezicht. (6) Geen bril: bril op, ook als anderen hem niet dragen. (7) Hete bout in de doos: eerst een kwartier laten afkoelen in de houder. (8) Koek eten zonder handen te wassen: eerst handen wassen na het solderen.

5.8 Hoeveel stroom door je lichaam?

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Gebruik de rekenregel stroom = spanning / weerstand, en de figuur met de stroomladder uit het handboek. De weerstanden zijn ordes van grootte.

a Bereken de stroom in mA en zoek op de stroomladder wat die stroom doet.

(a) $5/5000 = 0{,}001\ \text{A} = 1\ \text{mA}$: aan de grens van voelbaar (in werkelijkheid is droge huid bij zo'n lage spanning nog veel minder geleidend, dus de stroom nog kleiner). (b) $12/5000 = 0{,}0024\ \text{A} = 2{,}4\ \text{mA}$: voelbaar, niet gevaarlijk. (c) $230/1500 \approx 0{,}153\ \text{A} = 153\ \text{mA}$: levensgevaarlijk. (d) $230/1000 = 0{,}23\ \text{A} = 230\ \text{mA}$: levensgevaarlijk.

b Bij (c) en (d) lekt de stroom naar de aarde. Welke differentieel schakelt af: die van 300 mA, die van 30 mA, of beide?

In beide gevallen is de lekstroom (153 en 230 mA) groter dan 30 mA en kleiner dan 300 mA: alleen de differentieel van 30 mA schakelt af. Daarom is die nodig op kringen waar mensen met water in contact komen.

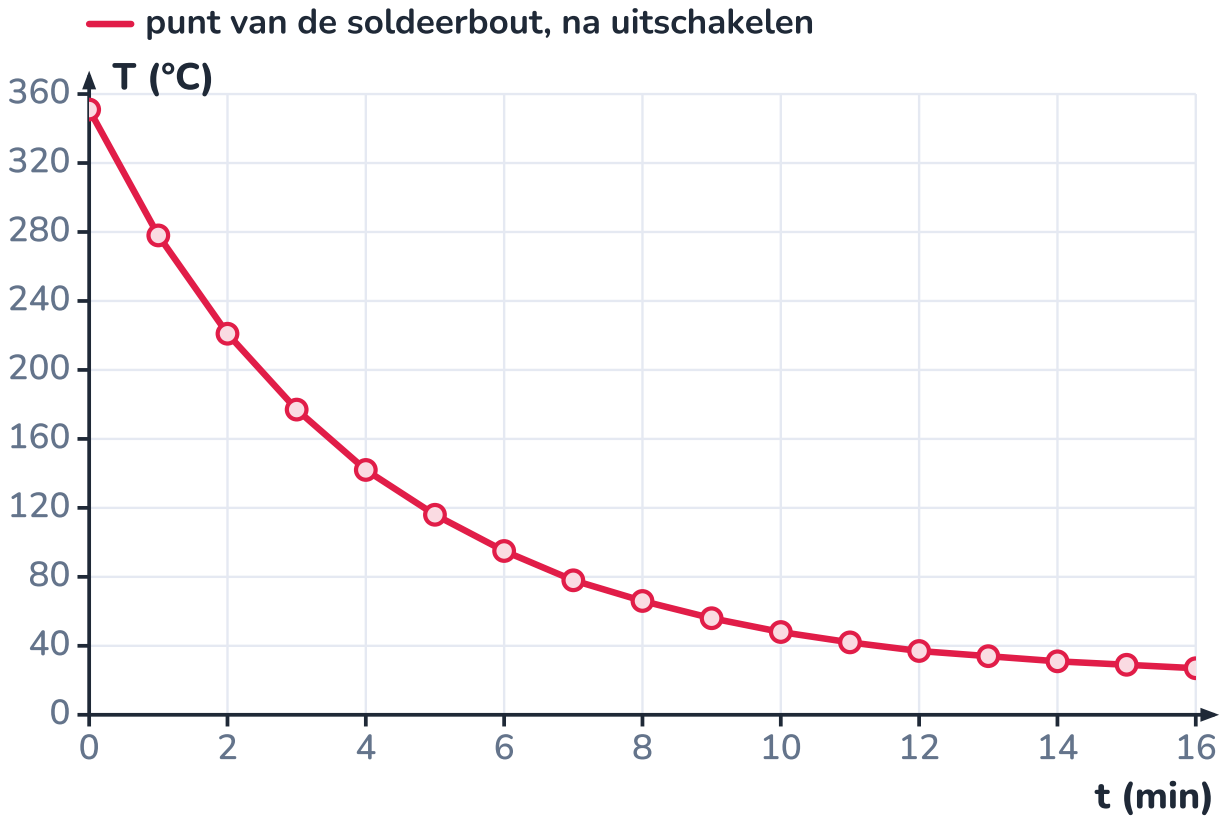
c Een 12 V-batterij kan je veilig vastnemen. Waarom mag je haar polen toch nooit met een schroevendraaier verbinden?

Een schroevendraaier heeft een heel kleine weerstand: je maakt kortsluiting. Er loopt een enorme stroom, de schroevendraaier en de polen worden gloeiend heet, er kunnen vonken en gesmolten metaal wegspatten, en de batterij kan beschadigd raken of zelfs ontploffen. Gevaarlijk voor je handen en ogen, niet door een stroom door je lichaam.

5.9 Hoe lang blijft de soldeerbout heet?

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een leerling meet hoe de punt van een soldeerbout afkoelt nadat het station is uitgeschakeld.



Temperatuur van de punt, elke minuut gemeten.

a Hoe warm is de punt 5 minuten na het uitschakelen?

✓ Ongeveer 116 °C.

b Na hoeveel minuten is de punt onder 100 °C? En onder 50 °C?

✓ Onder 100 °C na ongeveer 6 minuten (95 °C bij 6 min). Onder 50 °C na ongeveer 10 minuten (48 °C bij 10 min).

c In welke minuut koelt de punt het snelst af? Hoeveel graden is dat?

✓ In de eerste minuut: van 351 naar 278 °C, ongeveer 73 °C.

d Vergelijk met het lijmpistool uit het handboek. Welk van beide koelt sneller af, en hoe zie je dat?

✓ De soldeerbout: hij is na 10 minuten onder 50 °C, het lijmpistool pas na ongeveer 12,5 minuten, terwijl de bout veel heter begon. De kromme van de bout daalt steiler. Een dunne punt bevat minder warmte dan het mondstuk en het verwarmingsblok van een lijmpistool.

e Schrijf een regel voor de soldeerhoek van de klas: wanneer mag een bout in de doos?

✓ Bijvoorbeeld: de bout blijft na het uitschakelen minstens 15 minuten in de houder, en gaat pas in de doos als je hem met de rug van je hand (zonder aanraken) geen warmte meer voelt afgeven.

5.10 Een risicotabel: gaten boren in het kasframe

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Voor de meetkas boor je met de kolomboor gaten van 4,5 mm in de aluminium kokers van het frame, om de platen vast te schroeven (schroeven M4, hoofdstuk 10).

a Vul de risicotabel in: minstens vier gevaren, met kans, ernst en risico.

✓ Bijvoorbeeld: haar of kleding die wordt meegetrokken (1 × 3 = 3; O: haar vast, mouwen op, T: afscherming); werkstuk dat meedraait en je hand raakt (2 × 2 = 4; T: machineklem); spaanders in het oog (2 × 3 = 6; P: bril, T: afscherming); snijden aan de boor of scherpe spaanders (2 × 1 = 2; O: pas wegvegen als de boor stilstaat, met een borsteltje); handschoen gegrepen (1 × 3 = 3; O: geen handschoenen).

b Welk risico is het hoogst? Welke maatregel neem je eerst?

✓ Spaanders in het oog (6, hoog). Eerst de afscherming van de machine gebruiken (T), en een bril (P).

c Schat het restrisico van dat gevaar na de maatregel.

✓ Met afscherming en bril: kans 1 × ernst 3 = 3, middel: aanvaardbaar met de maatregelen.

5.11 Onderzoek: gevaarlijke producten thuis

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 40 min

Onderzoek welke producten met gevarenpictogrammen er bij jou thuis staan, en of ze veilig bewaard worden.

a Zoek minstens acht producten met een gevarenpictogram (keuken, badkamer, garage, tuin). Raak ze alleen aan om het etiket te lezen.

✓ Eigen inventaris. Vaak gevonden: allesreinigers en vaatwasmiddel (uitroepteken of bijtend), ontkalker, ontstopper (bijtend), spuitbussen (vlam), lampolie (gezondheidsgevaar), benzine en tuinproducten (milieugevaarlijk).

b Welk pictogram kwam het vaakst voor? Welk product vind je het gevaarlijkst, en waarom?

✓ Meestal het uitroepteken of de vlam. Gevaarlijkst is vaak de ontstopper (bijtend, Gevaar) of lampolie (kan dodelijk zijn als een kind ze drinkt en zich verslikt).

c Welke producten staan binnen het bereik van kinderen of naast voedsel? Stel een betere plaats voor.

✓ Bijvoorbeeld producten onder de gootsteen zonder kinderslot: hoger zetten of een slot aanbrengen; nooit overgieten in een drankfles.

d Kies één product en zoek een minder gevaarlijk alternatief (substitutie). Bestaat er een product zonder pictogram dat hetzelfde doet?

✓ Bijvoorbeeld: een ontstopper vervangen door een ontstoppingsveer of een zuignap; een spuitbus door een pompverstuiver; soms bestaat er geen alternatief, dan telt de bewaarplaats.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Inventaris	Acht producten met correct overgenomen pictogrammen en signaalwoord.
Analyse	Gevaarlijkste product gekozen met argumenten uit het etiket (H-zinnen).
Voorstel	Concrete, haalbare verbetering van de bewaarplaats en een onderbouwde substitutie.

Uitdagen

Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

5.12 Habitat: de veiligheidsfiche voor de bouw van de meetkas

Uitdagen · 4 · Habitat · 50 min

Je bouwt de meetkas (1,20 m × 0,60 m × 0,80 m) in groep. De taken: aluminium kokers op maat zagen en gaten boren voor het frame; platen polycarbonaat op maat snijden met een cutter; onderdelen vastlijmen met het lijmpistool; draadjes aan de sensoren solderen; het reservoir (30 L) vullen en plaatsen; de 12 V-voeding (die zelf in een 230 V-stopcontact gaat) aansluiten op de pomp en de ledstrip.

a Maak een risicotabel voor de zes taken: per taak minstens één gevaar, met kans, ernst en risico.

> Bijvoorbeeld: zagen: snijwonde (2 × 2 = 4); boren: spaanders in het oog (2 × 3 = 6); cutter: diepe snijwonde (2 × 2 = 4); lijmpistool: brandwonde (2 × 2 = 4); solderen: spatje in het oog (2 × 3 = 6) en brandwonde (2 × 2 = 4); reservoir: rugletsel of uitglijden op gemorst water (2 × 2 = 4); voeding: water op de 230 V-adapter (1 × 3 = 3).

b Kies voor elk risico dat middel of hoog is een maatregel, en schrijf erbij of het S, T, O of P is. Geef het restrisico.

> Zagen: koker in de bankschroef, zaagsnede ontbramen (T), restrisico 1 × 2 = 2. Boren: machineklem en afscherming (T), bril (P), 1 × 3 = 3. Cutter: metalen lat, van je af snijden (O), snijbestendige handschoen (P), 1 × 2 = 2. Lijmpistool: standaard (T), afspraak om het mondstuk niet aan te raken (O), 1 × 2 = 2. Solderen: loodvrij tin (S), houder, derde hand, afzuiging (T), bril (P), 1 × 3 = 3. Voeding: adapter buiten de kas (O), 30 mA-differentieel (T), 1 × 3 = 3.

c Het reservoir vol water weegt ongeveer 30 kg. Welk gevaar is dat, en hoe vermijd je het?

> Rugletsel of de bak laten vallen. Het reservoir leeg plaatsen en ter plaatse vullen met een kan of een slang; nooit alleen een volle bak tillen.

d Waar komt de 230 V-adapter van de voeding? Bedenk twee regels voor water en elektriciteit in de kas.

> Buiten de kas, hoger dan het water, op een droge plaats, in een stopcontact achter een differentieel van 30 mA. Regels: (1) in de kas alleen 12 V; (2) snoeren met een druppellus: een boog naar beneden vóór het stopcontact of de adapter, zodat water dat langs het snoer loopt eraf druppelt; (3) eerst de stekker uit, dan pas met je handen in het water.

e Schrijf de noodprocedure van je groep: wie doet wat bij een brandwonde, een snijwonde en een elektrisch probleem? Welke nummers staan op de fiche?

> Bijvoorbeeld: bij een brandwonde koelt één leerling 20 minuten lauw, een tweede verwittigt de leerkracht. Snijwonde: drukken met een kompres, leerkracht. Elektrisch probleem: niemand raakt iets aan, stekker van de adapter eruit of differentieel uit, leerkracht. Nummers: 112 en Antigifcentrum 070 245 245.

f Maak van je tabel een checklist van hooguit acht punten die je groep vóór elke bouwsessie overloopt.

> Bijvoorbeeld: bril op; haar vast; werkstuk in de klem; bout in de houder en afzuiging aan; lijmpistool op zijn standaard; cutter ingetrokken; adapter droog en boven het water; tafel opgeruimd, geen eten of drinken.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Volledigheid	Alle zes taken, met realistische gevaren en scores.
Maatregelen	Volgens STOP gekozen; PBM pas als laatste; restrisico nergens hoog.
Water en elektriciteit	Adapter droog en hoger dan het water, druppellus, differentieel van 30 mA, 12 V in de kas.
Noodprocedure	Rollen verdeeld, eerste hulp correct, 112 en 070 245 245 vermeld.
Checklist	Kort, concreet en bruikbaar vóór elke sessie.

5.13 Water en elektriciteit in de meetkas

●●● Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 35 min

In de meetkas staat een pompje van 12 V in het reservoir, en er hangt een ledstrip van 12 V boven de planten. De 12 V-voeding van 2 A krijgt haar stroom uit een 230 V-stopcontact in het lokaal. Een klasgenoot stelt voor om een goedkoop 230 V-aquariumpompje te gebruiken, 'dat is sterker'.

a Teken een zijaanzicht van de kas met het reservoir, de pomp, de ledstrip, de voeding en het stopcontact. Duid aan waar 230 V zit en waar 12 V.

> De 230 V komt alleen tot aan de adapter, buiten de kas en hoger dan het water; vanaf de adapter loopt alles op 12 V (pomp, ledstrip, microcontroller via de 5 V-omvormer).

b Wat gebeurt er als de isolatie van het 12 V-pompsnoer in het water beschadigd raakt? En bij een 230 V-pomp?

> ✓ 12 V: er lekt wat stroom door het water, het pompje werkt misschien slecht of de zekering springt, maar wie in het water grijpt, voelt hooguit een tinteling. 230 V: het water rond de pomp staat onder spanning; wie in het reservoir grijpt, kan een levensgevaarlijke stroom krijgen (meer dan 100 mA).

c Welke beveiliging in de installatie van de school maakt het verschil bij een 230 V-pomp? Is de differentieel van 300 mA voldoende?

> ✓ Alleen een differentieel van 30 mA schakelt af bij een lekstroom van 100 à 200 mA; die van 300 mA niet. En ook de 30 mA-differentieel laat je eerst een schok voelen.

d Geef je klasgenoot een onderbouwd antwoord: 12 V of 230 V in de kas?

> ✓ 12 V: veiligheid gaat voor. Een 12 V-pomp is sterk genoeg voor 1,8 L per dag; heb je meer druk nodig, kies dan een krachtigere 12 V-pomp, geen 230 V-pomp in een open reservoir.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Tekening	Duidelijke grens tussen 230 V (buiten de kas) en 12 V (in de kas); adapter hoog en droog.
Redenering	Gebruikt de stroomladder en de differentiëlen correct.
Besluit	Onderbouwde keuze met veiligheid als eerste eis, en eventueel een alternatief voor meer pompkracht.

5.14 Debat: veiligheid en vakmanschap

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

Stelling: 'Een ervaren vakman heeft geen veiligheidsbril en geen checklist nodig: hij weet wat hij doet.' Bereid in groepjes argumenten voor en tegen voor, en debatteer.

a Geef twee argumenten vóór de stelling, en zoek bij elk een zwakke plek.

> ✓ Voor: ervaring verlaagt de kans op fouten; een checklist kost tijd. Zwakke plek: ervaring verlaagt de kans, niet de ernst, en juist routine maakt dat je stappen overslaat. Een checklist van een halve minuut kost minder tijd dan een ongeval.

b Geef drie argumenten tegen de stelling. Gebruik het verhaal van de Boeing 299 en het verschil tussen gevaar en risico.

> ✓ Tegen: (1) de piloten van de Boeing 299 waren zeer ervaren en vergaten toch een stap; (2) een spaander of spat kiest niet wie ervaren is: een bril verkleint de ernst voor iedereen; (3) ook anderen in de ruimte lopen gevaar; (4) vakmensen zijn een voorbeeld voor beginners.

c Formuleer na het debat je eigen standpunt in twee zinnen.

> ✓ Bijvoorbeeld: 'Ervaring maakt je beter, niet onkwetsbaar. Echte vakmensen gebruiken hun bril en checklist omdat ze weten dat iedereen zich kan vergissen.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Correct en concreet, met voorbeelden uit het hoofdstuk.
Luisteren	Reageert op argumenten van de andere kant.
Standpunt	Helder en onderbouwd.

5.15 Maak: een instructiekaart voor een toestel

Uitdagen · 3 · Maken · 40 min

Naast elk toestel in het techniekatelier hangt een kaart van hooguit A5 die in enkele seconden duidelijk maakt hoe je het veilig gebruikt. Kies een toestel: lijmpistool, soldeerbout, kolomboor of cutter.

a Maak een schets van je kaart: titel, de belangrijkste gevaren, de nodige beschermingsmiddelen, vijf stappen voor veilig gebruik en wat je doet bij een ongeval.

Bijvoorbeeld lijmpistool: gevaar brandwonde (tot 190 °C); bril niet verplicht maar aanbevolen; stappen: (1) pistool op zijn standaard op een hittebestendige plaat, (2) snoer weg van de rand, (3) opwarmen zonder het mondstuk aan te raken, (4) lijmen op het werkstuk, niet naar je hand toe, (5) na gebruik stekker eruit en een kwartier laten afkoelen op de standaard. Bij een brandwonde: 20 minuten lauw stromend water, lijm niet lostrekken, leerkracht verwittigen.

b Test je kaart: laat een klasgenoot die het toestel niet kent haar lezen en uitleggen wat hij zou doen. Wat moest je aanpassen?

Eigen test: vaak moet de volgorde duidelijker, een stap korter of een tekening groter.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Inhoud	Juiste gevaren, maatregelen en eerste hulp voor dat toestel.
Duidelijkheid	Kort, in de juiste volgorde, leesbaar op afstand, met eenvoudige tekeningen.
Test	Getest bij een klasgenoot en verbeterd.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 6

Het deeltjesmodel

Onzichtbaar kleine deeltjes die altijd bewegen: een model dat smelten, koken, uitzetten en condens verklaart

Uitgewerkte oplossingen bij de 14 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 5× toepassen · 4× uitdagen · ± 302 min

M Materie en chemie · E Energie



Elke ochtend hangen er druppels aan de binnenkant van de meetkas. Waar komen ze vandaan?

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

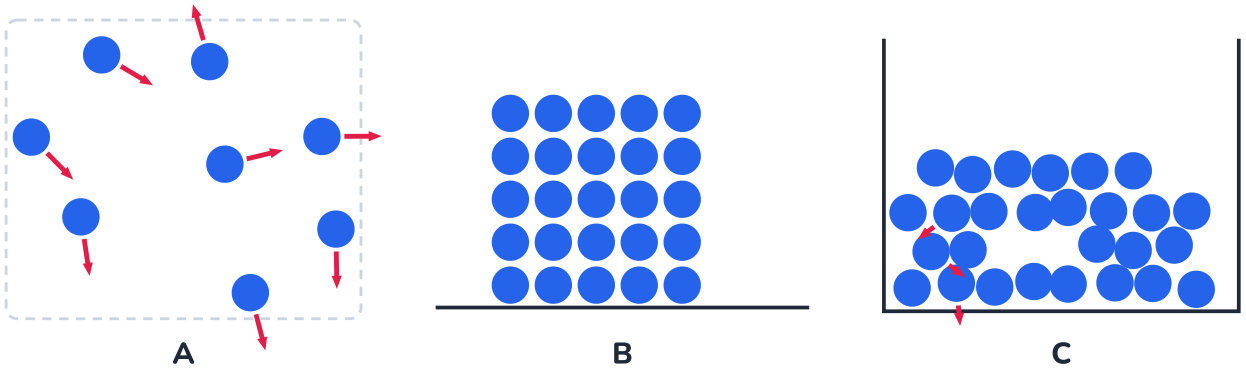
Oefenen

één stap, direct toepassen

6.1 Welke toestand?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Drie deeltjesmodellen van dezelfde stof.



De pijltjes tonen hoe de deeltjes bewegen.

a Welke toestand stelt elke tekening voor?

A gas, B vast, C vloeibaar.

b In welke toestand kan je de stof het makkelijkst samendrukken? Leg uit met de tekening.

A, het gas: er is veel lege ruimte tussen de deeltjes, dus ze kunnen dichter bij elkaar geduwd worden.

c In welke toestand heeft de stof een eigen vorm? Waarom?

B, de vaste stof: de deeltjes zitten op vaste plaatsen en kunnen niet langs elkaar schuiven.

d In welke tekening is de temperatuur het hoogst, als het om dezelfde stof gaat?

A: bij dezelfde stof is het gas de warmste toestand; de deeltjes bewegen het snelst.

6.2 Faseovergangen in het dagelijks leven

Oefenen · 1 · Begrijpen · 12 min

Welke faseovergang gebeurt er, en moet er energie bij of gaat er energie af?

Vul in.

(a) smelten, erbij. (b) verdampen, erbij. (c) condenseren, eraf (waterdamp uit de warme lucht op de koude glazen). (d) rijpen, eraf (waterdamp wordt meteen ijs). (e) stollen, eraf. (f) sublimeren, erbij (ijs wordt meteen waterdamp). (g) stollen, eraf. (h) verdampen in de hele vloeistof, dus koken, erbij.

6.3 Juist of fout: deeltjes

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Zijn deze uitspraken juist of fout? Verbeter de foute.

Vul in.

(a) F: de deeltjes trillen heviger en komen verder uit elkaar te staan; ze worden niet groter. (b) F: er zit niets tussen. (c) F: ze trillen op hun plaats. (d) J. (e) J. (f) F: het is hetzelfde deeltje, alleen verder van de andere en sneller. (g) F: het wordt onzichtbare waterdamp in de lucht.

6.4 Teken het deeltjesmodel

Oefenen · 2 · Tekenen · 15 min

Teken deeltjes als bolletjes. Gebruik pijltjes voor beweging en boogjes voor trillen.

a Een glas water met een ijsblokje, en de lucht met wat waterdamp erboven, in één tekening.

✓ IJsblokje: bolletjes in een regelmatig rooster met trilboogjes. Water: bolletjes die elkaar raken, zonder orde, met korte pijltjes. Lucht: enkele bolletjes ver uit elkaar met lange pijltjes; een paar zijn waterdeeltjes (zelfde teken als in het water). Alle waterdeeltjes even groot.

b Een afgesloten fles lucht bij 5 °C en dezelfde fles bij 40 °C. Wat is gelijk in beide tekeningen, wat is verschillend?

✓ Gelijk: het aantal deeltjes, hun grootte, en dat ze de hele fles vullen. Verschillend: bij 40 °C langere pijltjes (snellere deeltjes).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Toestanden	Vast in een vaste orde, vloeibaar dicht maar zonder orde, gas ver uit elkaar.
Beweging	Pijltjes en boogjes passend bij de toestand en de temperatuur.
Consequent	Bij dezelfde stof overal dezelfde deeltjes (zelfde grootte).

6.5 Waarom gaat het sneller als het warm is?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Verklaar elke waarneming met het deeltjesmodel.

a (a) Suiker lost sneller op in warme thee dan in koude.

✓ In warme thee bewegen de waterdeeltjes sneller: ze botsen vaker en harder tegen de suiker en voeren de suikerdeeltjes sneller weg (diffusie gaat ook sneller).

b (b) Wasgoed droogt sneller op een warme dag dan op een koele dag.

✓ Meer waterdeeltjes zijn snel genoeg om uit het wasgoed te ontsnappen: het water verdampt sneller.

c (c) Warme soep ruik je beter dan koude soep.

✓ Uit warme soep verdampen meer geurdeeltjes, en ze bewegen sneller door de lucht naar je neus.

d (d) Een halflege ballon in een warme auto wordt bol.

✓ De luchtdeeltjes in de ballon bewegen sneller, botsen harder en vaker tegen de binnenkant en duwen de ballon verder open: het gas zet uit.

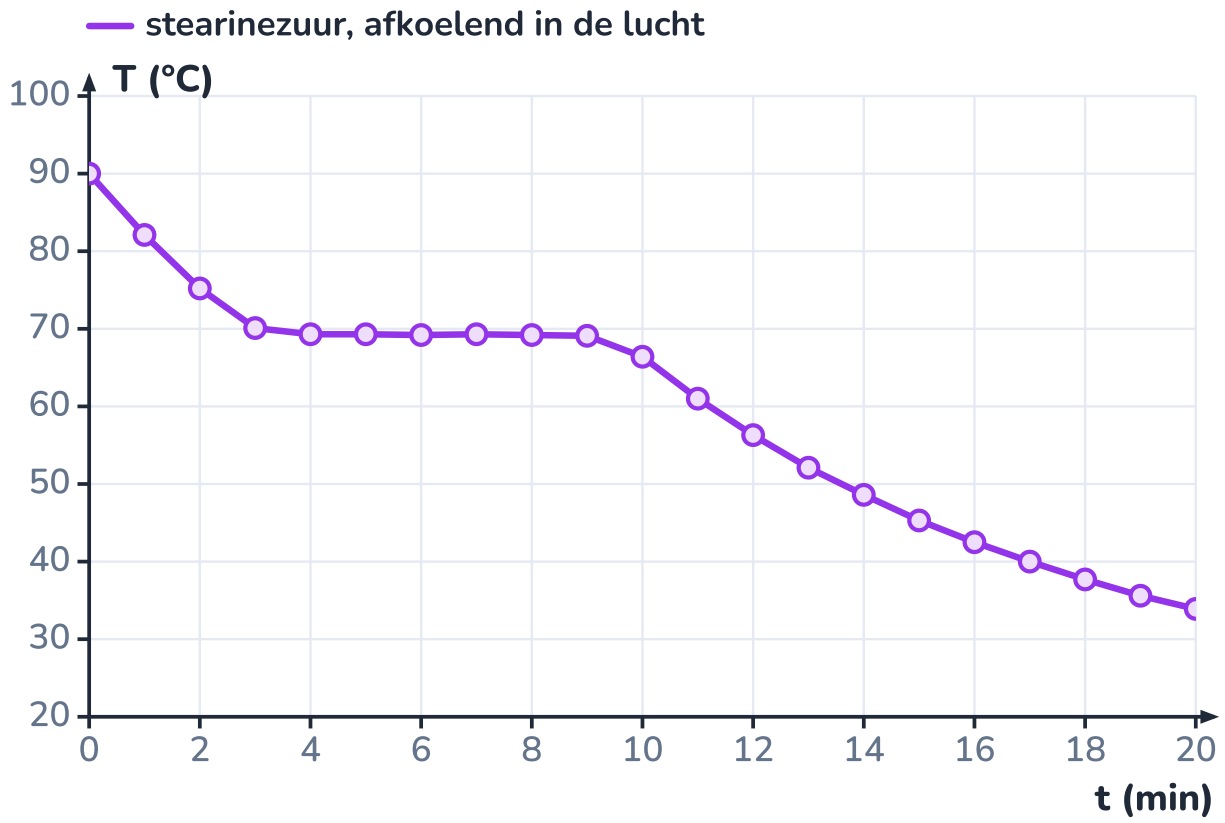
Toepassen

Toepassen · meerdere stappen, in een context

6.6 Een afkoelcurve lezen

Toepassen · 2 · Analyseren · 15 min

Een reageerbuis met gesmolten stearinezuur (een stof uit kaarsvet) koelt af in de lucht. Elke minuut wordt de temperatuur gemeten.



Temperatuur van zuiver stearinezuur tijdens het afkoelen.

a Bij welke temperatuur stolt stearinezuur? Hoe zie je dat?

Bij ongeveer 69 °C: daar loopt de grafiek een tijd horizontaal.

b In welke toestand is het stearinezuur na 2 minuten, na 6 minuten en na 15 minuten?

Na 2 minuten vloeibaar (75 °C); na 6 minuten aan het stollen, vast en vloeibaar samen (69 °C); na 15 minuten vast (45 °C).

c Hoe lang duurde het stollen ongeveer?

Van ongeveer 3,5 tot 9,5 minuten: ongeveer 6 minuten.

d Het stearinezuur staat in lucht van 20 °C en verliest dus voortdurend warmte. Waarom daalt de temperatuur dan niet tijdens het stollen?

Bij het stollen komt energie vrij: de deeltjes gaan in een vaste orde zitten en geven daarbij energie af. Die energie vult het warmteverlies aan, zodat de temperatuur gelijk blijft tot alles vast is.

e Wat is het smeltpunt van stearinezuur?

Ook ongeveer 69 °C: bij een zuivere stof zijn smeltpunt en stolpunt gelijk.

6.7 Uitzetten: spoor, frame en een potje

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Gebruik de rekenregel: verlenging = (verlenging per m per °C) × lengte in m × temperatuurverschil. Verlenging per m per °C: staal 0,012 mm, beton 0,012 mm, aluminium 0,023 mm, glas 0,009 mm, polycarbonaat 0,065 mm.

a (a) Een oude spoorstaaf van staal is 30 m lang. Hoeveel verandert haar lengte tussen −10 °C en 40 °C? Hoe groot moest de opening tussen twee staven minstens zijn?

✓ (a) $0{,}012 \times 30 \times 50 = 18\,\text{mm}$. Bij −10 °C moest de opening dus minstens 18 mm zijn, zodat de staven bij 40 °C net niet tegen elkaar duwen.

b (b) Een glazen ruit van 1,20 m en een ruit van polycarbonaat van 1,20 m warmen 50 °C op. Hoeveel wordt elk langer?

✓ (b) Glas: $0{,}009 \times 1{,}20 \times 50 = 0{,}54\,\text{mm}$. Polycarbonaat: $0{,}065 \times 1{,}20 \times 50 = 3{,}9\,\text{mm}$, ongeveer zeven keer zoveel.

c (c) Een glazen potje met een metalen deksel zit vast. Je houdt het deksel even onder warm water en het gaat vlot open. Verklaar.

✓ Het metaal van het deksel zet meer uit dan het glas (aluminium 0,023 of staal 0,012 tegenover glas 0,009 mm per m per °C). Het deksel wordt iets ruimer rond de glazen rand en draait vlotter los.

d (d) In gewapend beton zitten stalen staven in het beton. Waarom is het een geluk dat staal en beton ongeveer even sterk uitzetten?

✓ Als ze verschillend uitzetten, zouden het staal en het beton bij elke temperatuurverandering tegen elkaar duwen of trekken, en zou het beton barsten. Omdat ze ongeveer even veel uitzetten, bewegen ze samen.

6.8 Labo: een ballon op een fles

Toepassen · 3 · Labo · 30 min

Trek een ballon over de hals van een lege glazen fles. Zet de fles in een bak met warm water (hooguit 60 °C), daarna in een bak met ijswater.

a Voorspel eerst wat er met de ballon gebeurt in het warme en in het koude water, en waarom.

✓ Warm: de ballon zet op; koud: de ballon zakt in of wordt zelfs in de fles gezogen. Omdat lucht uitzet als ze warmer wordt.

b Voer de proef uit en beschrijf je waarnemingen.

✓ In het warme water rijst de ballon langzaam op en wordt bol; in het ijswater zakt hij slap in, soms wordt hij een eindje de hals in getrokken.

c Teken het deeltjesmodel van de lucht in de fles en de ballon: in warm water en in ijswater.

✓ Warm: evenveel deeltjes als koud, maar met langere pijlen, verder verspreid tot in de ballon. Koud: kortere pijlen, dichter bij elkaar.

d Is er in het warme water lucht bijgekomen in de fles? Hoe kan je dat nagaan met een weegschaal?

✓ Nee, het zijn dezelfde deeltjes. Weeg de fles met ballon voor en na: de massa blijft gelijk (droog afvegen vóór het wegen). Het volume verandert, de massa niet.

e Waarom gebruik je een glazen fles en niet een plastic flesje?

✓ Een plastic flesje vervormt zelf: het zou kunnen indeuken of zacht worden, en dan meet je niet alleen het uitzetten van de lucht.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Voorspelling	Met een reden uit het deeltjesmodel.
Waarneming	Beschreven zonder uitleg: wat zag je?
Verklaring	Snellere deeltjes, meer ruimte, geen extra deeltjes; tekening klopt.
Veiligheid	Water hooguit 60 °C, glas niet van heet naar ijskoud in één keer.

6.9 Onderzoek: waar komt het water op een koud glas vandaan?

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 35 min

Een glas ijswater 'zweet'. Twee leerlingen discussiëren. Lina: 'Het water sijpelt door het glas.' Omar: 'Het water komt uit de lucht.'

a Bedenk een proef met blauwe kleurstof waarmee je kan beslissen wie gelijk heeft. Wat verwacht je bij elke hypothese?

✓ Kleur het ijswater blauw. Lina: blauwe druppels buiten. Omar: kleurloze druppels. (Je ziet kleurloze druppels: het water komt niet uit het glas.)

b Bedenk een tweede proef met een weegschaal. Wat verwacht je bij elke hypothese?

✓ Weeg het glas voor en na. Lina: de massa blijft gelijk (water verplaatst zich alleen van binnen naar buiten). Omar: de massa neemt toe, want er komt water uit de lucht bij.

c Voer de weegproef uit: weeg een droog afgeveegd glas ijswater, wacht 15 minuten en weeg opnieuw (zonder af te vegen).

✓ Bijvoorbeeld 412,6 g en 413,3 g: 0,7 g zwaarder (afhankelijk van de luchtvochtigheid).

d Formuleer een besluit. Waarom 'zweet' het glas niet op een koude dag buiten?

✓ Omar heeft gelijk: waterdamp uit de lucht condenseert op het koude glas. Buiten op een koude dag is de lucht zelf al koud en bevat ze weinig waterdamp; het glas is niet veel kouder dan de lucht, dus zakt de lucht niet onder haar dauwpunt.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Proefopzet	Twee proeven die de hypothesen van elkaar onderscheiden, met verwachtingen.
Metingen	Massa voor en na, met eenheid, zelfde weegschaal.
Besluit	Gebaseerd op de metingen; condensatie uitgelegd met het deeltjesmodel.

6.10 Diffusie in cijfers

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Een klas herhaalt de proef met kleurstof bij verschillende watertemperaturen en meet de tijd tot het water overal even sterk gekleurd lijkt:

T (°C)	10	20	40	60	80
t (min)	28	19	9	4	2

a Teken de grafiek van de tijd tegenover de temperatuur, met een vloeiende trendlijn.

Een dalende kromme die steeds vlakker wordt.

b Beschrijf het verband in één zin. Is het recht evenredig?

Hoe hoger de temperatuur, hoe korter de tijd, maar niet recht evenredig: de grafiek daalt en gaat niet door de oorsprong.

c Schat de tijd bij 50 °C. Is dat interpoleren of extrapoleren?

Ongeveer 6 minuten (tussen 9 en 4). Interpoleren.

d Kan je met deze grafiek voorspellen hoe lang het duurt bij 110 °C? Waarom niet?

Nee: water kookt bij 100 °C (bij normale luchtdruk); bij 110 °C is er geen vloeibaar water meer in een open glas. Dat ligt buiten het meetbereik en het verband verandert.

e Waarom zijn deze metingen niet heel nauwkeurig? Geef twee oorzaken.

'Overal even sterk gekleurd' is een schatting met het oog; stromingen in het water (vooral in warm water) versnellen het mengen; de druppels zijn niet allemaal even groot; het water koelt of warmt tijdens de proef.

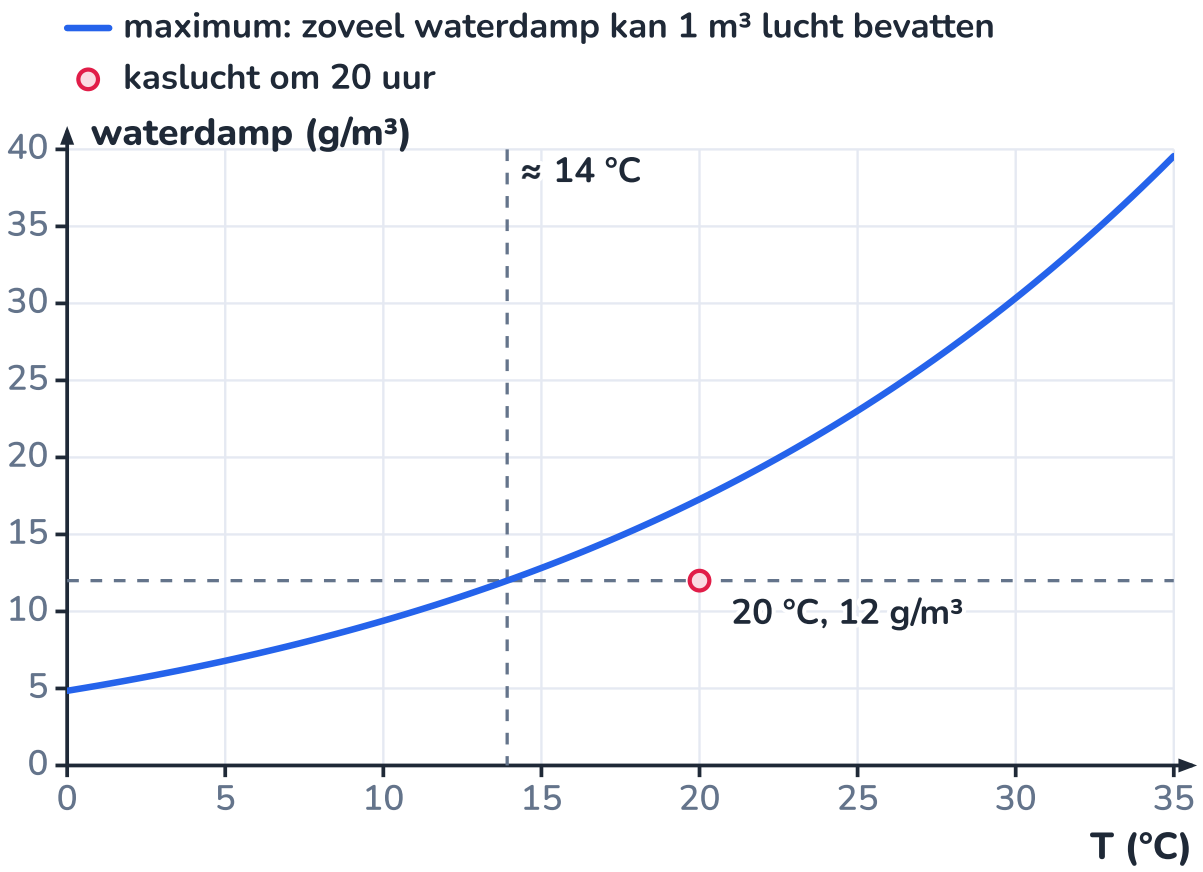
Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

6.11 Habitat: condens op de kaswand

Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

In de meetkas (576 L lucht) is het 's avonds 20 °C, met 12 g waterdamp per m³ lucht. In de nacht zakt de buitentemperatuur tot 2 °C en koelen de wanden af tot 6 °C.



Maximale hoeveelheid waterdamp in lucht (blauw) en de kaslucht om 20 uur (rood).

a Lees af hoeveel waterdamp lucht van 20 °C maximaal kan bevatten. Welk percentage daarvan zit er in de kaslucht?

✓ Ongeveer 17,3 g/m³. $12/17{,}3 \approx 0{,}69$: ongeveer 70 % (de relatieve luchtvochtigheid).

b Bij welke wandtemperatuur begint de kas te beslaan? Hoe heet die temperatuur?

✓ Bij ongeveer 14 °C: het dauwpunt van de kaslucht. Is de wand kouder, dan beslaat hij.

c Hoeveel gram water condenseert er per m³ lucht die tegen de wand afkoelt tot 6 °C? En als alle kaslucht tot 6 °C afkoelt?

✓ Bij 6 °C kan de lucht maar ongeveer 7,3 g/m³ bevatten: $12 - 7{,}3 = 4{,}7\,\text{g}$ per m³. Voor de hele kas: $4{,}7 \times 0{,}576 \approx 2{,}7\,\text{g}$ (en er komt voortdurend nieuwe waterdamp bij).

d Waar komt het water in de kaslucht vandaan? Noem drie bronnen.

✓ Verdamping door de bladeren van de planten, verdamping uit de natte grond, verdamping uit het reservoir (en uit de druppelslang).

e Geef twee nadelen en één voordeel van condens in de meetkas.

✓ Nadelen: druppels houden licht tegen; natte bladeren geven schimmels een kans; druppels kunnen op de elektronica vallen. Voordeel: het water gaat niet verloren, het druipt terug (kringloop).

f Bedenk drie maatregelen tegen te veel condens, en leg met het deeltjesmodel uit waarom ze werken.

✓ (1) 's Avonds kort verluchten: de vochtige lucht gaat naar buiten, er blijven minder waterdeeltjes over om te condenseren. (2) Isoleren, bijvoorbeeld met dubbelwandig polycarbonaat: de binnenwand blijft warmer, boven het dauwpunt. (3) Het reservoir afdekken: er verdampen minder deeltjes. (Of: een kleine ventilator die de lucht beweegt, zodat de wand niet plaatselijk verzadigd raakt.)

g Portfolio: welke sensor zou je in de meetkas toevoegen om condens te voorspellen, en welke twee grootheden moet hij meten?

> ✓ Een sensor voor temperatuur én relatieve luchtvochtigheid (bijvoorbeeld een DHT22 of BME280), en eventueel een tweede temperatuursensor op de wand.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Aflezen en rekenen	Maximum, percentage en condens correct, met eenheden.
Begrippen	Dauwpunt benoemd en uitgelegd; condenseren met het deeltjesmodel.
Oorzaken en gevolgen	Bronnen van waterdamp en voor- en nadelen concreet voor de kas.
Maatregelen	Drie haalbare maatregelen met een correcte verklaring.

6.12 Debat: klopt het deeltjesmodel?

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

Stelling: 'Het deeltjesmodel is fout, want het voorspelt dat ijs zinkt, en ijs drijft.' Bereid in groepjes argumenten voor en tegen voor.

a Leg uit waarom het eenvoudige model voorspelt dat ijs zou zinken.

> ✓ In het model zitten de deeltjes van een vaste stof in een vaste orde tegen elkaar, dichter dan in de vloeistof. Hetzelfde aantal deeltjes in minder ruimte is zwaarder per liter, dus zou ijs moeten zinken.

b Geef drie argumenten om het model toch te blijven gebruiken.

> ✓ Het verklaart toestanden, faseovergangen, uitzetten, diffusie en condens; het voorspelt dingen die je kan meten (Brownse beweging, sneller mengen in warm water); het is eenvoudig genoeg om mee te redeneren; voor bijna alle andere stoffen klopt het wel.

c Wat doen wetenschappers als een model een waarneming niet verklaart? Geef een voorbeeld uit dit hoofdstuk of uit hoofdstuk 19 (het watermodel).

> ✓ Ze zoeken een uitgebreider model dat ook de uitzondering verklaart (bij water: de vorm van de moleculen en hun bindingen, die in ijs een open rooster vormen), en blijven het eenvoudige model gebruiken waar het werkt. Ook het watermodel voor stroom heeft grenzen en blijft toch nuttig.

d Formuleer je eigen standpunt in twee zinnen.

> ✓ Bijvoorbeeld: 'Het deeltjesmodel is niet fout maar onvolledig. Je gebruikt het zolang het werkt, en je weet waar het ophoudt.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Inzicht	Legt de voorspelling van het model juist uit.
Argumenten	Concreet, met voorbeelden van wat het model wel verklaart.
Wetenschapsbeeld	Begrijpt dat modellen verbeterd worden, niet 'waar' of 'fout' zijn.

6.13 Ontwerp: de platen van de meetkas bevestigen

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 35 min

De lange wand van de meetkas is een plaat polycarbonaat van 1,20 m breed, die met vier schroeven van 4 mm op een aluminium frame komt. Je monteert bij 20 °C. In de kas varieert de temperatuur van −5 °C tot 45 °C. Polycarbonaat: 0,065 mm per m per °C; aluminium: 0,023 mm per m per °C.

a Bereken hoeveel de plaat en het frame langer worden tussen 20 °C en 45 °C, en hoeveel korter tussen 20 °C en −5 °C.

> ✓ Van 20 naar 45 °C (25 °C): plaat $0{,}065 \times 1{,}20 \times 25 = 1{,}95\,\text{mm}$ langer, frame $0{,}023 \times 1{,}20 \times 25 \approx 0{,}69\,\text{mm}$ langer. Van 20 naar −5 °C (ook 25 °C): even veel korter.

b Hoeveel schuift de plaat daardoor ten opzichte van het frame, over de hele breedte?

✓ $1{,}95 - 0{,}69 \approx 1{,}26\ \text{mm}$ in elke richting, dus 2,5 mm tussen de warmste en de koudste toestand.

c Stel dat de plaat in het midden vastzit en aan de uiteinden kan schuiven. Hoeveel moet elk uiteinde kunnen bewegen, in elke richting?

✓ De helft aan elke kant: ongeveer $0{,}63\ \text{mm}$ naar buiten (warm) en $0{,}63\ \text{mm}$ naar binnen (koud).

d Teken de plaat met de schroefgaten en hun maten. Leg uit waarom je voor die vorm kiest.

✓ Bijvoorbeeld: in het midden een rond gat van 4,5 mm (vast punt); aan de uiteinden sleufgaten in de lengterichting van ongeveer 4,5 mm × 7 mm, of ronde gaten van 7 mm met een brede sluitring. Zo kan de plaat meer dan ±0,63 mm schuiven, met wat marge. Schroef niet te vast, zodat de plaat kan glijden.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Uitzetting van plaat en frame en het verschil correct, in beide richtingen.
Redenering	Vast punt in het midden; beweging per uiteinde de helft van het verschil.
Tekening	Gaten of sleufgaten die groot genoeg zijn, met maten; vast punt aangeduid.

6.14 Een druppel zo groot als een stad

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Een druppel water heeft een diameter van ongeveer 4 mm. Een watermolecule is ongeveer 0,3 nm groot (1 nm = 0,000 001 mm). Stel je voor dat je alles vergroot tot een watermolecule zo groot is als een zandkorrel van 1 mm.

a Hoeveel keer moet je vergroten? Schrijf ook als macht van 10.

✓ $1\ \text{mm} / 0{,}000\,000\,3\ \text{mm} \approx 3\,300\,000$ keer, ongeveer $3{,}3 \cdot 10^6$ (drie miljoen driehonderdduizend).

b Hoe groot wordt de druppel dan? Vergelijk met iets wat je kent.

✓ $4\ \text{mm} \times 3\,300\,000 \approx 13\,000\,000\ \text{mm} = 13\ \text{km}$: een druppel hoger dan de Mount Everest (8,8 km), zo breed als een stad.

c In lucht staan de deeltjes gemiddeld ongeveer 3,4 nm uit elkaar. Hoe ver is dat in de vergroting?

✓ $3{,}4\ \text{nm} \times 3\,300\,000 \approx 11\ \text{mm}$: zandkorrels van 1 mm op ongeveer 1 cm van elkaar.

d Waarom kan je met een gewone lichtmicroscoop (die hooguit ongeveer 1000 à 1500 keer vergroot) nooit een watermolecule zien?

✓ 1000 keer vergroot is een molecule van 0,3 nm nog maar 0,0003 mm: veel te klein om te zien. Bovendien kan licht geen details tonen die veel kleiner zijn dan ongeveer 0,0002 mm, hoe sterk je ook vergroot.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 7

Massa, volume en dichtheid

Waarom een boomstam drijft en een paperclip zinkt, en hoe je een stof herkent zonder ze te proeven

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 361 min

M Materie en chemie · W Wiskundig modelleren · O Onderzoeken en meten



Het grootste deel van een ijsberg zit onder water. Hoe groot dat deel is, volgt uit twee dichtheden.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen — één stap, direct toepassen

7.1 Omzetten

●○○ Oefenen · 1 · Rekenen · 10 min

Gebruik: 1 mL = 1 cm³, 1 L = 1 dm³ = 1000 cm³, 1 m³ = 1000 L, en 1 g/cm³ = 1000 kg/m³.

a $2{,}70\,\mathrm{g/cm^3} =$ _____ kg/m³

✓ $2{,}70 \times 1000 = 2700\,\mathrm{kg/m^3}$

b $7870\,\mathrm{kg/m^3} =$ _____ g/cm³

✓ $7870/1000 = 7{,}87\,\mathrm{g/cm^3}$

c $1{,}20\,\mathrm{kg/m^3}$ (lucht) = _____ g/cm³

✓ $1{,}20/1000 = 0{,}0012\,\mathrm{g/cm^3}$

d $0{,}79\,\mathrm{g/mL} =$ _____ kg/L

✓ $0{,}79\,\mathrm{kg/L}$ (g/mL en kg/L zijn gelijk)

e $250\,\mathrm{cm^3} =$ _____ mL $=$ _____ L

✓ $250\,\mathrm{mL} = 0{,}250\,\mathrm{L}$

f $1{,}5\,\mathrm{m^3} =$ _____ L

✓ $1{,}5 \times 1000 = 1500\,\mathrm{L}$

7.2 Juist of fout?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Zijn deze uitspraken juist of fout? Verbeter de foute.

Vul in.

✓ (a) F: dichtheid is een stofeigenschap; beide blokken hebben 7,87 g/cm³. (b) F: allebei 1 kg; het lood neemt minder plaats in. (c) J. (d) F: een boomstam van honderden kilo drijft; de dichtheid beslist. (e) F: de massa blijft gelijk, het volume wordt groter. (f) J. (g) J. (h) F: de staaf zet uit (hoofdstuk 6), de massa blijft gelijk, dus de dichtheid wordt iets kleiner.

7.3 Dichtheden berekenen en opzoeken

Oefenen · 1 · Rekenen · 12 min

Bereken de dichtheid en zoek in de tabel van het handboek welke stof het kan zijn.

Vul de tabel aan.

✓ (a)

$54/20 = 2{,}7\,\mathrm{g/cm^3}$

: aluminium

(b)

$393{,}5/50 = 7{,}87\,\mathrm{g/cm^3}$

: ijzer

(c)

$23{,}7/30 = 0{,}79\,\mathrm{g/cm^3}$

: ethanol (een vloeistof, want het volume staat in mL)

(d)

$56{,}5/5{,}0 = 11{,}3\,\mathrm{g/cm^3}$

: lood

(e)

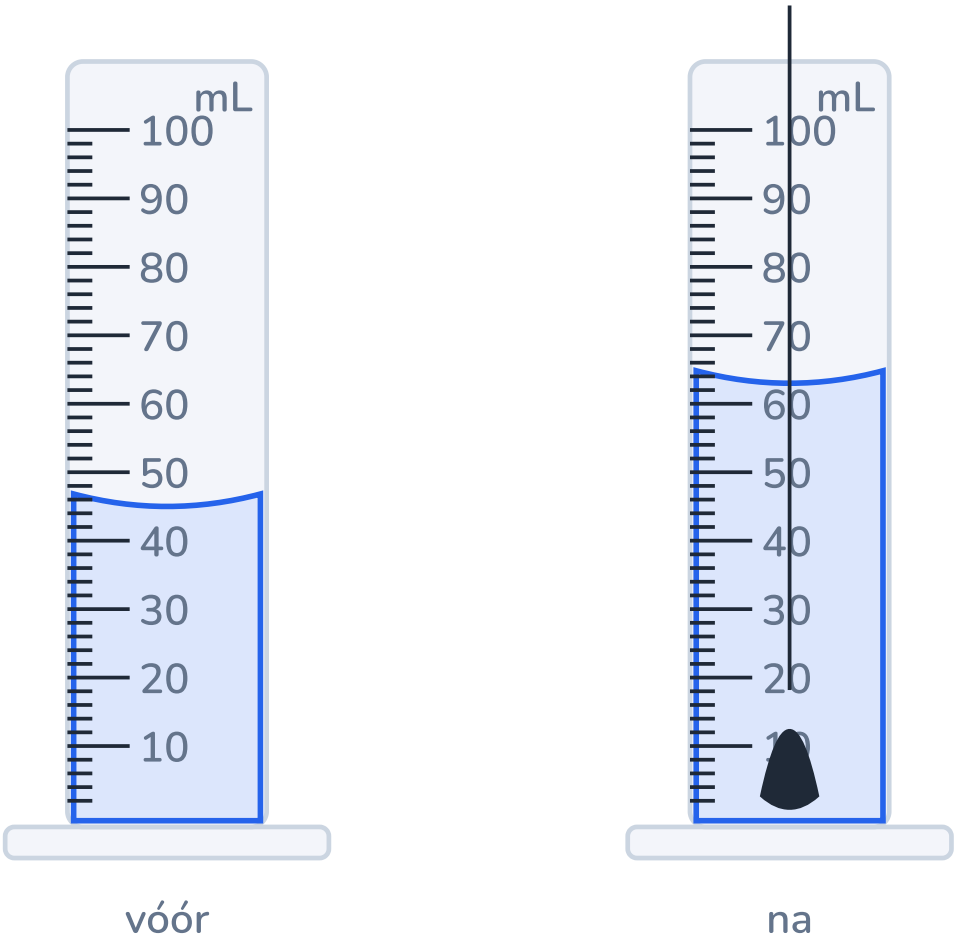
$12/60 = 0{,}20\,\mathrm{g/cm^3}$

: kurk

7.4 Aflezen: een loodje onder water

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Een visser wil weten of zijn gewichtje echt van lood is. Het weegt 203,4 g. Hij gebruikt een maatcilinder van 100 mL.



Links zonder, rechts met het gewichtje. Kleinste streepje: 2 mL.

a Lees beide maatcilinders af. Wat is het volume van het gewichtje?

✓ Voor: 45 mL; na: 63 mL. $V = 63 - 45 = 18\,\text{mL} = 18\,\text{cm}^3$.

b Bereken de dichtheid. Is het gewichtje van lood?

✓ $\rho = 203{,}4/18 = 11{,}3\,\text{g/cm}^3$: dat is lood.

c Waarom moet het gewichtje helemaal onder water zitten, en waarom tik je tegen het glas?

✓ Zit een deel boven water, dan meet je alleen het ondergedompelde deel: het volume is te klein. Tikken maakt luchtbelletjes los die anders als volume meetellen.

d Waarom gebruik je hier geen maatbeker van 1 L?

✓ Op een maatbeker van 1 L liggen de streepjes typisch 10 of 25 mL uit elkaar: een verschil van 18 mL kan je dan amper aflezen. Een smallere cilinder geeft een fijnere verdeling en een nauwkeuriger volume.

7.5 Zinkt, zweeft of drijft het?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Gebruik de tabel met dichtheden uit het handboek.

a Vul in: zinkt, zweeft of drijft?

(a) drijft (0,2 < 1,00). (b) zinkt (7,87 > 1,00). (c) drijft (7,87 < 13,5). (d) drijft (0,92 < 1,00). (e) zinkt (0,92 > 0,79). (f) zinkt (1,24 > 1,00). (g) drijft (0,90 < 1,00). (h) zinkt (0,90 > 0,79).

b In een recyclagebedrijf liggen snippers PP en PET door elkaar. Hoe kan je ze met een bak water scheiden?

Gooi de snippers in een bak water en roer. PP (0,90) drijft en schep je bovenaf weg; PET (1,38) zinkt en haal je van de bodem. Zo'n zink-drijfbak wordt echt gebruikt om kunststoffen te sorteren (hoofdstukken 9 en 10).

Toepassen — Toepassen

meerdere stappen, in een context

7.6 Een goudstaaf, een klaslokaal en een kilo kurk

Toepassen · 2 · Rekenen · 15 min

Kies telkens de juiste vorm van de formule: $\rho = m/V$, $m = \rho \cdot V$ of $V = m/\rho$.

a (a) Een standaard goudstaaf van een centrale bank weegt ongeveer 12,4 kg. Hoe groot is zijn volume? Vergelijk met een pak melk van 1 L.

$V = m/\rho = 12\,400\,\text{g}/19{,}3\,\text{g/cm}^3 \approx 642\,\text{cm}^3$: nog geen twee derde van een pak melk, en toch zo zwaar als 12 pakken.

b (b) Een klaslokaal is 8,0 m lang, 7,0 m breed en 3,0 m hoog. Hoeveel weegt de lucht erin?

$V = 8{,}0 \times 7{,}0 \times 3{,}0 = 168\,\text{m}^3$; $m = 1{,}20\,\text{kg/m}^3 \times 168\,\text{m}^3 \approx 202\,\text{kg}$: zwaarder dan twee volwassenen.

c (c) Hoeveel volume neemt 1,0 kg kurk in, en 1,0 kg lood? Hoeveel keer groter is het kurk?

Kurk: $1000\,\text{g}/0{,}2\,\text{g/cm}^3 = 5000\,\text{cm}^3 = 5\,\text{L}$. Lood: $1000/11{,}3 \approx 88{,}5\,\text{cm}^3$. $5000/88{,}5 \approx 57$: het kurk is ongeveer 57 keer groter.

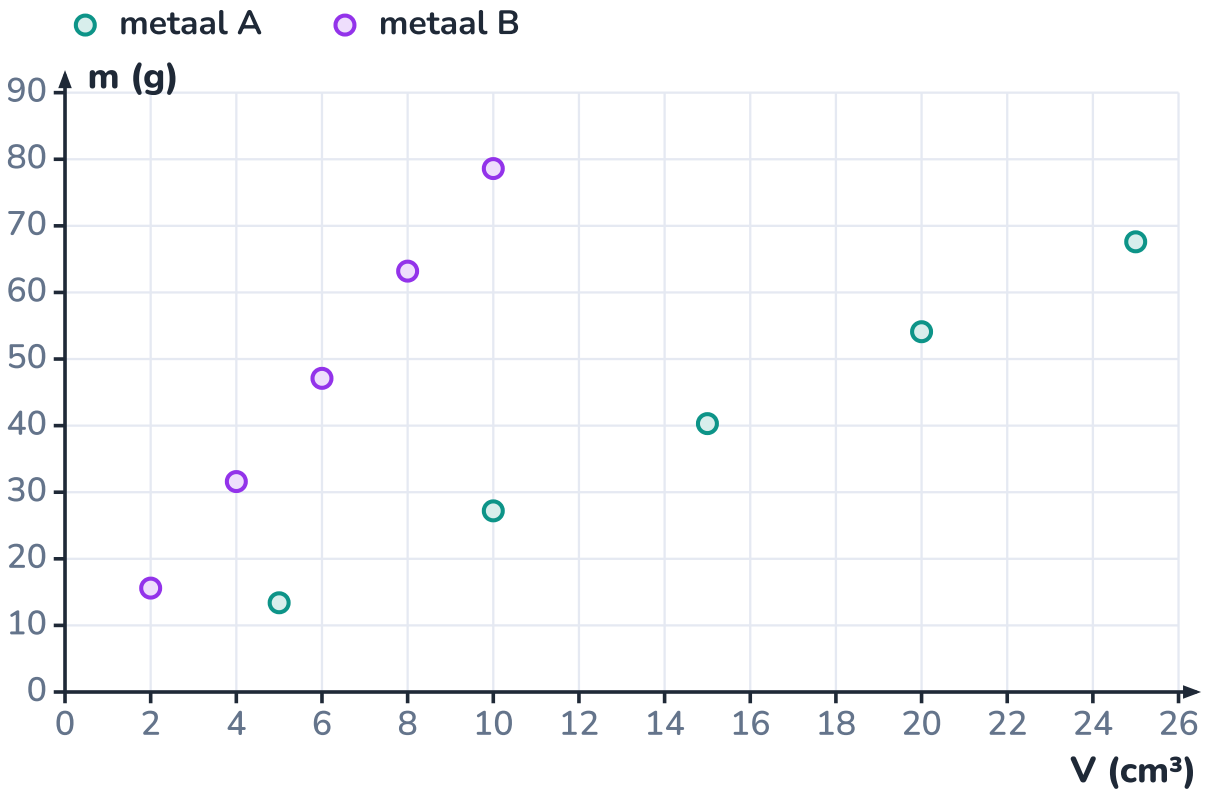
d (d) Hoeveel weegt een fles van 2,0 L olijfolie (zonder de fles)?

$m = \rho \cdot V = 0{,}91\,\text{kg/L} \times 2{,}0\,\text{L} \approx 1{,}8\,\text{kg}$.

7.7 Twee metalen in één grafiek

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een klas meet de massa en het volume van blokjes van twee metalen, A en B, van verschillende grootte.



Metingen van massa en volume voor blokjes van twee metalen.

a Welk metaal heeft de grootste dichtheid? Hoe zie je dat zonder te rekenen?

✓ B: zijn punten liggen op een steilere rechte; bij hetzelfde volume is de massa groter.

b Teken voor elk metaal de best passende rechte. Waarom moet die door de oorsprong gaan?

✓ Een blok zonder volume heeft geen massa: bij V = 0 is m = 0. Massa en volume zijn recht evenredig.

c Bepaal de dichtheid van A en van B met een punt ver op elke rechte. Welke metalen zijn het?

✓ A: bij 25 cm³ ongeveer 67,5 g: $\rho_A = 67{,}5/25 = 2{,}7\,\mathrm{g/cm^3}$, aluminium. B: bij 10 cm³ ongeveer 78,7 g: $\rho_B \approx 7{,}87\,\mathrm{g/cm^3}$, ijzer.

d Hoeveel weegt een blok van metaal A van 30 cm³? Is dat interpoleren of extrapoleren?

✓ $m = 2{,}7 \times 30 = 81\,\mathrm{g}$. Extrapoleren (30 ligt buiten de metingen), maar hier veilig: de dichtheid van aluminium verandert niet met de grootte van het blok.

7.8 Labo: de dichtheid van grillige voorwerpen

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Bepaal de dichtheid van drie voorwerpen: een steen, een metalen voorwerp (bv. een moer of een sleutelbos) en een stuk kaars. Je hebt een balans, maatcilinders van 100 en 250 mL, een naald en een overloopvat.

a Schrijf voor elk voorwerp op hoe je het volume zal meten. Wat is er speciaal aan de kaars?

✓ Steen en metaal: verschilmethode in de maatcilinder (of het overloopvat voor een grote steen). De kaars drijft: duw ze met een naald helemaal onder water, of maak er een zinker aan vast.

b Voer de metingen uit.

✓ Eigen metingen. Typisch: steen 2,5 à 2,8 g/cm³; stalen moer ± 7,8; messing sleutels ± 8,5; kaars ± 0,9.

c Vergelijk met de tabel in het handboek. Van welke stof kan elk voorwerp zijn?

✓ Steen: graniet, kalksteen of zandsteen (2,6 à 2,7). Moer: staal. Sleutels: messing. Kaars: paraffine (± 0,9, kleiner dan water, want ze drijft).

d Welke meting was het minst nauwkeurig? Hoe kan je ze verbeteren?

✓ Meestal het volume van het kleinste voorwerp: een verschil van enkele mL op een cilinder met streepjes van 2 mL. Verbeteren: een smallere maatcilinder, meerdere gelijke voorwerpen samen meten (meet veel en deel, hoofdstuk 3), of een overloopvat met een kleine maatcilinder eronder.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Meetplan	Verschilmethode of overloopvat passend bij de grootte; drijvende kaars onder water geduwd met een naald.
Metingen	Eenheden in de kop van de tabel; volumes afgelezen op ooghoogte; geen luchtbellen.
Berekening	Dichtheid met de juiste eenheid, zinvol afgerond (hoofdstuk 3).
Besluit	Vergelijking met de tabel, met oog voor de nauwkeurigheid van het volume.

7.9 IJs, flessen en ijsbergen

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

IJs heeft een dichtheid van 0,917 g/cm³, water 1,00 g/cm³ en zeewater 1,025 g/cm³.

a (a) Een PET-fles bevat 1,5 L water (1,5 kg). Welk volume heeft dat water als ijs? Hoeveel meer is dat?

✓ $V = m/\rho = 1500\,\text{g}/0{,}917\,\text{g/cm}^3 \approx 1636\,\text{cm}^3 \approx 1{,}64\,\text{L}$: ongeveer 0,14 L of 9 % meer.

b (b) Waarom mag je een volle glazen fles niet in de diepvries leggen, en een halfvolle wel?

✓ Het ijs heeft 9 % meer ruimte nodig. In een volle fles kan het nergens heen en duwt het het glas kapot. In een halfvolle fles zet het ijs uit in de lege ruimte.

c (c) Welk deel van een ijsberg zit onder het zeewater? Welk deel van een ijsblokje zit onder het water in je glas?

✓ IJsberg: $0{,}917/1{,}025 \approx 0{,}89$, bijna 90 % onder water. IJsblokje in zoet water: $0{,}917/1{,}00 \approx 92\,\%$.

d (d) Een ijsblokje in een glas ethanol: wat gebeurt er, en waarom?

✓ Het ijsblokje zinkt: ijs (0,92) is dichter dan ethanol (0,79).

7.10 Is deze ring van zilver?

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een ring weegt 5,25 g. In een maatcilinder van 10 mL (streepjes per 0,1 mL) stijgt het water van 6,0 mL naar 6,5 mL als de ring erin gaat. Je kan elke aflezing tot op ongeveer 0,05 mL juist doen, dus het verschil is onzeker tot op ongeveer 0,1 mL.

a Bereken de dichtheid met het gemeten volume.

✓ $\rho = 5{,}25/0{,}5 = 10{,}5\,\text{g/cm}^3$: precies zilver.

b Bereken de dichtheid als het volume in werkelijkheid 0,4 mL is, en als het 0,6 mL is.

✓ $5{,}25/0{,}4 \approx 13{,}1\,\text{g/cm}^3$ en $5{,}25/0{,}6 = 8{,}75\,\text{g/cm}^3$.

c Welke metalen uit de tabel passen allemaal bij deze meting? Kan je besluiten dat de ring van zilver is?

✓ Alles tussen 8,75 en 13,1: koper (8,96), zilver (10,5) en lood (11,3) passen allemaal. De meting alleen bewijst dus niet dat de ring van zilver is.

d Bedenk een manier om de dichtheid van kleine voorwerpen nauwkeuriger te bepalen.

✓ Bijvoorbeeld: meerdere gelijke ringen samen meten; een smallere buis gebruiken; het overgelopen water wegen in plaats van het volume af te lezen (0,5 mL water weegt 0,5 g, en een balans meet tot 0,01 g); of zoals Galilei de ring in water wegen (Intermediate).

7.11 Maak: een aräometer uit een rietje

●●○ Toepassen | 3 | Maken | 40 min

Een **aräometer** (densimeter) is een drijvend buisje dat dieper of minder diep zakt naargelang de dichtheid van de vloeistof. Wijnmakers en bierbrouwers meten er het suikergehalte mee. Maak er een uit een rietje van 15 cm, dat je onderaan dichtmaakt met een propje boetseerklei.

a Voeg klei toe tot het rietje rechtop drijft in kraanwater, met ongeveer 5 cm boven water. Zet een streepje met watervaste stift aan het wateroppervlak: '1,00'.

✓ Eigen resultaat. Te veel klei: het rietje zinkt; te weinig: het kantelt.

b Los 30 g zout op in 270 mL water (10 % zout, dichtheid 1,07 g/cm³). Zet de aräometer erin en markeer '1,07'. Zakt hij dieper of minder diep dan in kraanwater? Verklaar.

✓ Hij drijft hoger: het streepje '1,07' staat lager op het rietje dan '1,00'. In een dichtere vloeistof hoeft een drijvend voorwerp minder vloeistof opzij te duwen om evenveel massa te 'dragen', dus zakt het minder diep.

c Test je aräometer in een onbekende vloeistof (melk, suikerwater, zeewater). Schat de dichtheid.

✓ Melk zit rond 1,03: tussen de twee streepjes. Zeewater ongeveer 1,025. Suikerwater hangt af van hoeveel suiker.

d Hoe kan je je aräometer gevoeliger maken?

✓ Een dunner buisje (of een dunner rietje boven een zwaarder onderstuk): dan verandert de diepte meer bij een klein verschil in dichtheid, en liggen de streepjes verder uit elkaar.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Bouw	Rietje drijft rechtop; de klei zit onderaan en lekt niet.
Ijken	Twee streepjes bij bekende dichtheden, op het oppervlak afgelezen.
Uitleg	Legt uit waarom de aräometer in een dichtere vloeistof hoger drijft.
Test	Schatting voor de onbekende vloeistof, tussen of buiten de twee streepjes.

●●● Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

7.12 Habitat: hoeveel weegt de meetkas?

●●● Uitdagen | 4 | Habitat | 45 min

Voor het ontwerp van de tafel en het frame (hoofdstukken 11 en 13) moet je weten wat de meetkas weegt. Gegevens: reservoir met binnenmaten 40 × 30 × 25 cm, gevuld tot 20 cm; 12 bakjes met elk 10 cm potgrond op 30 × 20 cm (droog ± 0,3 kg/L, vochtig ± 0,6 kg/L); 576 L lucht (1,20 kg/m³). Het frame is 10,4 m aluminium kokerprofiel van 20 × 20 mm met een wand van 1,5 mm: de doorsnede is 1,11 cm². Wanden en dak zijn samen 3,60 m².

a Bereken de massa van het water: bij 20 cm vulhoogte en bij een vol reservoir.

✓ $40 \times 30 \times 20 = 24\,000\,\text{cm}^3 = 24\,\text{L}$, dus 24 kg. Vol: $40 \times 30 \times 25 = 30\,\text{L}$, dus 30 kg.

b Bereken de massa van de potgrond, droog en vochtig.

✓ $12 \times 30 \times 20 \times 10\,\text{cm}^3 = 72\,000\,\text{cm}^3 = 72\,\text{L}$. Droog: $72 \times 0{,}3 \approx 22\,\text{kg}$; vochtig: $72 \times 0{,}6 \approx 43\,\text{kg}$.

c Bereken de massa van het frame in aluminium (2,70 g/cm³). Hoeveel zou het wegen in staal (7,85 g/cm³)?

✓ $V = 1{,}11\,\text{cm}^2 \times 1040\,\text{cm} \approx 1154\,\text{cm}^3$. Aluminium: $1154 \times 2{,}70 \approx 3116\,\text{g} \approx 3{,}1\,\text{kg}$. Staal: $1154 \times 7{,}85 \approx 9060\,\text{g} \approx 9{,}1\,\text{kg}$, bijna drie keer zo zwaar.

d Voor de wanden twijfel je tussen massief polycarbonaat van 4 mm (1,20 g/cm³) en een kanaalplaat van 4 mm, die volgens de verkoper 0,8 kg per m² weegt. Bereken voor beide de massa van de wanden. Wat is de gemiddelde dichtheid van de kanaalplaat, en hoe verklaar je dat verschil?

✓ Massief: $V = 3{,}60\,\text{m}^2 \times 0{,}004\,\text{m} = 0{,}0144\,\text{m}^3$; $m = 1200\,\text{kg/m}^3 \times 0{,}0144\,\text{m}^3 \approx 17\,\text{kg}$. Kanaalplaat: $3{,}60 \times 0{,}8 \approx 2{,}9\,\text{kg}$. Gemiddelde dichtheid: $0{,}8\,\text{kg}$ per $1\,\text{m}^2 \times 0{,}004\,\text{m} = 0{,}004\,\text{m}^3$, dus $200\,\text{kg/m}^3 = 0{,}20\,\text{g/cm}^3$. Een kanaalplaat bestaat uit twee dunne wanden met dwarsribben, en daartussen lucht: net als bij een schip telt de lucht mee in het volume.

e Maak in je portfolio een tabel met alle massa's (water vol, grond vochtig, lucht, frame, wanden als kanaalplaat) en het totaal. Welke twee onderdelen bepalen het meest wat de tafel en de vloer moeten dragen?

✓ Water 30 kg; potgrond 43 kg; lucht 0,7 kg; frame 3,1 kg; wanden 2,9 kg; totaal ongeveer 80 kg. De vochtige potgrond en het water zijn samen goed voor ruim 90 % van de massa. De tafel draagt vooral de grond; het reservoir staat eronder op de vloer.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Telkens de juiste vorm van de formule; volumes in de juiste eenheid voor de dichtheid.
Eenheden	Omzettingen cm³, L, m³ en g, kg correct en zichtbaar.
Vergelijking	Aluminium tegenover staal en massief tegenover kanaalplaat besproken.
Portfolio	Overzichtelijke tabel met totaal en een besluit.

7.13 Archimedes nagerekend

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 25 min

Stel dat de krans van koning Hiëro 1000 g woog. Goud: 19,3 g/cm³; zilver: 10,5 g/cm³. Neem aan dat de volumes van het goud en het zilver gewoon optellen.

a Welk volume heeft een krans van 1000 g zuiver goud?

✓ $V = 1000/19{,}3 \approx 51{,}8\,\text{cm}^3$.

b De goudsmid verving 200 g goud door 200 g zilver. Welk volume heeft de krans nu? Hoeveel is dat meer?

✓ $800/19{,}3 + 200/10{,}5 \approx 41{,}5 + 19{,}0 = 60{,}5\,\text{cm}^3$: ongeveer $8{,}7\,\text{cm}^3$ meer.

c Wat is de dichtheid van de vervalste krans?

✓ $\rho = 1000/60{,}5 \approx 16{,}5\,\text{g/cm}^3$, duidelijk minder dan 19,3.

d De krans past in een ronde kom met een diameter van 20 cm. Hoeveel hoger komt het water bij de vervalste krans dan bij een krans van zuiver goud? (Oppervlakte van een cirkel: $\pi \cdot r^2$.)

✓ Oppervlakte van de kom: $\pi \times 10^2 \approx 314\,\text{cm}^2$. Extra hoogte: $8{,}7/314 \approx 0{,}028\,\text{cm} \approx 0{,}3\,\text{mm}$.

e Had Galilei gelijk dat de methode uit de legende moeilijk werkt? Hoe zou jij het verschil beter zichtbaar maken?

✓ Ja: een verschil van een derde millimeter in een brede kom, met golfjes en een meniscus, zie je nauwelijks. Beter: de overgelopen hoeveelheid water opvangen en in een smalle maatcilinder meten of wegen (8,7 g verschil zie je makkelijk op een balans), of de krans en evenveel goud onder water aan een balans vergelijken, zoals Galilei voorstelde.

7.14 Onderzoek: hoe zout moet het water zijn?

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 50 min

Hoe hangt de dichtheid van zout water af van de hoeveelheid zout? Bij welke dichtheid gaat een ei zweven? Tabelwaarden bij 20 °C (massa zout per 100 g zout water): 5 % → 1,034 g/cm³; 10 % → 1,071 g/cm³; 12 % → 1,086 g/cm³; 14 % → 1,101 g/cm³; 16 % → 1,116 g/cm³.

a Maak vijf oplossingen: 0, 10, 20, 30 en 40 g zout, elk aangevuld met water tot 200 g samen. Hoe bepaal je de dichtheid van elke oplossing met een balans en een maatcilinder?

- Weeg een getarreerd bekerglas, meet 100 mL oplossing af met de maatcilinder, giet het erin en weeg: $\rho = m / 100\,\text{mL}$. (0, 10, 20, 30, 40 g per 200 g is 0, 5, 10, 15 en 20 % zout.)

b Meet en bereken.

- Verwacht ongeveer: 0 % → 1,00; 5 % → 1,03; 10 % → 1,07; 15 % → 1,11; 20 % → 1,15 g/cm³.

c Zet de dichtheid uit tegenover het percentage zout. Teken ook de tabelwaarden. Komen ze overeen?

- De dichtheid stijgt bijna recht evenredig met het zoutgehalte, maar de rechte begint bij 1,00 en niet bij 0.

d Leg een vers ei in elke oplossing. In welke zweeft het (ongeveer)? Wat is dus de dichtheid van het ei?

- Rond 12 % zout (tussen 10 en 15 %): het ei heeft een dichtheid van ongeveer 1,08 à 1,09 g/cm³.

e Noem twee oorzaken van verschillen tussen jouw metingen en de tabel.

- Afleesfouten op de maatcilinder (1 mL op 100 mL is al 1 %), zout dat niet helemaal opgelost is, water dat in de cilinder achterblijft, een andere temperatuur dan 20 °C, onzuiver keukenzout.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Werkwijze	Oplossing afgewogen; 100 mL afgemeten en gewogen in een getarreerd bekerglas.
Metingen	Tabel met eenheden; dichtheid berekend met drie cijfers.
Grafiek	Stijgende, bijna rechte lijn; tabelwaarden ter vergelijking.
Besluit	Dichtheid van het ei afgeleid uit de oplossing waarin het zweeft; bronnen van fouten benoemd.

7.15 Ontwerp: een bootje van aluminiumfolie

Uitdagen · 3 · Ontwerpen · 40 min

Je krijgt een vel aluminiumfolie van 20 cm × 20 cm (ongeveer 1 g) en een bak water. Ontwerp een bootje dat zoveel mogelijk knikkers draagt voor het zinkt. Een prop aluminiumfolie zinkt; een bootje uit hetzelfde vel drijft.

a Leg met de gemiddelde dichtheid uit waarom de prop zinkt en het bootje drijft.

- De prop is bijna massief aluminium (2,70 g/cm³): dichter dan water. Het bootje omsluit veel lucht: de totale massa gedeeld door het volume onder de waterlijn (lucht inbegrepen) is kleiner dan 1 g/cm³.

b Schets twee ontwerpen met hun maten. Voorspel welk meer knikkers draagt en waarom.

- Bijvoorbeeld een platte bak met een brede bodem tegenover een smalle, hoge bak. Een brede, vlakke bodem met een stevige rand draagt meestal het meest.

c Test, verbeter en test opnieuw. Noteer telkens het aantal knikkers.

- Eigen resultaten; verbeteringen zijn bijvoorbeeld een dubbele bodem, knikkers gelijkmatig verspreiden, een hogere rand.

d Een bootje van 10 cm × 10 cm met een rand van 3 cm kan hoogstens 300 cm³ water opzij duwen. Hoeveel gram kan het dan hoogstens dragen (bootje zelf inbegrepen)? Waarom haal je dat in de praktijk niet?

300 cm³ water heeft een massa van 300 g: het bootje kan samen met de knikkers hoogstens 300 g wegen voor het water over de rand komt. In de praktijk kantelt het bootje, buigt de bodem door, of lekt er water in voor de rand bereikt is.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Uitleg	Gemiddelde dichtheid: massa gedeeld door het volume inclusief de lucht in het bootje.
Ontwerp	Twee schetsen met maten en een onderbouwde voorspelling.
Iteratie	Minstens twee verbeteringen, gemeten en genoteerd.
Grens	Maximale last berekend met de dichtheid van water; verschil met de praktijk verklaard.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 8

Zuivere stoffen en mengsels

Waarom 'puur' sap een mengsel is, hoeveel zout er in water past, en hoeveel voeding er in de gieter moet

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 338 min

M Materie en chemie · O Onderzoeken en meten



Zes glazen, zes mengsels. Welke zijn homogeen, welke heterogeen?

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

8.1 Stofeigenschap of niet?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Zet een kruisje bij elke eigenschap die een stofeigenschap is.

a Vul in.

✓ Ja: (a), (c), (e), (g), (i), (j). Nee: (b), (d), (f), (h).

b Leg met een voorbeeld uit waarom de temperatuur geen stofeigenschap is.

✓ Water kan 5 °C of 80 °C zijn en blijft water. De temperatuur zegt iets over de toestand van dit ene glas, niet over de stof.

8.2 Zuiver, homogeen of heterogeen?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 12 min

Deel elk voorbeeld in als zuivere stof, homogeen mengsel of heterogeen mengsel.

Vul in.

(a) zuiver. (b) homogeen (opgeloste zouten). (c) homogeen. (d) heterogeen (emulsie: vetdruppeltjes). (e) homogeen. (f) zuiver. (g) homogeen (legering). (h) heterogeen (suspensie). (i) heterogeen (nevel). (j) zuiver (op 0,1 % na). (k) homogeen. (l) heterogeen (gas in vloeistof). (m) heterogeen (je ziet de korrels).

8.3 De juiste woorden

Oefenen · 1 · Begrijpen · 12 min

Gebruik de woorden uit het handboek.

a Wat is het oplosmiddel en wat de opgeloste stof?

Suikerwater: water, suiker. Zeewater: water, zouten (vooral keukenzout). Spuitwater: water, koolstofdioxide. Wijn: water (er is het meest van), alcohol (en suikers, zuren, kleurstoffen).

b Welk soort heterogeen mengsel is het: suspensie, emulsie, schuim, rook of nevel?

Modderwater: suspensie. Mayonaise: emulsie. Slagroom: schuim. Rook: rook (vaste deeltjes in gas). Mist: nevel. Vinaigrette: emulsie (die na een tijd ontmengt: olie bovenop).

8.4 Rekenen met g/L

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Gebruik $c = m/V$, $m = c \cdot V$ of $V = m/c$. Zet volumes eerst om naar liter.

Vul de tabel aan.

(a)

$c = 18/2{,}0 = 9{,}0\,\mathrm{g/L}$

(fysiologisch zout)

(b)

$c = 5{,}0/0{,}250 = 20\,\mathrm{g/L}$

(c)

$m = 35 \times 3{,}0 = 105\,\mathrm{g}$

(d)

$V = 24/1{,}0 = 24\,\mathrm{L}$

(e)

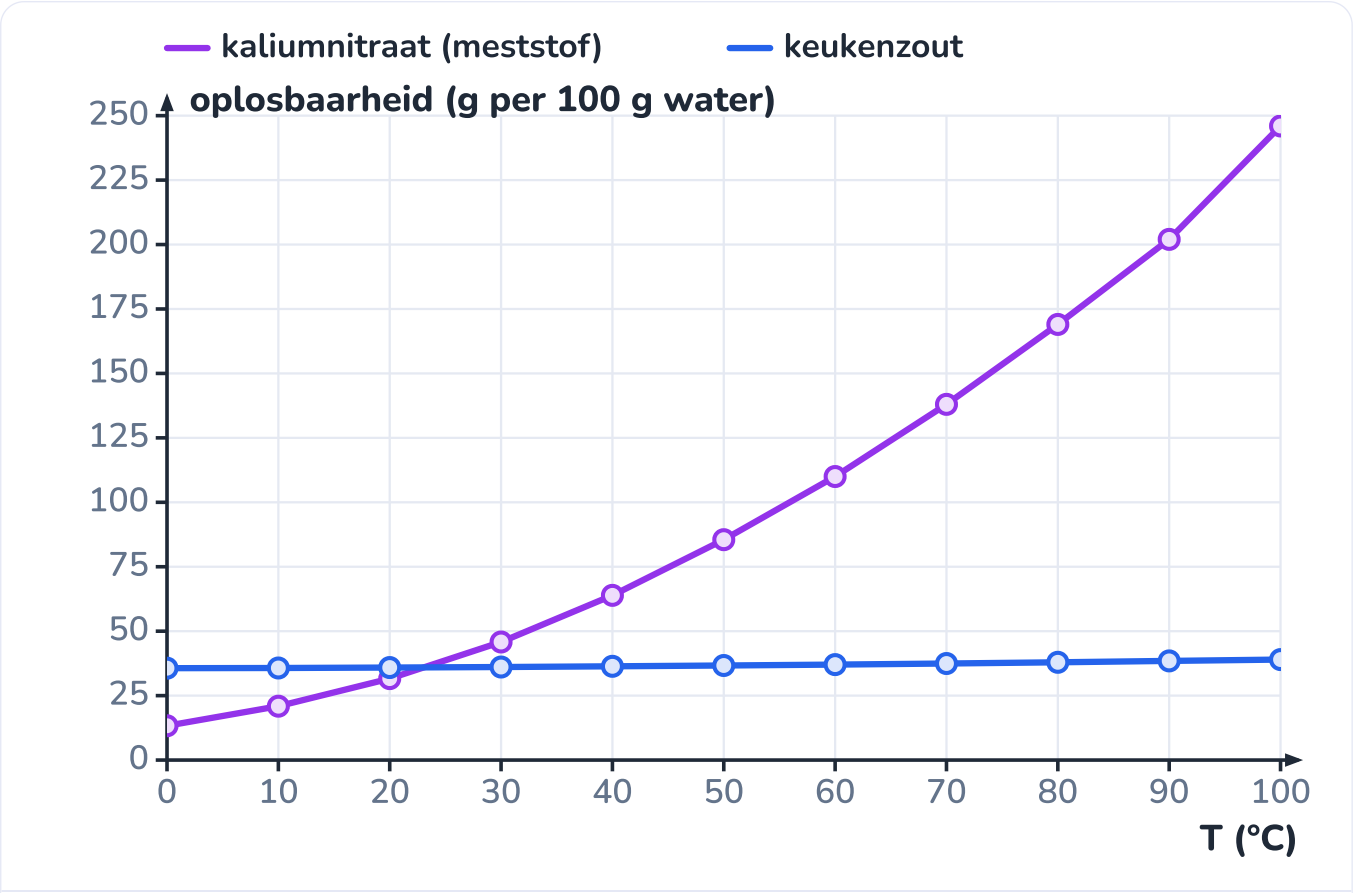
$m = 50 \times 1{,}5 = 75\,\mathrm{mg}$

(hoogstens)

8.5 Een oplosbaarheidscurve aflezen

Oefenen · 2 · Analyseren · 12 min

Gebruik de oplosbaarheidscurves van kaliumnitraat en keukenzout.



Oplosbaarheid in gram per 100 g water.

a Hoeveel keukenzout lost er op in 100 g water van 20 °C? En van 100 °C?

✓ 35,9 g bij 20 °C; 39,0 g bij 100 °C.

b Hoeveel kaliumnitraat lost er op in 100 g water van 20 °C? En van 60 °C?

✓ 31,6 g bij 20 °C; 110 g bij 60 °C.

c Bij welke temperatuur lossen beide stoffen even goed op?

✓ Waar de curves elkaar snijden: bij ongeveer 23 °C (beide ongeveer 36 g).

d Hoeveel kaliumnitraat lost er op in 250 g water van 40 °C?

✓ Bij 40 °C lost 63,9 g op per 100 g water. In 250 g water: $2{,}5 \times 63{,}9 \approx 160\,\text{g}$.

e Welke stof kan je makkelijk zuiveren door een warme verzadigde oplossing af te koelen? Waarom?

✓ Kaliumnitraat: de oplosbaarheid daalt sterk bij afkoelen, dus kristalliseert er veel. Bij keukenzout bijna niets.

Toepassen

Toepassen — meerdere stappen, in een context

8.6 Labo: vijf witte poeders

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Je krijgt vijf genummerde bakjes met een wit poeder: keukenzout, suiker, bloem, zuiveringszout (natriumwaterstofcarbonaat, 'baking soda') en krijtpoeder, maar je weet niet welk welk is. Onderzoek vier eigenschappen: (1) lost het op in water (helder of troebel)? (2) geleidt de oplossing (de led-tester uit het handboek)? (3) wat gebeurt er als je een snuifje in een oude lepel boven een theelichtje verwarmt? (4) bruist het als je er een paar druppels azijn op doet?

a Voorspel voor elke stof wat je bij elke test verwacht.

- Zout: lost op, helder, geleidt, verandert niet bij verwarmen, niet bruisen. Suiker: lost op, helder, geleidt niet, smelt en wordt bruin (karamel). Bloem: lost niet op (troebel, zakt), geleidt niet, wordt bruin tot zwart, bruist niet. Zuiveringszout: lost op, helder, geleidt, blijft wit, bruist met azijn. Krijt: lost niet op (troebel), geleidt nauwelijks, verandert niet, bruist met azijn.

b Voer de tests uit en noteer.

- Eigen waarnemingen, zoals hierboven.

c Maak een beslisschema: welke twee vragen volstaan om elk poeder te herkennen?

- Bijvoorbeeld: vraag 1 'bruist het met azijn?' Ja: zuiveringszout of krijt; lost het op? ja = zuiveringszout, nee = krijt. Nee: lost het helder op? nee = bloem; ja: geleidt de oplossing? ja = zout, nee = suiker.

d Waarom mag je de poeders niet proeven, ook al zijn het keukenproducten?

- In een labo kan elk bakje verontreinigd zijn of iets anders bevatten dan je denkt; de materialen zijn niet voedselveilig; en je leert een gewoonte aan die bij onbekende stoffen levensgevaarlijk is (hoofdstuk 5).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Veiligheid	Bril; kleine hoeveelheden; lepel met een knijper vasthouden; niets proeven.
Waarnemingen	Per bakje vier tests, beschreven zonder meteen te interpreteren.
Besluit	Elk poeder herkend met minstens twee eigenschappen.
Beslisschema	Twee of drie vragen na elkaar die alle vijf poeders van elkaar scheiden.

8.7 Zout uit de zee

Toepassen · 2 · Rekenen · 15 min

Zeewater bevat ongeveer 35 g zout per liter.

a (a) Hoeveel kg zout zit er in 1 m³ zeewater?

- $1\,\mathrm{m^3} = 1000\,\mathrm{L}$; $35 \times 1000 = 35\,000\,\mathrm{g} = 35\,\mathrm{kg}$.

b (b) Een zoutpan van 10 m × 10 m wordt gevuld met 5,0 cm zeewater. Hoeveel liter is dat? Hoeveel zout blijft er over als al het water verdampt is?

- $V = 10 \times 10 \times 0{,}050 = 5{,}0\,\mathrm{m^3} = 5000\,\mathrm{L}$; $m = 35 \times 5000 = 175\,000\,\mathrm{g} = 175\,\mathrm{kg}$ zout.

c (c) Hoeveel liter zeewater moet verdampen voor een zakje van 500 g zout?

- $V = 500/35 \approx 14\,\mathrm{L}$.

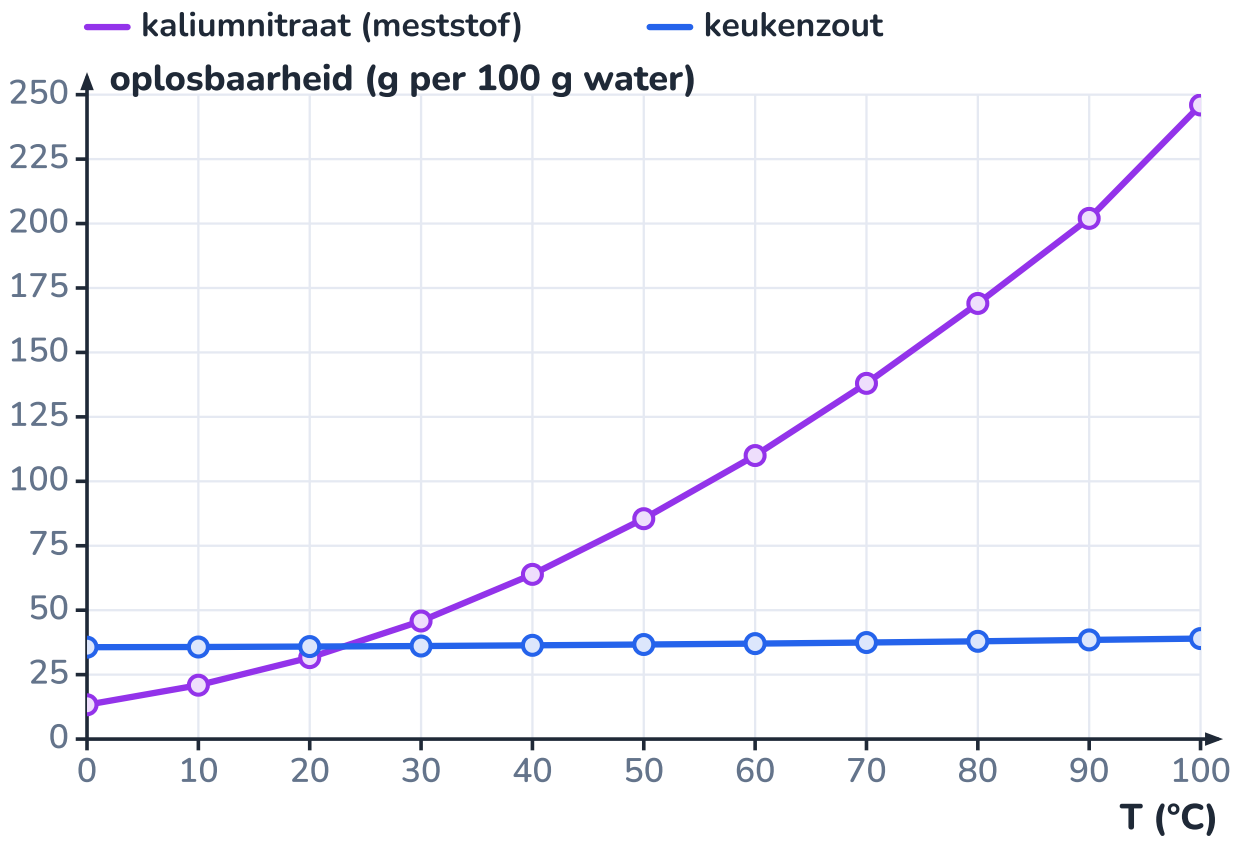
d (d) Waarom is het zout uit een zoutpan geen zuiver keukenzout?

- Zeewater bevat ook andere zouten (magnesium- en calciumzouten), en er waait zand en stof in de pan. Zeezout is dus een mengsel, met ruim drie kwart keukenzout.

8.8 Kristallen door afkoelen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Gebruik de oplosbaarheidscurve of de tabel met oplosbaarheden in het handboek.



Oplosbaarheid in gram per 100 g water.

a (a) Je lost 80 g kaliumnitraat op in 100 g water van 60 °C. Is de oplossing verzadigd?

Nee: bij 60 °C lost er tot 110 g op; 80 g is onverzadigd.

b (b) Bij welke temperatuur verschijnen de eerste kristallen als je afkoelt?

Waar de oplosbaarheid 80 g is: tussen 40 °C (63,9 g) en 50 °C (85,5 g), ongeveer bij 47 °C.

c (c) Hoeveel gram kristallen heb je bij 20 °C?

$80 - 31{,}6 = 48{,}4\,\text{g}$.

d (d) Je doet hetzelfde met een verzadigde keukenzoutoplossing van 60 °C (100 g water). Hoeveel kristallen krijg je bij 20 °C?

$37{,}0 - 35{,}9 \approx 1{,}1\,\text{g}$: bijna niets.

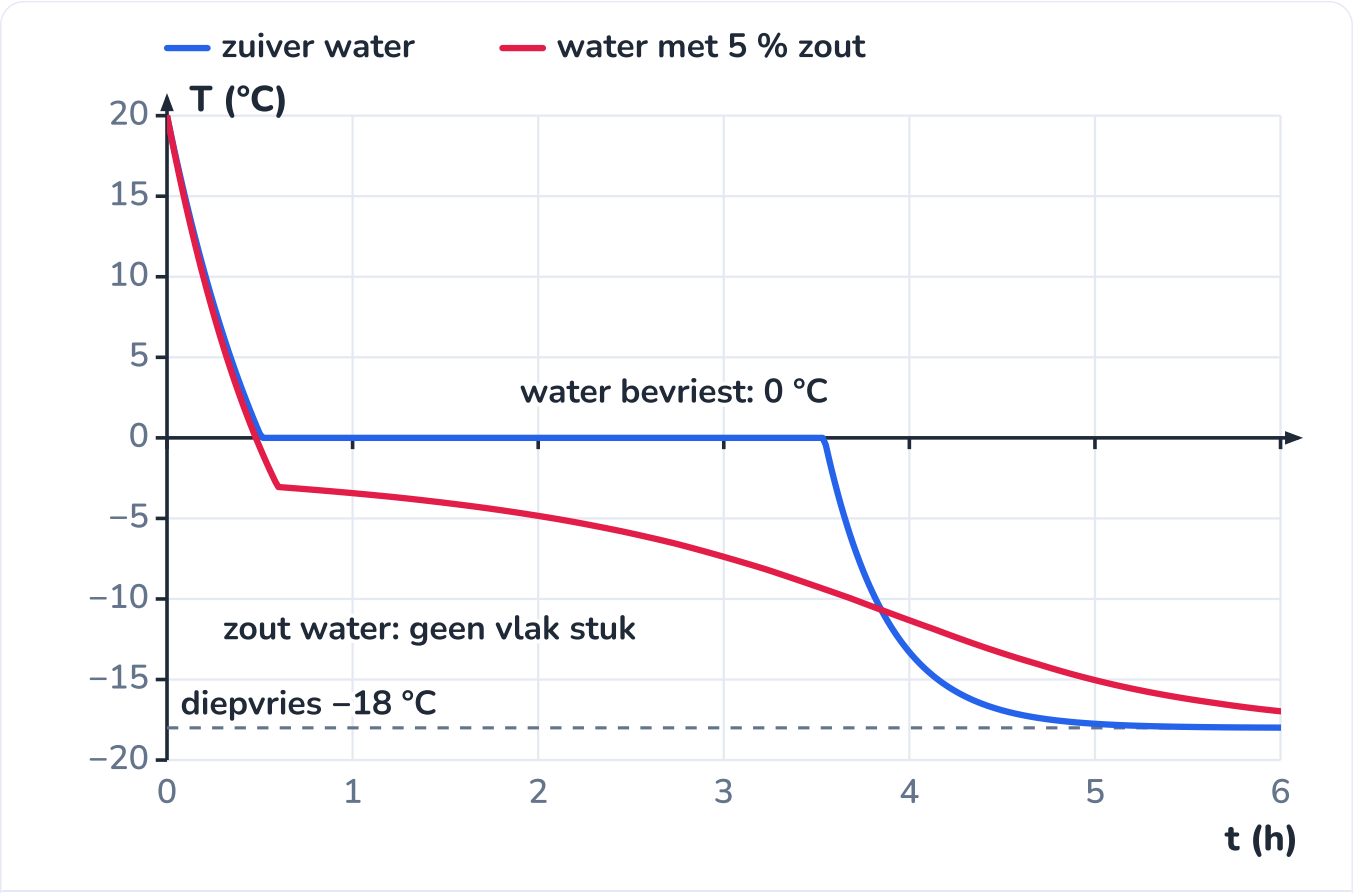
e (e) Hoe haal je het meeste keukenzout uit een oplossing?

Door het water te laten verdampen (indampen): het zout blijft achter. Zo werken zoutpannen.

8.9 Afkoelcurves lezen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Twee potjes met elk 100 g vloeistof staan samen in een diepvries van −18 °C.



Temperatuur van zuiver water en van water met 5 % zout.

a Welke curve hoort bij een zuivere stof? Waaraan zie je dat?

✓ Zuiver water: de curve heeft een vlak stuk bij 0 °C.

b Hoe lang duurt het bevriezen van het zuivere water ongeveer?

✓ Van ongeveer 0,5 h tot 3,5 h: ongeveer 3 uur.

c Bij welke temperatuur begint het zoute water te bevriezen? Waarom blijft de temperatuur daarna dalen?

✓ Bij ongeveer −3 °C. Het ijs dat ontstaat, is zuiver water; het zout blijft in de vloeistof. Die wordt zouter, en zouter water bevriest pas bij een lagere temperatuur.

d Zeewater bevat 3,5 % zout. Bevriest het bij een hogere of lagere temperatuur dan het water met 5 % zout? Leg uit.

✓ Bij een hogere temperatuur (ongeveer −2 °C): minder zout verlaagt het vriespunt minder.

e Waarom strooit men zout op een besneeuwde weg? Waarom helpt het bij −20 °C nauwelijks?

✓ Zout water bevriest pas onder 0 °C, dus smelt het ijs op de weg bij lichte vorst. Hoe kouder het is, hoe meer zout er nodig is. Onder ongeveer −21 °C bevriest ook het zoutste pekelwater, en al ver daarboven lost het zout te traag op in het beetje smeltwater om nog veel te helpen.

8.10 Rekenen met legeringen

Toepassen · 2 · Rekenen · 12 min

Legeringen worden beschreven met massaprocenten.

a (a) Een rol loodvrij soldeertin van 250 g bevat 96,5 % tin, 3,0 % zilver en 0,5 % koper. Hoeveel gram van elk metaal?

✓ Tin $0{,}965 \times 250 \approx 241\,\text{g}$; zilver $0{,}030 \times 250 = 7{,}5\,\text{g}$; koper $0{,}005 \times 250 \approx 1{,}3\,\text{g}$.

b (b) Een ring van 18 karaat goud weegt 4,0 g. Hoeveel gram zuiver goud bevat hij?

✓ 18 karaat = 75 %: $0{,}75 \times 4{,}0 = 3{,}0\,\text{g}$.

c (c) Een bronzen beeld van 50 kg bevat 12 % tin. Hoeveel kg koper zit erin?

✓ Tin: $0{,}12 \times 50 = 6\,\text{kg}$; koper: $50 - 6 = 44\,\text{kg}$.

d (d) Waarom is een legering een mengsel en geen zuivere stof? Geef twee argumenten.

✓ Ze bestaat uit twee of meer soorten deeltjes (bv. koper en tin); de samenstelling kan je kiezen (brons met 10 of 12 % tin); en ze smelt meestal over een temperatuurgebied in plaats van bij één temperatuur.

8.11 Onderzoek: hoeveel lost er op?

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 45 min

Hoeveel keukenzout en hoeveel suiker kan je oplossen in 100 mL water van kamertemperatuur? Voeg telkens een afgewogen portie toe, roer tot alles opgelost is, en ga door tot er iets op de bodem blijft liggen.

a Formuleer een hypothese: wat lost beter op, en ongeveer hoeveel?

✓ Bijvoorbeeld: 'Suiker lost beter op dan zout; ongeveer 50 g zout en 100 g suiker.' (Een hypothese mag fout zijn.)

b Welke portie kies je voor zout en voor suiker? Welke variabelen houd je gelijk?

✓ Zout: porties van 5 g (verwacht rond 36 g). Suiker: porties van 20 g (verwacht rond 200 g). Gelijk: hetzelfde volume water, dezelfde temperatuur, even lang roeren per portie.

c Meet.

✓ Typisch: zout 7 porties van 5 g (35 g), suiker 9 à 10 porties van 20 g (180 à 200 g), bij ongeveer 20 °C.

d Vergelijk met de tabel in het handboek. Verklaar de verschillen.

✓ Dicht bij 35,9 g en 202 g. Verschillen: de portie is grof (je weet alleen dat het tussen twee porties ligt), suiker lost bij grote hoeveelheden heel traag op (niet lang genoeg geroerd), de temperatuur is niet precies 20 °C, 100 mL water is niet precies 100 g.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Hypothese	Concreet, met een schatting.
Werkwijze	Porties afgewogen; lang genoeg geroerd; zelfde water en temperatuur.
Resultaat	Totaal in gram per 100 mL, met temperatuur.
Besluit	Vergelijking met de tabel (35,9 g en 202 g bij 20 °C); oorzaken van verschil.

Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

8.12 Habitat: een doseerplan voor de voedingsoplossing

Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

Op de fles plantenvoeding staat: '200 g voedingszouten per liter. Dosering: 5 mL per liter gietwater.' Het reservoir van de meetkas wordt gevuld met 24 L. De planten verbruiken 1,8 L per dag. Neem aan dat de voedingszouten met het water mee opgenomen worden, zodat de concentratie in het reservoir niet verandert zolang je niet bijvult.

a Welke concentratie heeft het gietwater als je de dosering volgt?

✓ In 5 mL zit $200\,\text{g/L} \times 0{,}005\,\text{L} = 1{,}0\,\text{g}$, opgelost in 1 L: $c = 1{,}0\,\text{g/L}$.

b Hoeveel mL plantenvoeding giet je in het volle reservoir? Hoeveel gram voedingszouten is dat?

✓ $24 \times 5\,\text{mL} = 120\,\text{mL}$, met $24 \times 1{,}0\,\text{g} = 24\,\text{g}$ voedingszouten.

c Na 7 dagen vul je het reservoir bij tot 24 L met regenwater, zonder voeding. Hoeveel liter vul je bij? Wat is de concentratie daarna?

✓ Verbruikt: $7 \times 1{,}8 = 12{,}6\,\text{L}$; over: $11{,}4\,\text{L}$ met $11{,}4\,\text{g}$ voedingszouten. Na bijvullen met 12,6 L regenwater: $c = 11{,}4\,\text{g}/24\,\text{L} \approx 0{,}48\,\text{g/L}$, minder dan de helft.

d Hoeveel mL plantenvoeding moet je bij het bijvullen toevoegen om weer 1,0 g/L te hebben?

✓ Er ontbreekt $24 - 11{,}4 = 12{,}6\,\text{g}$: $12{,}6\,\text{g}/200\,\text{g/L} = 0{,}063\,\text{L} = 63\,\text{mL}$ (of: 5 mL per bijgevulde liter).

e Een klasgenoot stelt voor: 'Doe er het dubbele in, dan groeien ze sneller.' Wat antwoord je?

✓ Meer is niet beter: in een te sterke oplossing trekt het zoute water vocht uit de wortels, de planten verwelken of krijgen bruine bladranden ('verbranden'). De dosering op het etiket is een maximum voor gewone planten.

f Portfolio: schrijf het doseerplan in drie regels (vullen, bijvullen, controleren). Hoe zou je de concentratie kunnen meten in plaats van berekenen?

✓ Bijvoorbeeld: (1) Vullen: 24 L water + 120 mL plantenvoeding (1,0 g/L). (2) Bijvullen: per liter bijgevuld water 5 mL plantenvoeding. (3) Controleren: elke week het volume noteren; om de vier weken het reservoir leegmaken en vers vullen. Meten kan met een EC-meter, die de geleiding van de oplossing meet: hoe meer opgeloste zouten, hoe beter ze geleidt (proef in het handboek; Intermediate, hoofdstuk 13).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Concentratie, massa en volume correct, met eenheden en omzettingen.
Bijvullen	Doorgerekend: overgebleven massa verdeeld over het nieuwe volume.
Redenering	Te sterke oplossing is schadelijk, met uitleg.
Portfolio	Doseerplan kort, concreet en uitvoerbaar; meetmethode genoemd.

8.13 Zuiver of verontreinigd?

●●● Uitdagen · 4 · Analyseren · 20 min

Een labo moet vier stalen van een witte stof controleren die zuiver bij 132 °C smelt. De laborant noteert het smeltgedrag:

staal	begint te smelten	volledig gesmolten
1	131,5 °C	132,5 °C
2	124 °C	130 °C
3	118 °C	128 °C
4	131,7 °C	132,4 °C

a Welke stalen zijn zuiver? Waarom?

✓ 1 en 4: ze smelten binnen één graad, bij het smeltpunt van de zuivere stof.

b Welk staal is waarschijnlijk het sterkst verontreinigd? Leg uit.

✓ Staal 3: het smelt het laagst en over het breedste gebied (10 °C). Hoe meer verontreiniging, hoe lager en breder.

c Staal 1 wordt gemengd met een wit poeder Y. Het mengsel smelt tussen 119 en 127 °C. Is Y dezelfde stof als staal 1?

Nee: een mengsel van twee gelijke stoffen zou scherp bij 132 °C smelten. Het lagere en brede smeltgebied bewijst dat Y een andere stof is (mengsmeltpunt).

d Schets de opwarmcurve (temperatuur tegenover tijd) van staal 1 en van staal 3, rond het smelten.

Staal 1: stijgend, dan een vlak stuk bij 132 °C, dan weer stijgend. Staal 3: stijgend, vanaf 118 °C trager stijgend (schuin, geen vlak stuk) tot 128 °C, dan weer sneller stijgend.

8.14 Debat: 'zonder chemicaliën' en '100 % natuurlijk'

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

Op een fles shampoo staat 'zonder chemicaliën', op een pak sap '100 % puur', op een zak meststof '100 % natuurlijk, dus veilig'. Bereid in groepjes een standpunt voor.

a Klopt 'zonder chemicaliën' volgens wat je in dit hoofdstuk leerde? Leg uit met het begrip stof.

Nee: alles is gemaakt van stoffen, ook water en shampoo zelf. Bedoeld wordt: zonder bepaalde toegevoegde synthetische stoffen.

b Is '100 % puur' sinaasappelsap een zuivere stof? Wat bedoelt de fabrikant wel?

Nee, het is een mengsel van water, suikers, zuren, vitaminen, vruchtvlees. Bedoeld: er is niets aan toegevoegd.

c Geef een voorbeeld van een natuurlijke stof die gevaarlijk is, en van een door mensen gemaakte stof die nuttig en veilig is.

Gevaarlijk en natuurlijk: het gif van een knolamaniet (paddenstoel), arseen in sommige gesteenten, ricine uit wonderbonen. Nuttig en gemaakt: paracetamol, fysiologisch zout, de kunststof van een infuuszakje.

d Herschrijf één van de drie opschriften zodat het eerlijk en juist is.

Bijvoorbeeld: 'Sap van sinaasappelen, zonder toegevoegde suiker of bewaarmiddelen.' Of: 'Meststof van dierlijke oorsprong; gebruik volgens de dosering.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Begrippen	Stof, mengsel en zuiver correct gebruikt.
Argumenten	Concrete voorbeelden, geen algemene uitspraken.
Nuance	Onderscheid tussen herkomst (natuurlijk of niet) en veiligheid (dosis, gevaar en risico, hoofdstuk 5).

8.15 Maak: kandijsuiker kweken

Uitdagen · 4 · Maken · 45 min

Kandijsuiker bestaat uit grote suikerkristallen. Je maakt ze zelf: 250 g suiker in 100 mL water, verwarmd tot alles opgelost is, en dan een week laten afkoelen en rusten met een touwtje erin. Gebruik de tabel met oplosbaarheden.

a Bij welke temperatuur is 250 g suiker in 100 g water net verzadigd? Tot welke temperatuur moet je minstens verwarmen?

Tussen 40 °C (235,6 g) en 50 °C (259,6 g): ongeveer bij 46 °C. Verwarm tot minstens 50 °C, liefst wat hoger (60 °C), zodat alles snel oplost.

b Hoeveel gram suiker kan er kristalliseren als de oplossing afkoelt tot 20 °C?

Bij 20 °C blijft 201,9 g opgelost: $250 - 201{,}9 \approx 48\ \text{g}$ kan kristalliseren.

c Voer uit: hang een ruw katoenen touwtje in de bokaal, dek af met een papiertje, en zet ze een week op een rustige plaats. Noteer elke dag wat je ziet.

> Eigen waarnemingen: eerst kleine kristalletjes op het touwtje en de bodem, daarna groeien ze tot enkele millimeter of meer.

d Waarom helpt een ruw touwtje (of een touwtje dat je vooraf in suiker rolt)? Waarom komen er na een paar dagen nog kristallen bij, ook al is de oplossing al op kamertemperatuur?

> Kristallen groeien het makkelijkst op een ruw oppervlak of op een bestaand kristalletje (een kiem). Er verdampt ook elke dag wat water: dan kan er minder suiker opgelost blijven, en blijft er suiker uit de oplossing kristalliseren.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Veiligheid	Warme stroop niet boven 70 °C, pan en bokaal met ovenwanten; volwassene in de buurt.
Berekening	Temperatuur afgelezen of geïnterpoleerd; massa kristallen correct.
Uitvoering	Dagelijkse waarnemingen, beschreven zonder uitleg.
Uitleg	Kiemen op het touwtje; verdamping van water houdt de oplossing verzadigd.

F FUNDAMENTAL · DEEL F2 · MATERIE EN MATERIALEN

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 9

Mengsels scheiden

Van modderwater naar drinkwater: elke scheidingstechniek steunt op één verschil tussen stoffen

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 370 min

M Materie en chemie · D Ontwerpen en maken



Een drinkwaterbedrijf is een reeks scheidingstechnieken na elkaar, in het groot.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

9.1 Welk stofverschil?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Verbind elke techniek met het stofverschil waarop ze steunt.

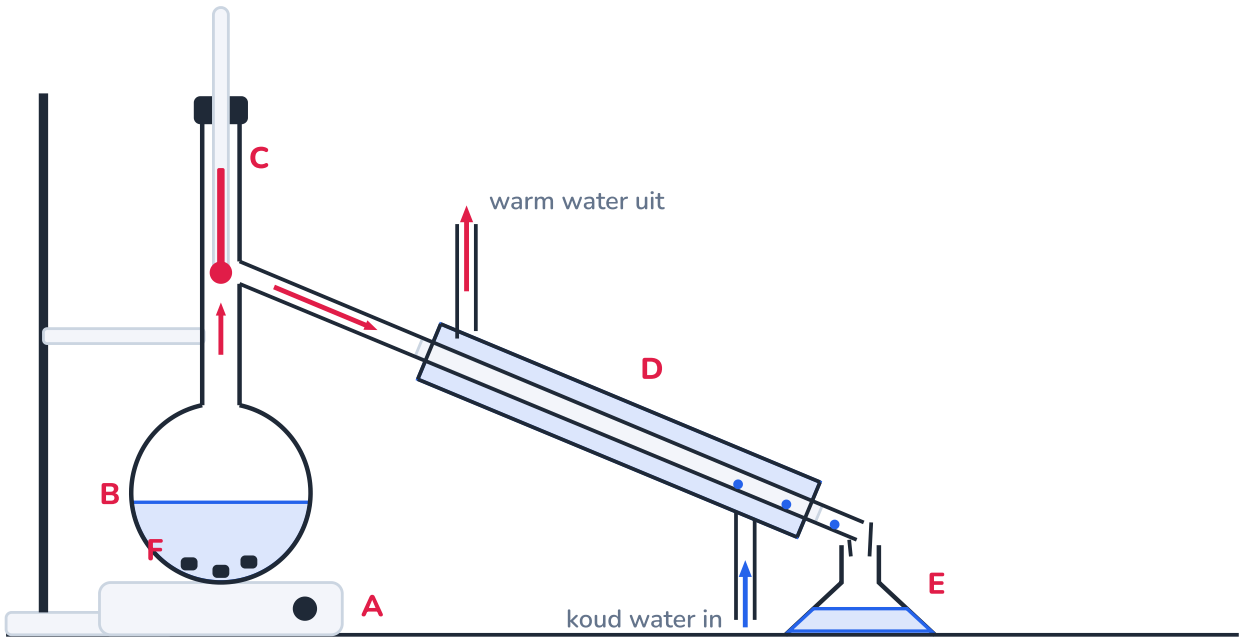
Vul in: grootte, dichtheid, kookpunt, oplosbaarheid, magnetisme of hechting aan papier.

(a) grootte. (b) dichtheid. (c) grootte. (d) kookpunt. (e) dichtheid. (f) hechting aan het papier en oplosbaarheid in de loopvloeistof. (g) magnetisme. (h) kookpunt (het oplosmiddel verdampt). (i) oplosbaarheid in heet water.

9.2 De onderdelen benoemen

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 12 min

Twee opstellingen met letters.



Destillatieopstelling met de letters A tot F.

a Benoem A tot F in de destillatieopstelling.

✓ A verwarmingsplaat; B destilleerkolf (met het mengsel); C thermometer; D Liebigkoeler; E destillaat in de opvangkolf; F kookstenen.

b Waar gaat het koelwater in, en waarom daar?

✓ Onderaan, aan de lage kant. Zo blijft de mantel helemaal gevuld, en stroomt het water tegen de damp in (tegenstroom): het koudste water koelt het laatste stuk.

c Vul aan: wat op het filter achterblijft, is het _____ ; wat erdoor loopt, het _____ ; wat je bij destilleren opvangt, het _____ .

✓ residu; filtraat; destillaat.

9.3 Welke techniek kies je?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 12 min

Kies telkens de beste techniek en noem het stofverschil.

Vul in.

✓ (a) bezinken en decanteren of filtreren (dichtheid, grootte). (b) indampen (kookpunt). (c) magneet (magnetisme). (d) scheitrechter (dichtheid, mengen niet). (e) destilleren (kookpunt). (f) chromatografie (hechting en oplosbaarheid). (g) centrifugeren (dichtheid). (h) filtreren (grootte). (i) destilleren (kookpunt), of een fijn membraan.

9.4 Wat gaat er mis?

●○○ Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Vier leerlingen maken een fout. Wat gaat er mis, en hoe doe je het beter?

a (a) Lotte filtreert zout water om het zout eruit te halen.

- Het zout is opgelost en loopt door het filter mee. Indampen (of destilleren als je ook het water wil).

b (b) Bram trekt de startlijn van zijn chromatogram met een blauwe balpen, en zet de strook zo diep in het water dat de lijn onder water staat.

- De inkt van de balpen lost zelf op en loopt mee; en de stip lost meteen in het water op in plaats van mee op te schuiven. Potlood, en de startlijn boven het water.

c (c) Yasmin steekt de thermometer bij het destilleren tot in de vloeistof, en laat het koelwater bovenaan binnenlopen.

- Ze meet dan de temperatuur van de vloeistof, niet van de damp die naar de koeler gaat: het reservoir hoort ter hoogte van de zijbuis. Koelwater hoort onderaan in, anders blijft de mantel half leeg.

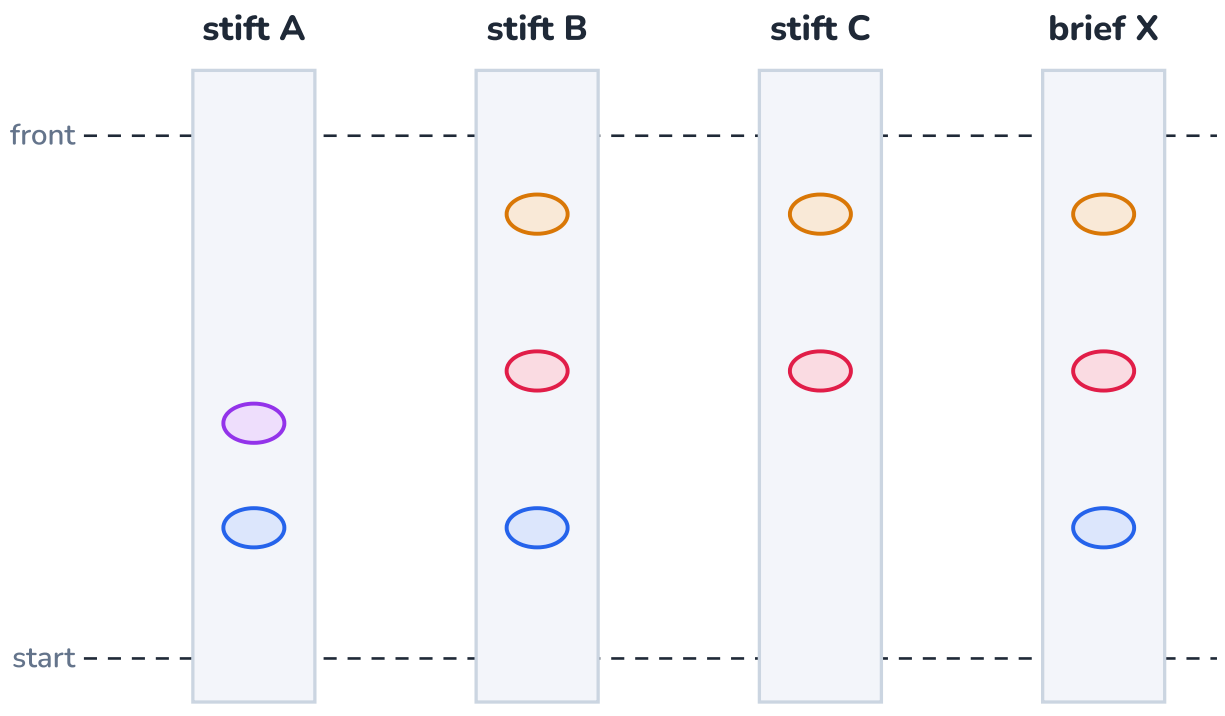
d (d) Tuur sluit de opvangkolf af met een stop, zodat er geen alcohol verdampt.

- De opstelling is dan gesloten: de druk loopt op en het glas kan springen, of een stop schiet eruit. Een destillatie moet altijd open zijn naar de lucht.

9.5 Welke stift schreef de brief?

Oefenen · 2 · Analyseren · 12 min

Op een anonieme brief staat een tekst in zwarte stift. Drie leerlingen hebben elk een zwarte stift. Een leerling maakt een chromatogram van de drie stiften en van een stukje inkt van de brief.



Chromatogram: startlijn onderaan, loopfront bovenaan, op 8,0 cm van elkaar.

a Met welke stift is de brief geschreven? Leg uit.

- Met stift B: dezelfde drie vlekken op dezelfde hoogtes (blauw, rood, geel) als de inkt van de brief.

b Welke kleurstof zit in alle stiften behalve één?

- Rood zit in B en C (en in de brief), niet in A. Blauw zit in A en B. Geel in B en C. (Elke kleur ontbreekt dus in één stift.)

c Bereken de verhouding (afstand vlek / afstand loopfront) voor de rode vlek. De rode vlek staat op 4,4 cm.

✓ $4{,}4/8{,}0 = 0{,}55$.

d Is dit een bewijs dat de eigenaar van die stift de brief schreef?

✓ Nee: het toont alleen dat de inkt hetzelfde is. Er kunnen meer stiften van hetzelfde merk en type bestaan, en iemand anders kan de stift geleend hebben.

Toepassen — Toepassen

meerdere stappen, in een context

9.6 Labo: zand, zout en ijzervijlsel scheiden

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Je krijgt 20,0 g van een mengsel van zand, keukenzout en ijzervijlsel. Scheid het volgens het scheidingsschema uit het handboek en weeg de drie stoffen achteraf.

a Schrijf voor elke stap wat je doet, welk materiaal je gebruikt en waar je op let.

✓ 1. Magneet in een plastic zakje door het droge mengsel halen: ijzervijlsel eraf in een schaaltje. 2. Rest in een beker met ongeveer 50 mL water, roeren tot het zout opgelost is. 3. Filtreren: zand op het filter (spoel het na met een beetje water), filtraat opvangen. 4. Filtraat indampen tot droog. 5. Zand op het filterpapier laten drogen.

b Weeg.

✓ Bijvoorbeeld: ijzer 4,8 g, zand 9,6 g, zout 4,5 g; samen 18,9 g.

c Hoeveel procent van het mengsel heb je teruggevonden? Waar is de rest gebleven?

✓ $18{,}9/20{,}0 \times 100 \approx 94{,}5\,\%$. Verliezen: zout dat in het filterpapier en in de beker achterbleef, zand in het papier, kristallen die uit de schaal sprongen, ijzervijlsel dat aan het zand bleef hangen.

d Hoe zou je nagaan of je zout echt zuiver is?

✓ Bijvoorbeeld: nagaan of het volledig oplost en helder is (geen zand), het smeltpunt of de oplosbaarheid vergelijken met de tabel (hoofdstuk 8), of met een magneet controleren of er geen ijzer in zit.

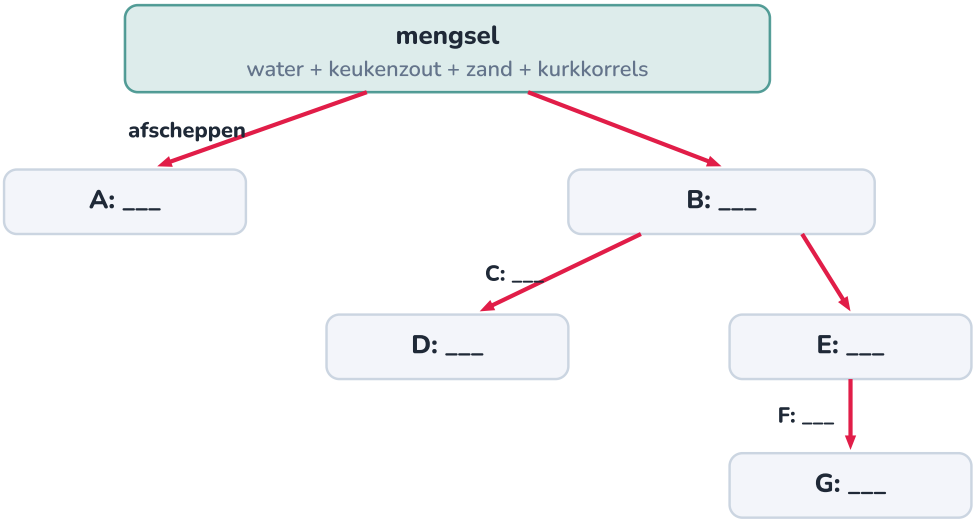
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Werkwijze	Magneet in een zakje; oplossen met weinig water; filtreren zonder over de rand; indampen tot droog.
Veiligheid	Bril bij het indampen; schaal laten afkoelen; brander nooit onbewaakt.
Metingen	Drie massa's met eenheid, zand gedroogd voor het wegen.
Besluit	Rendement berekend; verliezen concreet verklaard.

9.7 Een schema aanvullen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een mengsel van water, keukenzout, zand en kurkkorrels wordt gescheiden volgens dit schema.



Vul de letters A tot G in.

a Wat staat er op de plaats van A tot G?

A kurkkorrels; B water + zout + zand; C filtreren (of bezinken en decanteren); D zand; E zout water; F indampen; G keukenzout.

b Waarom kan je de kurk afscheppen? Welk stofverschil is dat?

Kurk (± 0,2 g/cm³) drijft op water: dichtheid.

c Hoe zou je het schema aanpassen als je ook het water wil terugwinnen?

Destilleren in plaats van indampen: het water condenseert in de koeler (destillaat), het zout blijft in de kolf.

9.8 Alcohol uit wijn

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

In een labo destilleert de leraar 200 mL wijn met 12 % alcohol. Ethanol kookt bij 78 °C, water bij 100 °C. De thermometer bij de zijbuis toont eerst ongeveer 90 °C en stijgt daarna langzaam tot bijna 100 °C.

a Waarom bevat het eerste destillaat veel meer alcohol dan de wijn?

Ethanol kookt lager dan water en verdampt makkelijker. De damp die uit de kokende wijn komt, bevat daardoor verhoudingsgewijs veel meer ethanol dan de wijn zelf (bij het begin ongeveer de helft), en het destillaat dus ook.

b Waarom stijgt de temperatuur bij de zijbuis tijdens de destillatie?

Naarmate de ethanol uit de kolf verdwijnt, blijft er meer water over. De damp bevat steeds meer water, en de temperatuur schuift op naar het kookpunt van water.

c Hoeveel mL alcohol zit er in de 200 mL wijn? Kan je die er met één destillatie volledig en zuiver uit halen?

$0{,}12 \times 200 = 24\,\text{mL}$. Nee: er verdampt altijd ook water mee, en met gewoon destilleren kom je nooit boven ongeveer 96 % alcohol.

d Waarom gebruik je hier een elektrische verwarmingsplaat en geen brander?

Ethanoldamp is licht ontvlambaar (GHS02): een open vlam kan de damp doen ontbranden.

9.9 Drinkwater: de stappen op volgorde

Toepassen · 2 · Begrijpen · 12 min

De stappen van een drinkwaterbedrijf zijn door elkaar geraakt: actieve kool; rooster en zeef; ontsmetten met uv; zandfilter; controle in het labo; vlokken en bezinken.

a Zet de stappen in de juiste volgorde.

Rooster en zeef; vlokken en bezinken; zandfilter; actieve kool; ontsmetten met uv; controle in het labo.

b Waarom komt de zandfilter vóór de actieve kool?

Anders raken de poriën van de actieve kool verstopt met slib, en is ze snel 'vol'. Eerst grof, dan fijn.

c Waarom komt het ontsmetten bijna op het einde?

Uv-licht (en chloor) werken het best in helder water: deeltjes kunnen bacteriën afschermen. En na het ontsmetten mag het water niet meer besmet raken.

d Welke stap is geen scheiding? Wat doet ze dan wel?

Ontsmetten: het haalt niets uit het water, maar doodt de bacteriën en virussen die er nog in zitten.

9.10 Regenwater per maand

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Het dak van de meetkas is 0,72 m². 1 mm regen geeft 1 L per m². De planten verbruiken 1,8 L per dag. Het reservoir bevat maximaal 30 L. Reken voor een maand met 30 dagen.

a (a) Een natte maand: 90 mm regen. Hoeveel liter vangt het dak op? Hoeveel verbruiken de planten? Wat gebeurt er met het teveel?

$0{,}72 \times 90 \approx 65\,\text{L}$; verbruik $30 \times 1{,}8 = 54\,\text{L}$. Het reservoir loopt vol en het teveel (ongeveer 11 L, min de first flush) gaat via de overloop naar buiten.

b (b) Een droge maand: 20 mm. Hoeveel liter tekort is er? Hoeveel keer moet je het reservoir bijvullen als het aan het begin vol is?

$0{,}72 \times 20 \approx 14{,}4\,\text{L}$; tekort $54 - 14{,}4 \approx 39{,}6\,\text{L}$. Met een vol reservoir (30 L) aan het begin kom je 30 L ver: je moet nog minstens één keer ongeveer 10 L bijvullen, of het reservoir één keer helemaal.

c (c) Hoe groot moet het opvangdak minstens zijn om in de droge maand rond te komen?

$54\,\text{L} / 20\,\text{mm} = 2{,}7\,\text{L}$ per mm, dus een dak van minstens $2{,}7\,\text{m}^2$ (en meer, als je de first flush meetelt).

d (d) Stel twee maatregelen voor om beter door een droge maand te komen.

Bijvoorbeeld: een groter reservoir of een extra regenton die in natte maanden volloopt; water opvangen van een groter dak (tuinhuis); de planten mulchen zodat er minder verdampt; een vlotter die meldt wanneer je moet bijvullen (hoofdstuk 25).

9.11 Onderzoek: welk filter maakt water het helderst?

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 50 min

Maak troebel water: 1 L water met twee eetlepels tuingrond, goed geroerd. Bouw filters uit PET-flessen waarvan je de bodem afsnijdt (hals naar beneden, met een propje watten in de hals). Vul ze met verschillende materialen: grind, zand, grind op zand, zand met een laag actieve kool, een koffiefilter. De helderheid meet je zo: giet het filtraat in een hoge maatcilinder op een wit blad met een zwart kruisje, en noteer tot welke hoogte je het kruisje nog scherp ziet.

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

✓ Bv.: 'Welk filtermateriaal maakt troebel water het helderst?' Hypothese: 'Zand met actieve kool, omdat zand fijne deeltjes tegenhoudt en kool kleur en geur.'

b Welke variabelen houd je gelijk om de proef eerlijk te maken? Noem er minstens drie.

✓ Hetzelfde troebel water (goed roeren voor je giet), hetzelfde volume, dezelfde laagdikte van het filtermateriaal, dezelfde flessen, dezelfde manier van gieten en meten.

c Meet.

✓ Typisch: ongefilterd een paar cm; grind nauwelijks beter; zand duidelijk beter maar trager; zand met actieve kool het helderst en zonder geur; koffiefilter helder maar traag en snel verstopt.

d Welk filter is het beste? Is het water nu drinkbaar? Leg uit.

✓ Meestal zand met actieve kool, of grind op zand (sneller). Drinkbaar is het niet: de filter haalt geen bacteriën en virussen weg (er is geen ontsmetting), en opgeloste stoffen gaan grotendeels door.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Opzet	Eén variabele (het filtermateriaal); zelfde troebel water, volume, laagdikte.
Metingen	Helderheid en tijd gemeten, ook voor het ongefilterde water als referentie.
Besluit	Rangorde met afweging helderheid tegenover snelheid; drinkbaarheid correct beoordeeld.

●●● Uitdagen — Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

9.12 Habitat: de regenwaterfilter ontwerpen

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 60 min

Ontwerp de regenwaterfilter voor de meetkas. Programma van eisen: (1) er komen geen bladeren, insecten of zand in het reservoir; (2) de eerste liter van elke bui gaat niet naar het reservoir; (3) het reservoir blijft donker en dicht; (4) als het reservoir vol is, loopt het teveel naar buiten; (5) het water is proper genoeg voor een druppelslang met gaatjes van 1 mm; (6) je kan alles schoonmaken zonder gereedschap; (7) het budget is 25 euro. Dak: 0,72 m².

a Teken je ontwerp als zijaanzicht, met goot, bladvanger, first flush, filter, reservoir, overloop en pomp. Zet bij elk onderdeel welke scheidingstechniek het gebruikt.

✓ Zoals het ontleedblad: goot met bladvanger (zeven), first flush (afscheiden van het vuilste water, daarna bezinkt er ook wat), grind- en zandfilter of filterdoek (filtreren), donker afgedekt reservoir (bezinken, geen algen), overloop, pomp met aanzuigfilter (zeven).

b Hoeveel liter moet de first flush opvangen, als je 1 L per m² dak neemt? Welke buis kies je: een buis met een binnendiameter van 4 cm of van 6 cm, en hoe lang moet ze zijn? (Volume van een buis: $\pi \cdot r^2 \cdot h$.)

✓ $1\,\mathrm{L/m^2} \times 0{,}72\,\mathrm{m^2} \approx 0{,}72\,\mathrm{L} = 720\,\mathrm{cm^3}$. Buis van 4 cm: $\pi \times 2^2 \approx 12{,}6\,\mathrm{cm^2}$, lengte $720/12{,}6 \approx 57\,\mathrm{cm}$. Buis van 6 cm: $\pi \times 3^2 \approx 28{,}3\,\mathrm{cm^2}$, lengte $720/28{,}3 \approx 25\,\mathrm{cm}$. De buis van 6 cm past beter naast de kas (die is 80 cm hoog).

c Maak een materiaallijst met prijsschatting.

✓ Bijvoorbeeld: PVC-buis 6 cm (4 €), T-stuk en eindkap met kraantje (5 €), pingpongbal als vlotter (1 €), emmer of bak als filterhuis (4 €), grind en zand (3 €), filterdoek (3 €), bladvanger (3 €): ongeveer 23 €.

d Schrijf een onderhoudsplan: wat maak je schoon, hoe vaak?

✓ Bladvanger elke week (en na storm); first flush na elke bui laten leeglopen; filterdoek of bovenste zandlaag maandelijks uitspoelen; aanzuigfilter maandelijks; reservoir twee keer per jaar leegmaken en uitborstelen.

e Portfolio: welke veiligheidsregel hoort op het reservoir, en waarom?

✓ 'Geen drinkwater': het water is gefilterd maar niet ontsmet en niet gecontroleerd; het kan bacteriën van vogelpoep en stof bevatten.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ontwerp	Alle onderdelen aanwezig, in een logische volgorde (grof naar fijn), met de techniek bij elk onderdeel.
Berekening	First flush in liter, buis gekozen en lengte berekend met eenheden.
Haalbaarheid	Materialen verkrijgbaar, binnen budget, schoon te maken.
Veiligheid	Etiket 'geen drinkwater' en de reden; handen wassen na onderhoud.

9.13 Ontwerp: drinkwater op een onbewoond eiland

●●● Uitdagen | 4 | Ontwerpen | 40 min

Je strandt op een onbewoond eiland zonder zoet water. Je hebt: een doorzichtig plastic zeil, een emmer, een beker, een paar stenen, touw en een schop. Er is zeewater en veel zon. Een test met een zonnedestillator levert op een zonnige dag ongeveer 2,5 L drinkwater per m² zeil op.

a Teken hoe je met deze spullen een zonnedestillator bouwt, en duid aan waar het zeewater, de damp, het condensaat en het drinkwater zitten.

✓ Een kuil of emmer met zeewater, de beker in het midden, het zeil strak erover met stenen op de rand en een klein steentje midden boven de beker, zodat het zeil daar het laagst hangt.

b Welke twee faseovergangen gebeuren er, en waar? Waarom is het opgevangen water niet zout?

✓ Verdampen in de emmer (de zon warmt het water op), condenseren tegen de onderkant van het zeil (koeler door de wind). De druppels lopen naar het laagste punt en vallen in de beker. Het zout verdampt niet: het blijft achter, zoals bij destilleren.

c Een mens heeft minstens ongeveer 3 L drinkwater per dag nodig in een warm klimaat. Hoe groot moet je zeil zijn? Wat als het bewolkt is?

✓ $3\,\mathrm{L} / 2{,}5\,\mathrm{L/m^2} = 1{,}2\,\mathrm{m^2}$; bij bewolking levert de destillator veel minder op, dus neem een groter zeil of meerdere destillators (bv. 2 à 3 m²).

d Waarom mag je niet gewoon zeewater filtreren door je T-shirt om het drinkbaar te maken?

✓ Het zout is opgelost en gaat door elke doek of filter mee (hoofdstuk 8). Zeewater drinken maakt dorstiger.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ontwerp	Werkend principe: put of emmer met zeewater, zeil erover met een steen in het midden, beker onder het laagste punt.
Verklaring	Verdampen door de zon, condenseren tegen het koelere zeil; het zout verdampt niet.
Berekening	Oppervlakte met eenheid, en een marge voor bewolkte dagen.
Kritisch	Filtreren haalt opgeloste zouten niet weg.

9.14 De weg van een PMD-zak

●●● Uitdagen | 4 | Analyseren | 25 min

In een sorteercentrum wordt de inhoud van PMD-zakken (plastic flessen en flacons, metalen verpakkingen, drankkartons) automatisch gesorteerd. De installatie gebruikt: (1) een magneet; (2) een **wervelstroomscheider**, die met een snel draaiend magneetveld aluminium wegschiet (maar die beschadigd raakt door stukken ijzer); (3) een **windzifter**, die met een luchtstroom lichte, platte folies wegblaast; (4) **scanners** die met onzichtbaar licht de soort kunststof herkennen en met een luchtstoot elk stuk in het juiste bakje blazen; (5) een zeef die de zakken openscheurt en kleine stukjes en vuil laat doorvallen.

a Zet de vijf stappen in een logische volgorde en teken het scheidingsschema.

> ✓ Bijvoorbeeld: zakopener en zeef → windzifter → magneet → wervelstroomscheider → scanners met luchtstoten. (Windzifter en magneet mogen van plaats wisselen.)

b Op welk verschil in eigenschap steunt elke stap?

> ✓ Zeef: grootte. Windzifter: massa en vorm (lichte, platte folies worden meegenomen door de lucht). Magneet: magnetisme (staal). Wervelstroom: elektrische geleiding van aluminium (niet-magnetisch metaal). Scanners: hoe elke kunststof het licht terugkaatst (de soort stof).

c Waarom moet de magneet vóór de wervelstroomscheider staan?

> ✓ Stalen blikjes zouden in de wervelstroomscheider warm worden en de machine beschadigen. De magneet haalt ze er eerst uit; daarna blijft van de metalen alleen aluminium over.

d Na de scanners blijft een mengsel van snippers PET en PP over. Hoe scheid je die goedkoop? (Hoofdstuk 7.)

> ✓ Met een zink-drijfbak met water: PP (0,90 g/cm³) drijft, PET (1,38 g/cm³) zinkt.

9.15 Debat: regenwater of kraanwater voor de meetkas?

●●● Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

Het klasbestuur twijfelt: gebruikt de meetkas regenwater van haar eigen dak (met de filter uit dit hoofdstuk), of gewoon kraanwater uit de gieter? Bereid met je groepje argumenten voor beide kanten voor.

a Geef drie argumenten voor regenwater.

> ✓ Gratis; bijna geen kalk (zacht water, geen kalkaanslag in de druppelslang); geen energie en chemicaliën nodig om het te zuiveren; zelfvoorzienend, zoals een echt station.

b Geef drie argumenten voor kraanwater.

> ✓ Altijd beschikbaar, ook in een droge maand; gecontroleerd en proper; geen onderhoud aan goot en filter; bekende samenstelling.

c Welke meting of welk experiment zou helpen om te beslissen?

> ✓ Bijvoorbeeld: een groeiproef met twee groepen planten (regenwater en kraanwater, al de rest gelijk, hoofdstuk 2); de geleiding van beide soorten water meten (opgeloste zouten); na een maand kijken hoeveel bezinksel en algen er in het reservoir zijn.

d Wat is jouw keuze voor Habitat, dat op den duur zelfvoorzienend moet zijn? Motiveer in twee zinnen.

> ✓ Bijvoorbeeld: 'Regenwater als hoofdbron, want Habitat moet zelfvoorzienend worden; kraanwater als reserve in droge maanden, met een sensor die waarschuwt.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Concreet en juist: kalk, kosten, energie, betrouwbaarheid, hygiëne.
Onderzoek	Een meetbare vergelijking voorgesteld (groei, geleiding, pH, bezinksel).
Standpunt	Verbindt de keuze met het doel van Habitat.

F FUNDAMENTAL · DEEL F2 · MATERIE EN MATERIALEN

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 10

Materialen en hun eigenschappen

Waarom een kas uit aluminium en polycarbonaat bestaat, en hoe je dat met proeven en een keuzetabel onderbouwt

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

4× oefenen · 6× toepassen · 5× uitdagen · ± 386 min

M Materie en chemie · D Ontwerpen en maken · K Krachten, beweging en constructies



Vijf families, tientallen materialen. Welk ervan past bij welk onderdeel?

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

10.1 Welke familie?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Deel elk voorwerp in bij een materiaalfamilie: hout, metaal, kunststof, keramiek en glas, of composiet.

Vul in.

(a) glas: keramiek en glas. (b) PET: kunststof. (c) aluminium (of staal): metaal. (d) hout (of kunststof). (e) porselein of aardewerk: keramiek. (f) koolstofvezel in hars: composiet. (g) gebakken klei: keramiek. (h) koper: metaal. (i) gewapend beton: composiet. (j) houtvezels met lijm: composiet (een plaatmateriaal op basis van hout).

10.2 Het juiste woord

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Welke eigenschap wordt telkens beschreven? Kies uit: hardheid, sterkte, stijfheid, elastisch, plastisch, bros, taai, geleiding, duurzaamheid.

Vul in.

(a) hardheid. (b) elastisch. (c) bros. (d) geleiding (van stroom). (e) duurzaamheid (rot). (f) sterkte (op trek). (g) stijfheid (te weinig). (h) taai. (i) plastisch.

10.3 Wie krast wie?

Oefenen · 2 · Analyseren · 12 min

Een leerling test vier onbekende materialen P, Q, R en S. Resultaten: P krast Q en S; Q krast S; R krast P, Q en S; S krast niets. De vingernagel krast S maar niet Q; de koperen munt krast Q maar niet P; het glas krast P, maar R krast het glas.

a. Rangschik P, Q, R en S van zacht naar hard.

S, Q, P, R.

b. Tussen welke waarden op de schaal van Mohs ligt elk materiaal? Gebruik de vergelijkingsvoorwerpen uit het handboek.

S: onder 2,5 (de nagel krast het). Q: tussen 2,5 en 3,5 (nagel niet, munt wel). P: tussen 3,5 en 5,5 (munt niet, glas wel). R: boven 5,5 (krast glas).

c. Welk materiaal zou je kiezen voor het venster van een horloge, en waarom?

R: het hardste materiaal krast het minst. (Horlogeglas wordt vaak van saffier gemaakt: korund, hardheid 9.)

10.4 Waarom dit materiaal?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Verklaar elke keuze met één of twee eigenschappen.

a. (a) Een pan met een koperen bodem en een handvat van bakeliet (een kunststof).

Koper geleidt warmte heel goed (snel en gelijkmatig opwarmen); de kunststof geleidt slecht, zodat je het handvat kan vastpakken.

b. (b) Een elektriciteitskabel: koperdraad in een PVC-mantel.

Koper geleidt stroom heel goed; PVC isoleert, zodat je geen schok krijgt, en is soepel en waterbestendig.

c. (c) Een spoelbak in roestvast staal.

Roest niet (chroom in het staal), is hard en makkelijk schoon te maken.

d. (d) Een veiligheidsbril met glazen van polycarbonaat.

Polycarbonaat is taai: het breekt niet in scherven als er iets tegen vliegt; en het is doorzichtig en licht.

e. (e) Vloertegels van keramiek in een keuken.

Keramiek is hard (slijt niet, krast niet), waterdicht, makkelijk schoon te maken en hittebestendig.

Toepassen

meerdere stappen, in een context

10.5 Labo: zeven materialen testen

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Voer de proef 'Buigen, krassen en geleiden' uit het handboek uit met zeven stroken van dezelfde afmetingen.

a Voorspel eerst: welk materiaal buigt het meest, welk is het hardst, welke geleiden?

✓ Bijvoorbeeld: polycarbonaat buigt het meest, staal het minst; staal is het hardst; alleen de metalen geleiden.

b Meet en noteer.

✓ Zie de tabel in het handboek: staal minder dan 1 mm, koper ± 0,5 mm, aluminium ± 1 mm, grenen ± 5 mm, acryl en PVC ± 18 à 19 mm, polycarbonaat ± 24 mm.

c Rangschik de materialen van stijf naar slap. Past dat bij de families?

✓ Staal, koper, aluminium, grenen, acryl, PVC, polycarbonaat. Metalen zijn het stijfst, kunststoffen het slapst, hout zit ertussen.

d Welke variabelen hield je gelijk, en waarom is dat nodig?

✓ Breedte, dikte, lengte die uitsteekt, het gewicht, de plaats van het gewicht, de manier van meten. Anders meet je niet alleen het verschil in materiaal (hoofdstuk 2).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Veiligheid	Bril bij het buigen; niet naar het gezicht buigen.
Eerlijke proef	Zelfde afmetingen, zelfde uitsteeklengte, zelfde gewicht, zelfde manier van krassen.
Metingen	Doorbuiging in mm met een lat op ooghoogte; waarnemingen per proef.
Besluit	Rangschikking per eigenschap, en verband met de families.

10.6 Doorbuiging meten

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Twee stroken van 20 × 3 mm steken 20 cm uit. Je hangt steeds meer gewicht aan het uiteinde.

aluminium		PVC	
massa (g)	**doorbuiging (mm)**	**massa (g)**	**doorbuiging (mm)**
0	0,0	0	0,0
200	1,7	20	3,9
400	3,3	40	7,8
600	5,0	60	11,6
800	6,6	80	15,5

Na alle metingen hang je nog 2000 g aan de aluminium strook. Als je het gewicht wegneemt, blijft het uiteinde 3 mm lager staan dan in het begin.

a Teken voor beide stroken de grafiek van de doorbuiging tegenover de massa.

✓ Twee rechten door de oorsprong; die van PVC is veel steiler (maar tot een kleinere massa).

b Is de doorbuiging recht evenredig met de massa? Hoe zie je dat?

✓ Ja: dubbel zoveel massa geeft dubbel zoveel doorbuiging, en de punten liggen op een rechte door de oorsprong (hoofdstuk 4).

c Bereken voor elke strook de doorbuiging per 100 g. Hoeveel keer stijver is aluminium dan PVC?

✓ Aluminium: $6{,}6\,\text{mm}/8 \approx 0{,}83\,\text{mm}$ per 100 g. PVC: $15{,}5\,\text{mm}/0{,}8 \approx 19\,\text{mm}$ per 100 g. $19/0{,}83 \approx 23$: aluminium is ongeveer 23 keer zo stijf.

d Wat toont de meting met 2000 g? Gebruik de woorden elastisch en plastisch.

Tot 800 g veert de strook telkens terug: ze vervormt elastisch. Met 2000 g gaat ze over haar grens: na het wegnemen blijft ze 3 mm gebogen, ze is plastisch vervormd. Een veerunster (hoofdstuk 11) werkt alleen zolang de veer elastisch blijft.

10.7 Roest onderzocht

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Vijf gelijke ijzeren spijkers liggen een week in een afgesloten potje. Resultaat:

potje	omstandigheid	na een week
1	droge lucht (met droogmiddel)	blank
2	gekookt water met een laagje olie erop	bijna blank
3	kraanwater, deels ondergedompeld	roest, vooral aan het wateroppervlak
4	zout water, deels ondergedompeld	veel roest
5	zout water, maar een verzinkte spijker	blank, een wit laagje op het zink

a Wat is er nodig om ijzer te laten roesten? Welke potjes tonen dat?

Water én zuurstof (lucht) samen. Potje 1 (geen water) en potje 2 (geen zuurstof) roesten niet; potje 3 met allebei wel, vooral waar water en lucht elkaar raken.

b Waarom kook je het water in potje 2 en giet je er olie op?

Koken drijft de opgeloste lucht uit het water; de olie houdt nieuwe lucht tegen. Zo test je water zonder zuurstof.

c Wat versnelt roesten? Waar ter wereld roesten auto's het snelst, denk je?

Zout (potje 4). Aan zee en waar in de winter veel gestrooid wordt: zout water op de weg.

d Welke schroeven gebruik je in de vochtige meetkas? Waarom geen gewone stalen?

Roestvast staal (bijvoorbeeld M4 in A2-roestvast staal), eventueel verzinkt staal. Gewone stalen schroeven roesten in de vochtige kas vast, verliezen hun sterkte en laten roestvlekken na op het frame.

10.8 Een keuzetabel voor de plantenbakjes

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Voor de twaalf plantenbakjes twijfel je tussen polypropeen (PP), terracotta (gebakken klei) en hout.

criterium	gewicht	PP	terracotta	hout
houdt water, lekt niet	3	5	2	2
licht	2	5	1	3
gaat lang mee in vocht	3	4	4	2
goed voor de wortels (lucht)	2	2	5	4
prijs	1	5	3	3
recycleerbaar of natuurlijk	1	3	3	5

a Bereken het totaal voor elke optie. Wat is het maximum?

PP: $15 + 10 + 12 + 4 + 5 + 3 = 49$. Terracotta: $6 + 2 + 12 + 10 + 3 + 3 = 36$. Hout: $6 + 6 + 6 + 8 + 3 + 5 = 34$. Maximum: $5 \times 12 = 60$.

b Welke optie wint? Verklaar twee scores met een eigenschap uit dit hoofdstuk.

PP wint. Terracotta is keramiek: poreus (water sijpelt door en verdampt) en zwaar (dichtheid ± 2). Hout rot als het voortdurend nat is.

c Een tuinier vindt 'goed voor de wortels' het belangrijkste (gewicht 3) en 'licht' onbelangrijk (gewicht 1). Verandert de winnaar?

PP: $15 + 5 + 12 + 6 + 5 + 3 = 46$. Terracotta: $6 + 1 + 12 + 15 + 3 + 3 = 40$. Hout: $6 + 3 + 6 + 12 + 3 + 5 = 35$. PP wint nog altijd, maar terracotta komt dichterbij: de keuze is vrij stevig.

10.9 Recyclagecodes en de kringloop

Toepassen · 2 · Begrijpen · 12 min

Gebruik de tabel met recyclagecodes en de materialenkringloop uit het handboek.

a Welke kunststof hebben: (a) een waterfles, (b) een dop, (c) een boterhamzakje, (d) een plantenbakje van de meetkas, (e) een kasplaat van polycarbonaat?

(a) PET (1); (b) HDPE (2) of PP (5); (c) LDPE (4); (d) PP (5); (e) andere (7).

b Waarom is polycarbonaat (code 7) moeilijker te recycleren dan PET (code 1)?

Code 7 is een verzamelcode: er komen weinig stukken van dezelfde soort binnen, dus apart sorteren en verwerken loont weinig. PET-flessen zijn er in enorme aantallen, van één soort.

c Zet in volgorde van voorkeur: verbranden, hergebruiken, storten, recycleren, minder gebruiken.

Minder gebruiken, hergebruiken, recycleren, verbranden, storten.

d Geef voor de meetkas een voorbeeld van hergebruiken en een voorbeeld van recycleren.

Hergebruiken: een oude PET-fles als maatbeker of als filter (hoofdstukken 3 en 9), de platen van een afgebroken kas opnieuw gebruiken. Recycleren: het aluminium frame omsmelten tot nieuw aluminium.

10.10 Onderzoek: welk materiaal voelt het koudst?

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 40 min

Plaatjes van even grote afmetingen (bijvoorbeeld 10 × 10 cm, 3 mm dik) van aluminium, koper, staal, glas, hout en polycarbonaat liggen al een uur in het klaslokaal. Voel eraan: welk voelt het koudst? Leg dan op elk plaatje een even groot ijsblokje en meet hoe lang het duurt tot het gesmolten is.

a Voorspel: welk plaatje voelt het koudst, en op welk smelt het ijsblokje het snelst? Hebben de plaatjes een verschillende temperatuur?

Veel leerlingen voorspellen dat het metaal kouder is. Alle plaatjes hebben de temperatuur van het lokaal.

b Meet.

Typisch: koper en aluminium voelen het koudst en smelten het ijs het snelst (enkele minuten), dan staal, dan glas, hout en polycarbonaat het traagst.

c Verklaar je resultaten met warmtegeleiding.

Metalen geleiden warmte goed: ze voeren de warmte van je hand snel weg (voelt koud) en voeren warmte uit de kamer snel naar het ijsblokje (smelt snel). Hout en kunststof geleiden slecht: je hand warmt het oppervlak zelf op (voelt lauw), en het ijs krijgt weinig warmte.

d Hoe controleer je dat alle plaatjes echt even warm zijn?

- Meet de temperatuur van elk plaatje met een (infrarood)thermometer: ze zijn allemaal ongeveer even warm als de lucht.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Voorspelling	Met een reden.
Eerlijke proef	Even grote plaatjes en ijsblokjes, zelfde ruimte, zelfde start.
Verklaring	Metaal voert warmte snel aan (naar het ijs) en af (weg van je hand); kunststof en hout traag.
Controle	Temperatuur gemeten met een thermometer of een infraroodthermometer.

Uitdagen — Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

10.11 Habitat: materialen voor de plantentafel en de bakjes

Uitdagen · 4 · Habitat · 50 min

De twaalf bakjes met vochtige potgrond wegen samen ongeveer 43 kg (hoofdstuk 7). Ze staan op een tafel van 1,18 m × 0,58 m op 30 cm hoogte, boven het reservoir. Opties voor het tafelblad (18 mm dik): multiplex voor binnen, watervast multiplex, een plaat HDPE, en een rooster van aluminium profielen.

a Stel minstens vijf criteria op voor het tafelblad, met een gewicht en een reden.

- Bijvoorbeeld: stijf genoeg voor 43 kg (3), bestand tegen vocht en giet-water (3), licht (1), makkelijk te zagen en te boren (2), prijs (2), laat water door of niet (1).

b Geef elke optie een score van 1 tot 5 per criterium, met een korte reden, en bereken de totalen.

- Bijvoorbeeld: multiplex voor binnen scoort laag op vocht (de lijm laat los, het zwelt). Watervast multiplex: stijf, vochtbestendig, makkelijk te bewerken, betaalbaar; hoogste totaal. HDPE: vochtbestendig maar slap (buigt door onder 43 kg) en duurder. Aluminium rooster: licht en stijf, maar duurder en de bakjes staan minder stabiel.

c Welke optie kies je? Verandert de keuze als je de gewichten een beetje verschuift?

- Meestal watervast multiplex; verschuiven van de gewichten verandert de winnaar niet, omdat binnenmultiplex en HDPE telkens op een zwaar criterium zwak scoren.

d Welke materialen kies je voor de bakjes en voor de schroeven van het frame? Verwijs naar opdracht 10.7 en 10.8.

- Bakjes: PP (opdracht 10.8). Schroeven: roestvast staal M4, met kunststof ringetjes tussen schroef en aluminium (opdracht 10.7 en het handboek).

e Portfolio: vat de materiaalkeuze van de hele meetkas samen in een tabel (onderdeel, materiaal, belangrijkste reden).

- Frame: aluminium koker 20 × 20 × 1,5 mm (licht, roest niet, recycleerbaar); wanden en dak: kanaalplaat polycarbonaat 4 mm (taai, licht, isoleert); tafel: watervast multiplex 18 mm (stijf, vochtbestendig); bakjes: PP (waterdicht, licht); schroeven: roestvast staal M4 (roest niet).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Criteria	Passend bij de taak: draagt 43 kg zonder door te buigen, vochtbestendig, licht, bewerkbaar, prijs.
Scores	Onderbouwd met eigenschappen of metingen, niet met gevoel.
Controle	Gevoeligheid voor de gewichten besproken; wat de tabel niet ziet benoemd.
Portfolio	Volledige tabel voor frame, wanden, tafel, bakjes en schroeven.

10.12 Debat: hout of aluminium voor het kasframe?

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

Een groep wil het frame van de meetkas toch in hout maken: 'Hout groeit terug, aluminium kost veel energie.' Een andere groep houdt vast aan aluminium. Bereid beide kanten voor.

a Geef drie argumenten voor hout.

- Hernieuwbare grondstof die CO_2 opslaat; weinig energie om te maken; makkelijk te bewerken in de klas; goedkoop; geen koudebrug.

b Geef drie argumenten voor aluminium.

- Rot niet in de vochtige kas; licht (3,1 kg); lange levensduur zonder onderhoud; onbeperkt en met weinig energie te recycleren (95 % minder dan nieuw); smalle profielen, dus meer licht.

c Welke informatie zou je nodig hebben om het echt te beslissen? Denk aan de hele levensloop.

- Hoe lang gaat elk frame mee in de kas? Hoeveel energie en CO_2 kost elk, over de hele levensloop (grondstof, maken, gebruik, afdanken)? Is het aluminium gerecycleerd of nieuw? Wordt het hout duurzaam gekapt? (Dat is een levenscyclusanalyse, hoofdstuk 38 in Intermediate.)

d Formuleer een compromis of een eigen standpunt in twee zinnen.

- Bijvoorbeeld: 'Aluminium uit gerecycleerd materiaal voor het frame, omdat het in de vochtige kas veel langer meegaat; hout voor onderdelen die droog blijven, zoals de tafelpoten buiten het water.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Juist en concreet: grondstof, energie, levensduur, onderhoud, recyclage, massa.
Levensloop	Denkt aan de hele kringloop, niet alleen aan de grondstof.
Standpunt	Helder, en gebaseerd op de argumenten.

10.13 Maak: een composiet uit gips

Uitdagen · 4 · Maken · 60 min

Giet gipsstaafjes van 20 cm × 3 cm × 1,5 cm in een mal (bijvoorbeeld een melkpak dat je in de lengte doorsnijdt). Maak drie soorten: zonder versterking, met twee stukken touw in de lengte net boven de bodem van de mal, en met een strook jute of glasvezelmat onderaan. Laat twee dagen drogen. Leg elk staafje op twee steunen 15 cm uit elkaar en hang in het midden een emmertje waarin je voorzichtig zand giet tot het staafje breekt. Weeg het emmertje.

a Voorspel welk staafje het meeste draagt, en hoe elk staafje zal breken.

- Bijvoorbeeld: het staafje met glasvezel draagt het meest; gewoon gips breekt plots in twee, versterkt gips scheurt maar blijft aan elkaar hangen.

b Meet.

- Eigen metingen. Typisch draagt gewoon gips het minst; de versterkte staafjes dragen meer en vooral: ze vallen niet meteen uit elkaar.

c Aan welke kant van het staafje moet de versterking zitten: boven of onder? Waarom? Test het eventueel met een staafje dat je omgekeerd legt.

- Onderaan: daar wordt het staafje uitgerekt (trek), en gips is zwak op trek. Bovenaan wordt het samengedrukt, en daar is gips sterk. Een omgekeerd staafje (versterking boven) breekt ongeveer zoals gewoon gips.

d Wat is het verschil tussen de breuk van gewoon gips en van versterkt gips? Welk woord uit dit hoofdstuk past bij elk?

✓ Gewoon gips breekt bros: plots, zonder waarschuwing. Versterkt gips gedraagt zich taaier: het scheurt, buigt door en blijft hangen. Zo werkt ook gewapend beton.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Maken	Drie gelijke staafjes, versterking correct geplaatst, voldoende gedroogd.
Meten	Zand langzaam toegevoegd; massa bij breuk gewogen; breuk beschreven.
Verklaring	Onderaan trek, bovenaan druk; de vezels vangen de trek op.
Veiligheid	Stofmasker bij het mengen van gipspoeder; handen wassen; het emmertje valt op een zachte ondergrond.

10.14 De energie van een blikje

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 25 min

Een leeg aluminium blikje van 33 cL weegt ongeveer 13 g. Nieuw aluminium maken kost ongeveer 186 MJ per kg, gerecycleerd aluminium ongeveer 8,3 MJ per kg (1 MJ = 1 miljoen joule). Om 1 L water van 20 °C aan de kook te brengen, is ongeveer 0,33 MJ nodig.

a Hoeveel energie kost het aluminium van één blikje, nieuw en gerecycleerd?

✓ Nieuw: $0{,}013\,\text{kg} \times 186\,\text{MJ/kg} \approx 2{,}4\,\text{MJ}$. Gerecycleerd: $0{,}013 \times 8{,}3 \approx 0{,}11\,\text{MJ}$.

b Hoeveel energie bespaar je per gerecycleerd blikje? Met hoeveel volle waterkokers (1 L) komt dat overeen?

✓ Besparing: $2{,}4 - 0{,}11 \approx 2{,}3\,\text{MJ}$. $2{,}3 / 0{,}33 \approx 7$ waterkokers.

c Hoeveel procent besparing is dat?

✓ $2{,}3 / 2{,}4 \approx 0{,}955$: ongeveer 95 %.

d Het aluminium frame van de meetkas weegt 3,1 kg. Hoeveel energie kostte het als nieuw aluminium, en als gerecycleerd aluminium?

✓ Nieuw: $3{,}1 \times 186 \approx 577\,\text{MJ}$. Gerecycleerd: $3{,}1 \times 8{,}3 \approx 26\,\text{MJ}$.

e Waarom is recycleren van aluminium zo interessant, en waarom haal je toch nooit 100 % terug?

✓ Nieuw aluminium maken vraagt veel elektriciteit (het moet uit zijn oxide gehaald worden); omsmelten vraagt alleen genoeg warmte om het te smelten (660 °C). Maar niet elk blikje wordt ingezameld, bij het omsmelten gaat een klein deel verloren (als oxide), en legeringen raken vermengd.

10.15 Waarom brak de Schenectady?

●●● Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Met de kerfslagproef meet je hoeveel energie een ingekerfd staafje opneemt voor het breekt: veel energie betekent taai, weinig betekent bros. Vereenvoudigde voorbeeldwaarden voor twee soorten scheepsstaal:

temperatuur (°C)	−40	−20	0	10	20	40
staal uit 1943 (J)	5	7	12	25	55	90
modern scheepsstaal (J)	60	110	140	150	150	155

a Zet beide reeksen in één grafiek (temperatuur horizontaal).

✓ Het oude staal daalt sterk tussen 20 en 0 °C; het moderne blijft hoog tot onder −20 °C.

b Bij welke temperatuur wordt het oude staal ongeveer bros (sterke daling)? En het moderne?

Het oude staal wordt bros onder ongeveer 10 °C; het moderne pas rond −40 °C.

c Leg met de grafiek uit waarom schepen van het oude staal vooral in de winter braken.

In de winter was het water en de lucht rond het schip koud: het staal zat in het brosse gebied en nam weinig energie op voor het brak. Een klein scheurtje kon dan zonder waarschuwing door de hele plaat lopen.

d Waarom is 'sterk' niet genoeg als je staal kiest voor een schip, een brug of het frame van een poolstation?

Sterkte zegt hoeveel kracht het draagt, niet hoe het breekt. Een constructie moet ook taai zijn bij de laagste temperatuur waarin ze gebruikt wordt, zodat ze vervormt en waarschuwt in plaats van plots te breken. Voor een poolstation (tot −25 °C, zoals Habitat) is dat essentieel.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 11

Krachten

Duwen, trekken, wegen en glijden: hoe je een kracht herkent, tekent en meet

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

6× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 349 min

K Krachten, beweging en constructies · W Wiskundig modelleren · O Onderzoeken en meten



Hoe hard duwt een volle plantenbak op de tafel? Een krachtmeter geeft het antwoord in newton.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen — één stap, direct toepassen

11.1 Wie duwt of trekt op wie?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Beschrijf elke kracht: wie oefent ze uit, op wie werkt ze, is het een duw of een trek, en is het een contactkracht of een kracht op afstand?

Vul in.

(a) de hond, op de leiband (en zo op de baas), trek, contact. (b) de aarde, op het blad, trek, op afstand (zwaartekracht). (c) de magneet, op de deur (en de foto zit ertussen geklemd), trek, op afstand (magnetisch). (d) de bulldozer, op het zand, duw, contact. (e) de trampoline, op het kind, duw, contact (veerkracht). (f) de lucht, op de parachute, duw tegen de beweging in, contact (luchtweerstand).

11.2 Wat doet de kracht?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Kies telkens wat de kracht vooral doet: vervormen, versnellen, afremmen, van richting doen veranderen of doen draaien. Soms zijn er twee antwoorden.

a (a) Je knijpt in een stressbal.

- vervormen

b (b) Een doelman houdt een bal tegen.

- afremmen (en de bal wordt even vervormd)

c (c) Je draait een fles open.

- doen draaien

d (d) Een tennisbal wordt door een racket teruggeslagen.

- van richting doen veranderen en versnellen (en de bal en de snaren vervormen even)

e (e) De ketting van een fiets trekt aan het achterwiel.

- doen draaien (en zo de fiets versnellen)

f (f) Een auto neemt een bocht aan constante snelheid.

- van richting doen veranderen

11.3 Wie heeft gelijk?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Vier leerlingen praten over de meetkoffer van 12 kg die naar de maan gaat. Ali: 'Op de maan is de koffer lichter, want hij weegt minder.' Bo: 'Zijn massa blijft 12 kg.' Cas: 'De zwaartekracht op de koffer is op de maan ongeveer zes keer kleiner.' Dina: 'Op de maan is er geen lucht, dus ook geen zwaartekracht.'

a Wie zegt iets wat helemaal juist is?

- Bo en Cas.

b Verbeter de uitspraak van Ali zodat ze natuurkundig klopt.

- Bijvoorbeeld: 'Op de maan is het gewicht van de koffer kleiner, ongeveer 19 N in plaats van 118 N, maar zijn massa blijft 12 kg.' Het woord 'lichter' is dubbelzinnig: het klopt voor het gewicht, niet voor de massa.

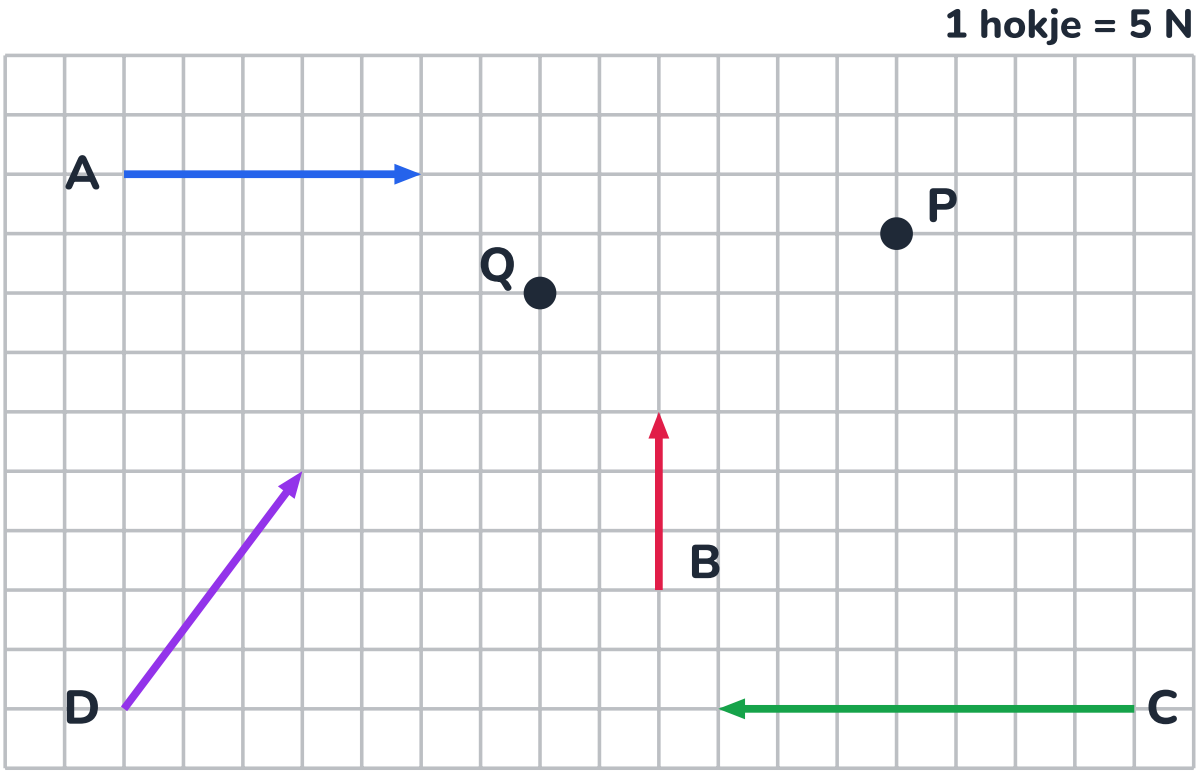
c Wat is er fout aan de uitspraak van Dina? Geef een waarneming die het tegendeel bewijst.

- Zwaartekracht heeft geen lucht nodig: elke massa trekt aan elke andere massa. Op de maan vallen voorwerpen wel degelijk naar beneden, en astronauten kwamen na elke sprong terug op de grond.

11.4 Pijlen op ruitjes

Oefenen · 2 · Tekenen · 12 min

In de figuur is één hokje 5 N.



Vier krachtpijlen en twee punten P en Q.

a Hoe groot zijn de krachten A, B en C? Geef ook hun richting en zin.

A: 5 hokjes, 25 N, horizontaal naar rechts. B: 3 hokjes, 15 N, verticaal naar boven. C: 7 hokjes, 35 N, horizontaal naar links.

b Pijl D staat schuin. Hoe bepaal je zijn grootte? Hoe groot is hij?

Meet zijn lengte met een lat en vergelijk met een pijl die je kan tellen: D is even lang als A (3 hokjes opzij en 4 omhoog geeft een schuine lijn van 5 hokjes). D is dus 25 N, schuin naar rechtsboven.

c Teken in de figuur vanuit P een kracht van 20 N verticaal naar beneden, en vanuit Q een kracht van 40 N horizontaal naar links.

Vanuit P een pijl van 4 hokjes naar beneden (label 20 N); vanuit Q een pijl van 8 hokjes naar links (label 40 N).

11.5 Van massa naar zwaartekracht en terug

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Gebruik $g = 9{,}81\,\mathrm{N/kg}$ op aarde. Zet grammen eerst om naar kilogram.

Vul in.

(a)

$0{,}180 \times 9{,}81 = 1{,}77\,\mathrm{N}$

(b)

$2{,}5 \times 9{,}81 = 24{,}5\,\mathrm{N}$

(c)

$75 \times 9{,}81 = 736\,\mathrm{N}$

(d)

$m = F_z/g = 49/9{,}81 = 5{,}0\,\mathrm{kg}$

(e)

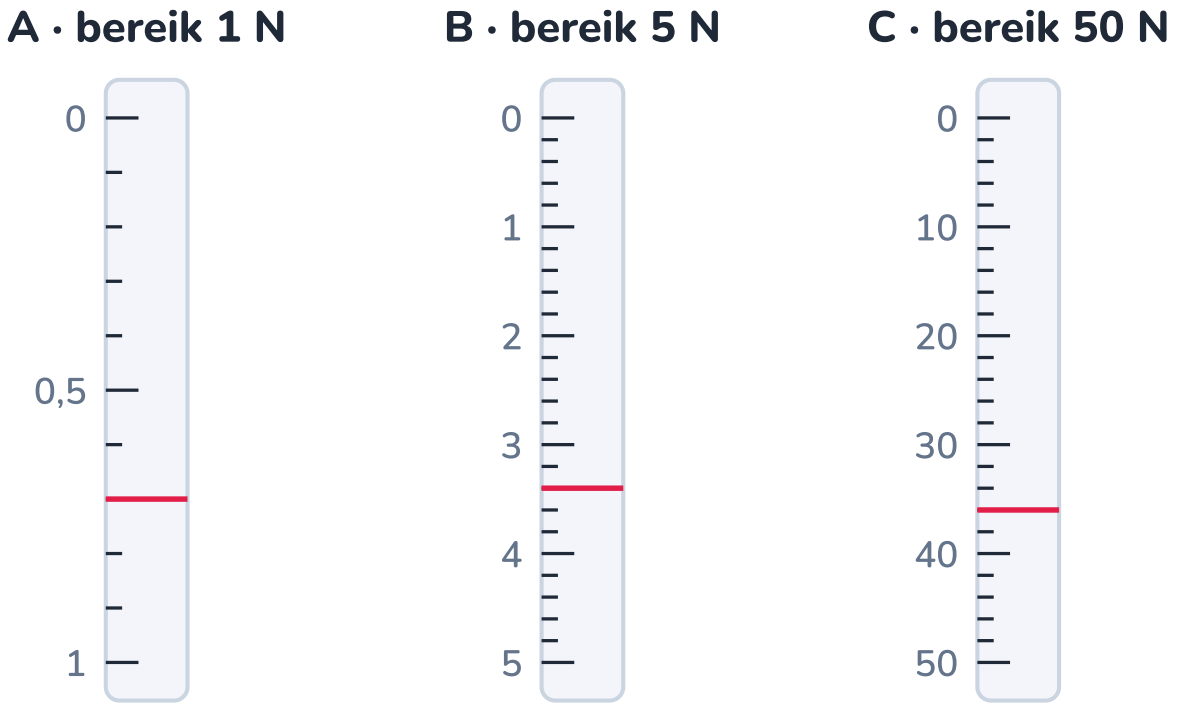
$m = 785/9{,}81 = 80\,\mathrm{kg}$

(de meetkas van hoofdstuk 7)

11.6 Drie krachtmeters

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Drie krachtmeters hangen naast elkaar, elk met een ander bereik. De rode streep is de wijzer.



Krachtmeter A (1 N), B (5 N) en C (50 N).

a Wat wijst elke krachtmeter aan? Hoe groot is een klein streepje bij elke meter?

A: 0,70 N (streepjes van 0,1 N). B: 3,4 N (streepjes van 0,2 N). C: 36 N (streepjes van 2 N).

b Welke meter kies je om de zwaartekracht te meten op (a) een brief van 20 g, (b) een appel van 250 g, (c) een zak van 3,0 kg? Leg uit.

(a) 0,020 × 9,81 = 0,20 N: meter A. (b) 0,250 × 9,81 = 2,5 N: meter B (A zou overbelast worden). (c) 3,0 × 9,81 = 29 N: meter C.

c Waarom meet je een brief niet met meter C?

0,20 N is op meter C nog geen tiende van het kleinste streepje (2 N): je zou niets zien bewegen. Kies het kleinste bereik dat groot genoeg is.

Toepassen — Toepassen

meerdere stappen, in een context

11.7 Een robot op de maan en op Mars

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Een verkenningsrobotje van Habitat heeft een massa van 25 kg. Gebruik: aarde $9{,}81\,\mathrm{N/kg}$, maan $1{,}62\,\mathrm{N/kg}$, Mars $3{,}71\,\mathrm{N/kg}$.

a Bereken de zwaartekracht op de robot op aarde, op de maan en op Mars.

Aarde: $25 \times 9{,}81 = 245\,\mathrm{N}$. Maan: $25 \times 1{,}62 = 40{,}5\,\mathrm{N}$. Mars: $25 \times 3{,}71 = 92{,}8\,\mathrm{N}$.

b Op welk hemellichaam is de zwaartekracht op de robot ongeveer even groot als die op een doos van 10 kg op aarde?

Doos van 10 kg op aarde: $10 \times 9{,}81 = 98{,}1\,\mathrm{N}$. Dat is ongeveer de 92,8 N op Mars.

c De robot heeft een grijparm die hoogstens 30 N kan tillen. Hoeveel massa kan hij optillen op aarde, en hoeveel op Mars?

Aarde: $m = 30/9{,}81 = 3{,}1\,\mathrm{kg}$. Mars: $m = 30/3{,}71 = 8{,}1\,\mathrm{kg}$.

d Een leerling zegt: 'Op Mars heeft de robot minder massa, dus rijdt hij sneller weg.' Wat is er fout?

De massa blijft overal 25 kg. Alleen de zwaartekracht (en het gewicht) is kleiner. Hoe snel de robot kan wegrijden, hangt af van zijn massa en de kracht van zijn wielen (hoofdstuk I8), niet van de zwaartekracht.

11.8 Labo: de veerconstante van een veer

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Bepaal de veerconstante van een schroefveer uit het labo, zoals in de proef 'Een veer uitrekken'. Blijf ruim onder de elasticiteitsgrens: begin klein en kijk na elke meting of de veer terugkomt.

a Maak een schets van je opstelling en zeg hoe je de lengte afleest zonder parallax.

Veer aan een statief, meetlat vlak naast de veer; kijk horizontaal naar het onderste uiteinde van de veer (of een wijzertje eraan).

b Meet bij minstens zes verschillende massa's.

De verhouding F / Δl moet bij elke meting ongeveer gelijk zijn. De uitrekking, niet de lengte, is evenredig met de kracht.

c Zet de uitrekking horizontaal en de kracht verticaal in een grafiek. Teken de best passende rechte.

De punten liggen op een rechte door de oorsprong.

d Bepaal de veerconstante uit de helling, in N/cm en in N/m.

✓ Kies een punt op de rechte ver van de oorsprong en deel F door Δl. Bijvoorbeeld 2,9 N / 14,5 cm = 0,20 N/cm = 20 N/m. Van N/cm naar N/m: × 100.

e Voorspel de lengte van de veer met een massa die je nog niet gebruikt hebt, en controleer met een meting.

✓ Bijvoorbeeld met 175 g: F = 1,72 N, Δl = 1,72 / 0,20 = 8,6 cm, dus l = l_0 + 8,6 cm. Een verschil van enkele millimeter is een gewone meetfout.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Opstelling	Meetlat verticaal naast de veer, aflezen op ooghoogte, beginlengte gemeten.
Metingen	Minstens zes metingen, kracht correct berekend, uitrekking = lengte − beginlengte.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, rechte door de oorsprong, punten nauwkeurig.
Besluit	Veerconstante met eenheid, voorspelling gecontroleerd en verschil besproken.

11.9 Een veer in cijfers

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Een leerling meet de lengte van een veer met verschillende massa's eraan.

massa (g)	0	100	200	300	400	500
lengte (cm)	5,0	7,4	9,9	12,4	14,8	19,0

a Bereken voor elke meting de kracht en de uitrekking.

✓ F: 0; 0,98; 1,96; 2,94; 3,92; 4,91 N. Δl: 0; 2,4; 4,9; 7,4; 9,8; 14,0 cm.

b Teken de grafiek met de uitrekking horizontaal en de kracht verticaal.

✓ Tot 400 g een rechte door de oorsprong; het punt van 500 g ligt rechts van de rechte (te veel uitrekking).

c Welke meting past niet? Wat is er met de veer gebeurd?

✓ De meting met 500 g: 4,91 N zou 12,3 cm uitrekking geven, niet 14,0 cm. De veer is voorbij haar elasticiteitsgrens gegaan en vervormt blijvend.

d Bepaal de veerconstante uit de metingen die wel passen.

✓ Bijvoorbeeld met 400 g: $k = 3{,}92\,\text{N}/9{,}8\,\text{cm} = 0{,}40\,\text{N/cm} = 40\,\text{N/m}$.

e Hoe lang is de veer met 250 g? Heet dat interpoleren of extrapoleren?

✓ $F = 0{,}250 \times 9{,}81 = 2{,}45\,\text{N}$; $\Delta l = 2{,}45/0{,}40 = 6{,}1\,\text{cm}$; $l = 5{,}0 + 6{,}1 = 11{,}1\,\text{cm}$. Interpoleren: 250 g ligt tussen de metingen (hoofdstuk 4).

11.10 Maak: je eigen krachtmeter

Toepassen · 3 · Maken · 50 min

Bouw een krachtmeter met een elastiekje of een veertje in een kartonnen koker of tegen een latje, met een paperclip als haak en een wijzer (bijvoorbeeld een speld door de paperclip). IJk hem met gekende massa's: 51 g geeft 0,50 N.

a Maak een schets van je ontwerp met de onderdelen: ophanging, veer of elastiek, wijzer, schaal, haak.

✓ Ophangoog bovenaan, veer of elastiek in de koker, wijzer aan de onderkant van de veer, schaal op de koker, haak onderaan.

b IJk je meter: zet een streepje bij 0; 0,5; 1,0; 1,5 N enzovoort. Liggen de streepjes op gelijke afstanden?

✓ Met een metalen veer liggen de streepjes op (bijna) gelijke afstanden: de veer volgt de wet van Hooke. Met een elastiekje niet: de afstanden tussen de streepjes veranderen, want een elastiek is geen ideale veer. Dan moet je elk streepje apart ijken.

c Meet drie voorwerpen met je eigen meter en met een echte krachtmeter. Hoe groot is het verschil?

✓ Een verschil van enkele tienden newton is normaal. Vergelijk ook eens met het bereik: een relatief grote fout bij kleine krachten.

d Wat zou je verbeteren aan je ontwerp?

✓ Bijvoorbeeld: een stijvere of juist slappere veer kiezen voor het bereik dat je nodig hebt, een nulsteller toevoegen, de wijzer dichter bij de schaal zetten tegen parallax, meer ijkpunten.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ontwerp	Alle onderdelen aanwezig; de veer of het elastiek kan vrij bewegen zonder te schuren.
IJking	Minstens vijf streepjes met gekende massa's, nulpunt gecontroleerd.
Controle	Vergelijking met een echte krachtmeter, verschil in procent of in newton.
Reflectie	Uitleg waarom de streepjes wel of niet op gelijke afstanden liggen.

11.11 Wrijving: vriend of vijand?

Toepassen · 2 · Begrijpen · 12 min

Is de wrijving hier nuttig of hinderlijk? Moet ze groter of kleiner, en hoe doe je dat?

a (a) Een fietsketting piept en slijt snel.

✓ Hinderlijk. Kleiner maken: de ketting reinigen en smeren met kettingolie.

b (b) Op een ijzige stoep glijden voetgangers uit.

✓ Nuttig maar te klein. Groter maken: zand, split of zout strooien; schoenen met profiel.

c (c) De plantenbakjes schuiven over het tafelblad als je de meetkas verplaatst.

✓ Nuttig maar te klein. Groter maken: een rubberen antislipmat onder de bakjes.

d (d) Een schaatser wil zo ver mogelijk uitglijden.

✓ Hinderlijk (voor het uitglijden). Kleiner maken: scherpe, gladde ijzers; goed ijs; ook de luchtweerstand kleiner door gebukt te schaatsen.

e (e) Een zware kast moet naar de andere kant van de kamer.

✓ Hinderlijk. Kleiner maken: rollen of meubelglijders eronder, of eerst de kast leegmaken (minder hard tegen de vloer gedrukt).

11.12 Wrijvingsmetingen lezen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een groep trekt een blok van 400 g met een constante snelheid over verschillende ondergronden.

meting	ondergrond	blok ligt op	extra massa	kracht bij glijden (N)
1	tafel	grote zijde	geen	1,2
2	tafel	smalle zijde	geen	1,2
3	tafel	grote zijde	400 g	2,4

meting	ondergrond	blok ligt op	extra massa	kracht bij glijden (N)
4	schuurpapier	grote zijde	geen	2,7
5	tafel met zeepsop	grote zijde	geen	0,5
6	vier ronde potloden	grote zijde	geen	0,1

a Waarom moet het blok met een constante snelheid bewegen tijdens de meting?

✓ Bij een constante snelheid zijn de trekkracht en de wrijving in evenwicht: de krachtmeter toont dan precies de wrijving. Trek je harder, dan versnelt het blok en meet je meer dan de wrijving.

b Welke twee metingen vergelijk je om te weten of het contactvlak telt? Wat besluit je?

✓ Meting 1 en 2: alleen het contactvlak verschilt. Allebei 1,2 N: de grootte van het contactvlak maakt (bijna) niet uit.

c Wat gebeurt er met de wrijving als het blok twee keer zo zwaar is?

✓ Meting 1 en 3: van 1,2 N naar 2,4 N, dus ook twee keer zo groot.

d Rangschik smeren, rollen en ruwer maken naar hun effect op de wrijving.

✓ Rollen maakt de wrijving het kleinst (0,1 N), smeren halveert ze ongeveer (0,5 N), ruwer maken (schuurpapier) vergroot ze (2,7 N).

e Waarom kan je meting 4 en meting 3 niet vergelijken om het effect van schuurpapier te kennen?

✓ Tussen 3 en 4 veranderen twee dingen tegelijk (ondergrond én massa). Vergelijk 1 met 4: alleen de ondergrond verschilt (hoofdstuk 2, de eerlijke proef).

●●● Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

11.13 Habitat: mag de volle plantenbak op deze plank?

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

Het tafelblad van de meetkas (watervast multiplex, 18 mm) rust op twee steunen; de vrije overspanning is 1,10 m. In het programma van eisen staat: *de plantenbakken moeten vlak blijven staan, zodat het water gelijk verdeeld wordt; het tafelblad mag in het midden hoogstens 3,0 mm doorbuigen*. Voor je de bakken erop zet, doe je een proefbelasting: je legt zakjes zand gelijk verdeeld over het blad en meet de doorbuiging in het midden.

belasting (N)	0	100	200	300	400
doorbuiging (mm)	0	0,8	1,5	2,3	3,1

Na elke meting haal je het zand weg: het blad komt telkens terug op 0.



Zakjes zand gelijk verdeeld over het tafelblad; de meetlat staat onder het midden.

a Hoeveel newton duwen de twaalf volle bakken (elk 4,0 kg) samen op het tafelblad?

✓ $12 \times 4{,}0\,\text{kg} = 48\,\text{kg}$; $48 \times 9{,}81 = 471\,\text{N}$.

b Teken de grafiek van de doorbuiging tegenover de belasting. Is het verband recht evenredig? Waarom mag je dat hier verwachten?

✓ Een rechte door de oorsprong: dubbele belasting, dubbele doorbuiging. Het tafelblad vervormt elastisch (het komt telkens terug op 0) en gedraagt zich dus als een heel stijve veer: de wet van Hooke.

c Voorspel de doorbuiging met de twaalf bakken erop. Is het verantwoord om zo ver door te trekken?

✓ Per 100 N ongeveer $3{,}1/4 = 0{,}78\,\text{mm}$. Bij 471 N: $4{,}71 \times 0{,}78 \approx 3{,}7\,\text{mm}$. Dat is extrapoleren, maar maar een klein stuk voorbij de laatste meting (400 N), en het blad blijft elastisch: redelijk betrouwbaar. Nog beter: de proefbelasting doortrekken tot 500 N.

d Voldoet het tafelblad aan de eis? Stel twee verbeteringen voor.

✓ Nee: 3,7 mm is meer dan 3,0 mm. Verbeteringen: een extra steun onder het midden (de doorbuiging wordt dan veel kleiner), een dikker tafelblad (bijvoorbeeld 22 mm: in hoofdstuk 13 zie je waarom dikte zo zwaar doorweegt), of een lat op zijn kant onder het blad in de lengterichting.

e Portfolio: noteer de kracht van de bakken, de voorspelde doorbuiging en je beslissing.

✓ Bijvoorbeeld: 'De twaalf bakken duwen met 471 N op het tafelblad. Voorspelde doorbuiging 3,7 mm, eis hoogstens 3,0 mm: we plaatsen een extra steun onder het midden.'

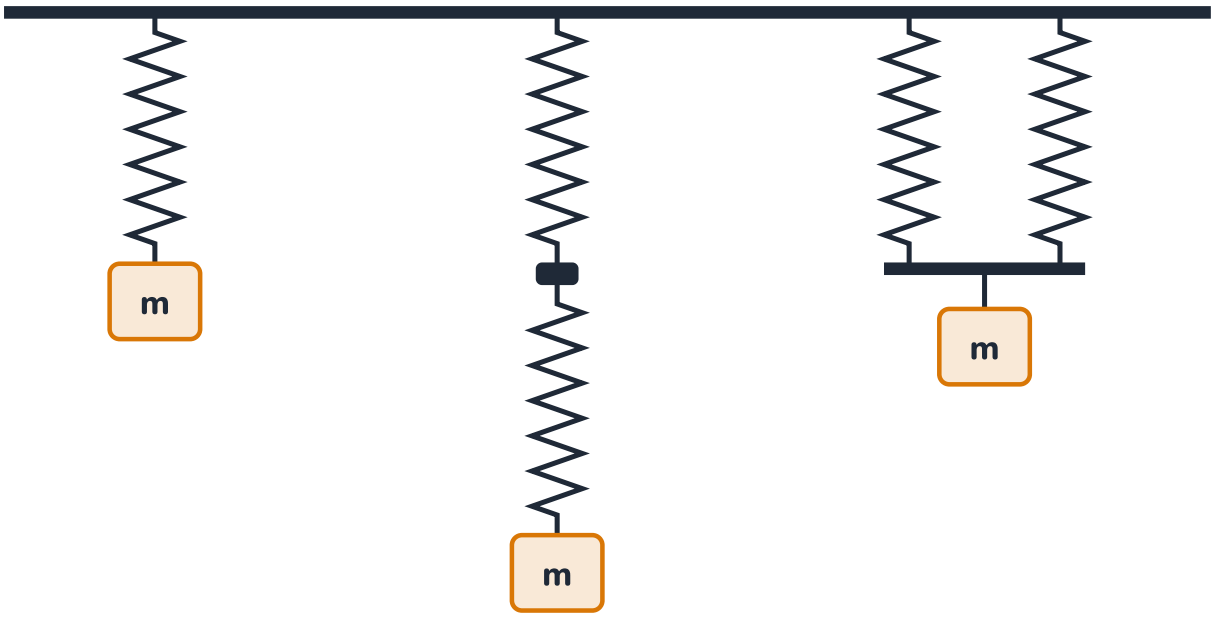
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Kracht	Massa omgerekend naar newton met g = 9,81 N/kg, voor alle twaalf bakken.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, rechte door de oorsprong, evenredigheid verklaard (elastisch, zoals een veer).
Voorspelling	Doorbuiging per 100 N correct gebruikt; extrapolatie kritisch besproken.
Beslissing	Vergelijking met de eis en twee haalbare verbeteringen.

11.14 Twee veren

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Je hebt twee gelijke veren, elk met $k = 20\,\text{N/m}$, en een massa van 200 g. Je hangt de massa op drie manieren op.



(a) één veer, (b) twee veren onder elkaar, (c) twee veren naast elkaar met een lichte staaf.

a Bereken de uitrekking in opstelling (a).

✓ $F = 0{,}200 \times 9{,}81 = 1{,}96\,\text{N}$; $\Delta l = 1{,}96/20 = 0{,}098\,\text{m} = 9{,}8\,\text{cm}$.

b In opstelling (b) trekt de massa aan de onderste veer, en die onderste veer trekt aan de bovenste. Hoeveel kracht werkt er op elke veer? Hoe groot is de totale uitrekking?

✓ Elke veer draagt de volle 1,96 N (de onderste draagt de massa, de bovenste draagt de onderste met de massa; de veren zelf zijn heel licht). Elke veer rekt 9,8 cm uit: samen 19,6 cm.

c In opstelling (c) dragen de twee veren de massa samen. Hoe groot is de uitrekking?

✓ Elke veer draagt de helft: 0,98 N, dus elk rekt $0{,}98/20 = 0{,}049\,\text{m} = 4{,}9\,\text{cm}$ uit. De massa zakt 4,9 cm.

d Welke opstelling gedraagt zich als één stijvere veer, en welke als één slappere? Geef de veerconstante van elk geheel.

✓ (b) gedraagt zich als een slappere veer: $1{,}96/0{,}196 = 10\,\text{N/m}$. (c) als een stijvere: $1{,}96/0{,}049 = 40\,\text{N/m}$.

e Een auto rust op vier veren, één bij elk wiel. Staan die 'onder elkaar' of 'naast elkaar'?

✓ Naast elkaar: ze dragen de auto samen, elk een deel. Zo is het geheel stijver dan één veer.

11.15 Onderzoek: telt het contactvlak mee?

●●● Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 45 min

Veel mensen denken dat een breed voorwerp meer wrijving heeft dan een smal. Jij onderzoekt het, niet alleen met een houten blok, maar ook met een ander materiaal (bijvoorbeeld een baksteen, een rubberen gum of een pak papier).

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

✓ Bijvoorbeeld: 'Hangt de wrijving tussen een blok en de tafel af van de grootte van het contactvlak?' Hypothese: veel leerlingen verwachten meer wrijving op de grote zijde.

b Welke variabele verander je, welke meet je, en welke hou je gelijk? Noem er minstens drie die je gelijk houdt.

✓ Veranderen: de zijde waarop het voorwerp ligt. Meten: de kracht bij glijden aan constante snelheid. Gelijk houden: hetzelfde voorwerp (dus dezelfde massa), dezelfde ondergrond, dezelfde krachtmeter, horizontaal trekken, dezelfde lage snelheid, een schone ondergrond.

c Hoe zorg je dat je meting betrouwbaar is? Denk aan herhalen en aan de snelheid.

✓ Elke meting drie keer herhalen en het gemiddelde nemen; uitschieters opnieuw meten; de krachtmeter telkens op nul zetten; langzaam en gelijkmatig trekken.

d Voer het onderzoek uit.

✓ Typisch: voor hout en baksteen bijna dezelfde kracht op elke zijde (binnen enkele tienden newton).

e Formuleer een besluit. Geldt het voor alle materialen die je testte?

✓ Voor harde voorwerpen hangt de wrijving bijna niet af van het contactvlak. Zachte, kleverige materialen zoals rubber kunnen afwijken: daar speelt ook hoe het materiaal zich aan de ondergrond vastzuigt of vervormt. Een besluit geldt alleen voor wat je getest hebt.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Toetsbaar, met een voorspelling en een reden.
Variabelen	Alleen de zijde verandert; zelfde voorwerp, ondergrond, snelheid, krachtmeter horizontaal.
Betrouwbaarheid	Minstens drie herhalingen per situatie, gemiddelde berekend, constante lage snelheid.
Besluit	Gesteund door de metingen; uitzonderingen benoemd en verklaard.

11.16 Een weegschaal op reis

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Een personenweegschaal meet de kracht waarmee je op haar duwt en rekent die om naar kilogram met $g = 9{,}81\,\mathrm{N/kg}$. Mila heeft een massa van 45 kg. Gebruik: maan $1{,}62$, Mars $3{,}71$, Jupiter $24{,}8\,\mathrm{N/kg}$, aan de evenaar $9{,}78\,\mathrm{N/kg}$.

a Met welke kracht duwt Mila in België op de weegschaal, en wat toont die?

✓ $45 \times 9{,}81 = 441\,\mathrm{N}$. De weegschaal rekent terug: $441/9{,}81 = 45\,\mathrm{kg}$.

b Wat zou de weegschaal tonen op de maan, op Mars en op Jupiter (als ze daar kon staan)?

✓ Maan: $45 \times 1{,}62 = 72{,}9\,\mathrm{N}$, de schaal toont $72{,}9/9{,}81 = 7{,}4\,\mathrm{kg}$. Mars: $45 \times 3{,}71 = 167\,\mathrm{N}$, toont $17{,}0\,\mathrm{kg}$. Jupiter: $45 \times 24{,}8 = 1116\,\mathrm{N}$, toont $114\,\mathrm{kg}$.

c Mila reist naar een land aan de evenaar. Wat toont dezelfde weegschaal daar? Merk je dat?

✓ $45 \times 9{,}78 = 440{,}1\,\mathrm{N}$; de schaal toont $440{,}1/9{,}81 = 44{,}86\,\mathrm{kg}$: ongeveer 0,14 kg minder. Op een weegschaal die op 0,1 kg afleest, zie je net verschil; in het dagelijks leven merk je dat niet.

d Welk toestel toont overal 45 kg? Leg uit waarom.

✓ Een balans met twee schalen (of met schuifgewichten): ze vergelijkt Mila's massa met gekende massa's. Beide worden even hard aangetrokken, waar je ook bent, dus de balans blijft kloppen.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 12

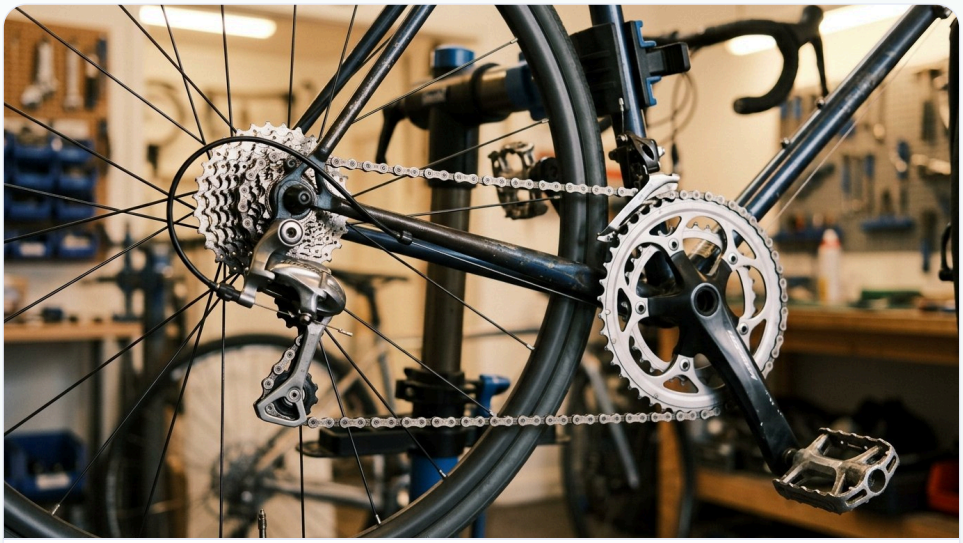
Hefbomen en mechanismen

Hoe een plank, een touw of een tandwiel een kleine kracht groot maakt, en wat je daarvoor inlevert

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 5× uitdagen · ± 366 min

K Krachten, beweging en constructies · W Wiskundig modelleren · D Ontwerpen en maken



Trapper, kettingblad, ketting, tandwielen, derailleur: een fiets is een verzameling mechanismen.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen — één stap, direct toepassen

12.1 Draaipunt, kracht en last

Oefenen · 1 · Begrijpen · 15 min

Neem het gereedschap in je hand of kijk naar de foto. Duid bij elk het draaipunt, de kracht en de last aan, en zeg welke soort hefboom het is.



Acht stukken gereedschap, acht hefbomen.

Vul in.

(a) schroef; handvatten; het papier tussen de messen; eerste soort. (b) scharnier aan het uiteinde; de handvatten; de noot in het midden; tweede soort. (c) het samengeklemde uiteinde; je vingers in het midden; het voorwerp tussen de punten; derde soort. (d) de rand van de opener die bovenop de dop steunt; je hand aan het handvat; de rand van de dop in het midden; tweede soort. (e) scharnier; handvatten; wat je vastgrijpt of doorknipt tussen de bekken; eerste soort. (f) het verbonden uiteinde; je hand in het midden; het eten aan de punten; derde soort.

12.2 De hefboomwet invullen

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Bereken de ontbrekende waarde met $F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$. Schrijf je berekening op.

Vul in.

(a)

$F_1 = 600 \times 0{,}20 / 1{,}2 = 100\,\text{N}$

(b)

$a_1 = 400 \times 0{,}15 / 50 = 1{,}2\,\text{m}$

(c)

$F_2 = 80 \times 0{,}90 / 0{,}30 = 240\,\text{N}$

(d)

$a_2 = 25 \times 20 / 100 = 5{,}0\,\text{cm}$

12.3 Hefbomen in je lichaam

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Gebruik de tabel en de figuur uit het handboek.

a Waarom zijn de meeste hefbomen in je lichaam van de derde soort, ook al kost dat kracht?

✓ Een spier kan maar een paar centimeter samentrekken. Hecht ze dicht bij het gewricht aan, dan beweegt het uiteinde van het bot veel verder en sneller: je wint bereik en snelheid, nodig om te gooien, te lopen en te grijpen.

b Een harde noot kraak je met je kiezen, niet met je voortanden. Leg uit met de hefboomwet.

✓ Het draaipunt is het kaakgewricht, de kauwspieren trekken dicht erbij. De kiezen liggen dichter bij het draaipunt dan de voortanden: een kortere lastarm. Met dezelfde spierkracht en dezelfde krachtarm wordt de kracht op de noot dan groter.

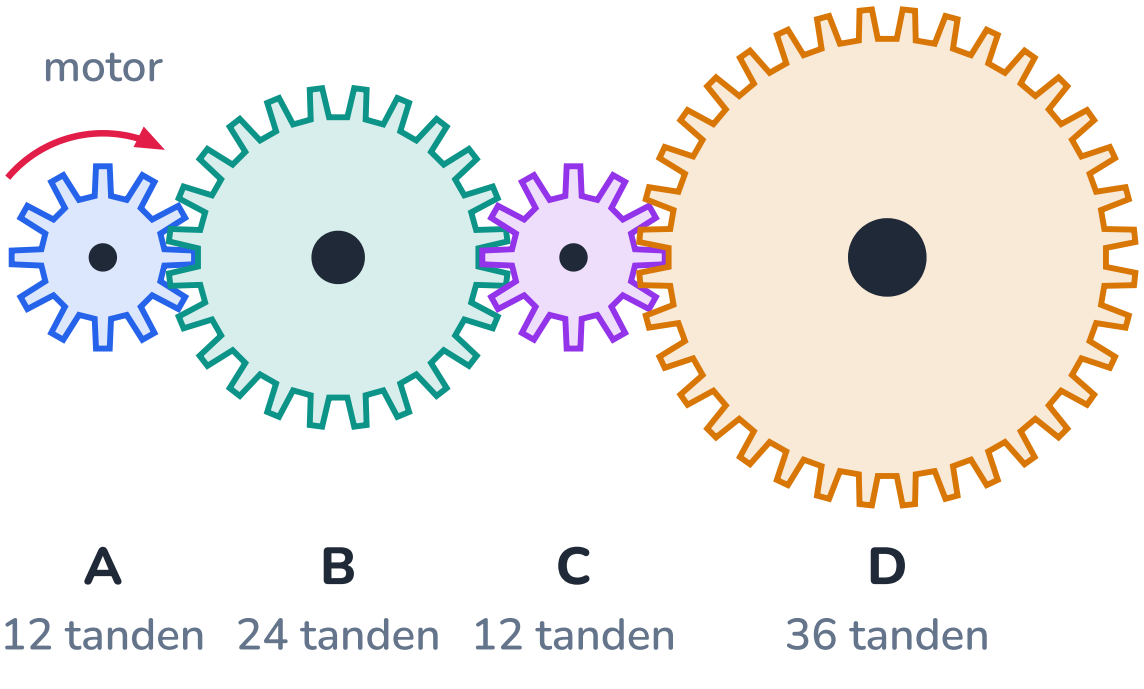
c Waarom kan je op je tenen staan met een kuitspier die minder hard trekt dan je gewicht?

✓ Het draaipunt ligt aan de bal van je voet, de last (je gewicht via het scheenbeen) ligt ertussen, de kuitspier trekt aan de hiel, verder weg: tweede soort. De krachtarm is langer dan de lastarm, dus de spier mag minder hard trekken dan je gewicht.

12.4 Tandwielen in een rij

Oefenen · 2 · Tekenen · 12 min

Een motor drijft tandwiel A aan. De motor draait 90 omw/min met de klok mee.



Vier tandwielen A, B, C en D die in elkaar grijpen.

a Teken bij elk tandwiel een pijltje voor de draairichting.

✓ A met de klok mee, B tegen de klok in, C met de klok mee, D tegen de klok in.

b Bereken hoe snel B, C en D draaien.

✓ B: $90 \times 12/24 = 45\,\text{omw/min}$. C: $45 \times 24/12 = 90\,\text{omw/min}$. D: $90 \times 12/36 = 30\,\text{omw/min}$.

c Welke tandwielen zou je kunnen weglaten zonder dat de snelheid van D verandert? Wat verandert er dan wel?

✓ B en C zijn tussenwielen: de snelheid van D hangt alleen af van A en D (90 × 12 / 36 = 30). Laat je B en C allebei weg (A grijpt rechtstreeks in D), dan verandert er niets aan de snelheid en de zin van D: nog altijd 30 omw/min tegen de klok in. Alleen de afstand tussen de assen wordt kleiner. Laat je maar één tussenwiel weg, dan keert de draairichting van D om.

12.5 Touwdelen tellen

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Een zak potgrond van 30 kg moet 1,0 m omhoog. Wrijving laten we weg. Gebruik de figuur met katrollen uit het handboek.

a Bereken de trekkracht en hoeveel touw je binnenhaalt.

✓ $F_z = 30 \times 9{,}81 = 294\,\text{N}$. Vaste katrol: 1 touwdeel, 294 N, 1,0 m. Losse katrol: 2, 147 N, 2,0 m. Takel: 4, 73,6 N, 4,0 m. Takel met 6: 6, 49,1 N, 6,0 m.

b Waarom gebruik je soms toch een vaste katrol, ook al win je er geen kracht mee?

✓ Omlaag trekken is makkelijker dan optillen: je kan je eigen gewicht gebruiken en je hoeft niet naar boven te klimmen (een vlag hijsen, een emmer uit een put).

Toepassen

Toepassen — meerdere stappen, in een context

12.6 De kruiwagen met potgrond

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Je rijdt potgrond naar de meetkas. De kruiwagen met lading heeft samen een massa van 72 kg. Het zwaartepunt van de lading ligt 45 cm van de as van het wiel, je handen houden de handvatten vast op 1,35 m van de as.

a Welke soort hefboom is een kruiwagen? Duid draaipunt, kracht en last aan.

✓ Tweede soort: draaipunt = de as van het wiel, last = de lading in het midden, kracht = je handen aan het uiteinde.

b Met welke kracht moet je de handvatten optillen?

✓ $F_2 = 72 \times 9{,}81 = 706\,\text{N}$. $F_1 = 706 \times 0{,}45/1{,}35 = 235\,\text{N}$.

c Vergelijk met de kracht om alles rechtstreeks op te tillen. Wie draagt de rest?

✓ Rechtstreeks: 706 N. Met de kruiwagen tillen je handen maar 235 N, een derde. De rest (706 – 235 = 471 N) duwt via het wiel op de grond.

d Waar leg je zware zakken het best in de kruiwagen: vooraan bij het wiel of achteraan bij de handvatten? Leg uit.

✓ Vooraan, bij het wiel: dan is de lastarm korter en moet je minder hard tillen. Te ver vooraan kan de kruiwagen wel over het wiel kantelen.

12.7 Labo: de hefboomwet onderzoeken

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Voer de proef 'Wanneer is een hefboom in evenwicht?' zelf uit, met een hefboomlat, gewichtjes en een krachtmeter.

a Voorspel: als je de krachtmeter twee keer zo ver van het draaipunt zet, wat wijst hij dan aan?

- De helft.

b Meet minstens vijf combinaties.

- De producten $F_1 \cdot a_1$ en $F_2 \cdot a_2$ zijn telkens bijna gelijk (zie de tabel in het handboek).

c Houd F_1 en a_1 vast en meet F_2 bij vijf verschillende a_2. Zet F_2 uit tegenover a_2. Is dat een rechte?

- Geen rechte, maar een dalende kromme: bij dubbele arm halve kracht. Het product $F_2 \cdot a_2$ blijft constant: omgekeerd evenredig (hoofdstuk I3).

d Formuleer je besluit in één zin. Waar komen de kleine verschillen vandaan?

- Een hefboom is in evenwicht als kracht maal arm aan beide kanten gelijk is. Verschillen: aflezen op 0,05 N, de lat die niet perfect horizontaal hangt, de krachtmeter die niet helemaal verticaal trekt, de massa van de haakjes.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Voorspelling	Met een reden (hefboomwet of eigen redenering).
Metingen	Krachtmeter op nul gezet in de stand waarin je meet; armen gemeten vanaf het draaipunt; lat horizontaal bij het aflezen.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid; herkent een dalende kromme (geen rechte): omgekeerd evenredig.
Besluit	$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$ binnen de meetnauwkeurigheid; foutenbronnen benoemd.

12.8 Drie kinderen op de wip

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Anna (40 kg) zit op 1,50 m van het draaipunt. Aan de andere kant zit Bram (25 kg) op 1,60 m. Cas (20 kg) wil bij Bram komen zitten.

a Kantelt de wip naar Anna of naar Bram als Cas er nog niet is? Leg uit met de hefboomwet.

- Anna: $40 \times 9{,}81 \times 1{,}50 = 589$; Bram: $25 \times 9{,}81 \times 1{,}60 = 392$ (in N·m). Anna's kant wint: de wip kantelt naar Anna.

b Op welke afstand van het draaipunt moet Cas zitten om evenwicht te krijgen?

- Er ontbreekt $589 - 392 = 196{,}2$ aan Brams kant. Cas: $20 \times 9{,}81 = 196{,}2\,\text{N}$, dus $a = 196{,}2 / 196{,}2 = 1{,}0\,\text{m}$.

c Cas wil liever helemaal achteraan zitten, op 1,60 m. Wat moet Anna dan doen?

- Brams kant: $392 + 196{,}2 \times 1{,}60 = 392 + 314 = 706$. Anna moet dan op $706 / (40 \times 9{,}81) = 1{,}80\,\text{m}$ zitten, als de wip lang genoeg is.

12.9 De versnellingen van een koersfiets

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Een koersfiets heeft vooraan kettingbladen van 50 en 34 tanden en achteraan tandwielen van 11 tot 28 tanden. Het achterwiel heeft een omtrek van 2,10 m.

a Vul de tabel in.

- 50/11: 4,55 omw, 9,55 m. 50/28: 1,79 omw, 3,75 m. 34/11: 3,09 omw, 6,49 m. 34/28: 1,21 omw, 2,55 m.

b Welke combinatie gebruik je om een steile helling op te fietsen, en welke voor een afdaling met de wind in de rug? Waarom?

- Helling: 34/28, de kleinste afstand per trapomwenteling: je komt trager vooruit, maar elke omwenteling vraagt het minst kracht. Afdaling: 50/11, de grootste afstand per omwenteling: anders trap je te snel rond om nog kracht te zetten.

c Hoe snel rijd je in de snelste en in de traagste combinatie, als je 80 keer per minuut rondtrapt? Geef je antwoord in km/h.

✓ 50/11: $80 \times 9{,}55 = 764\,\text{m}$ per minuut, $\times 60 = 45\,800\,\text{m/h} \approx 46\,\text{km/h}$. 34/28: $80 \times 2{,}55 = 204\,\text{m/min} \approx 12\,\text{km/h}$.

12.10 Riem of ketting?

●●○ Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

De ventilator van een kas wordt aangedreven door een elektromotor die 1500 omw/min draait. Op de motoras zit een riemschijf van 4,0 cm diameter; op de as van de ventilator een schijf van 12 cm.

a Hoe snel draait de ventilator? Draait hij in dezelfde zin als de motor?

✓ $i = d_2/d_1 = 12/4{,}0 = 3$; $n_2 = 1500/3 = 500\,\text{omw/min}$. Open riem: dezelfde zin.

b Hoe laat je de ventilator de andere kant op draaien zonder de motor te veranderen?

✓ De riem kruisen (of een tussenwiel gebruiken als het om tandwielen gaat).

c Een klasgenoot wil de riem vervangen door een ketting 'omdat die sterker is'. Geef een argument voor en twee argumenten tegen.

✓ Voor: een ketting slipt niet en brengt grotere krachten over. Tegen: een ventilator heeft geen grote kracht nodig; een ketting maakt meer lawaai, moet gesmeerd worden en roest in de vochtige kas; een riem kan slippen als de ventilator geblokkeerd raakt, zodat er niets breekt.

12.11 Je biceps, opnieuw

●●○ Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Je houdt een fles water van 2,0 kg in je hand, onderarm horizontaal. De fles zit op 30 cm van de elleboog, de biceps hecht aan op 4,0 cm. Je onderarm met hand heeft zelf een massa van 1,5 kg, met het zwaartepunt op 14 cm van de elleboog.

a Hoe hard moet de biceps trekken voor de fles alleen?

✓ $F = 2{,}0 \times 9{,}81 \times 30/4{,}0 = 147\,\text{N}$.

b Hoeveel extra kracht is nodig voor de onderarm zelf? Hoe groot is de totale spierkracht?

✓ Onderarm: $1{,}5 \times 9{,}81 \times 14/4{,}0 = 51{,}5\,\text{N}$. Samen: $147 + 51{,}5 \approx 199\,\text{N}$.

c Je biceps wordt 1,0 cm korter. Hoe ver stijgt je hand?

✓ De hand zit $30/4{,}0 = 7{,}5$ keer zo ver van de elleboog: ze stijgt $7{,}5\,\text{cm}$.

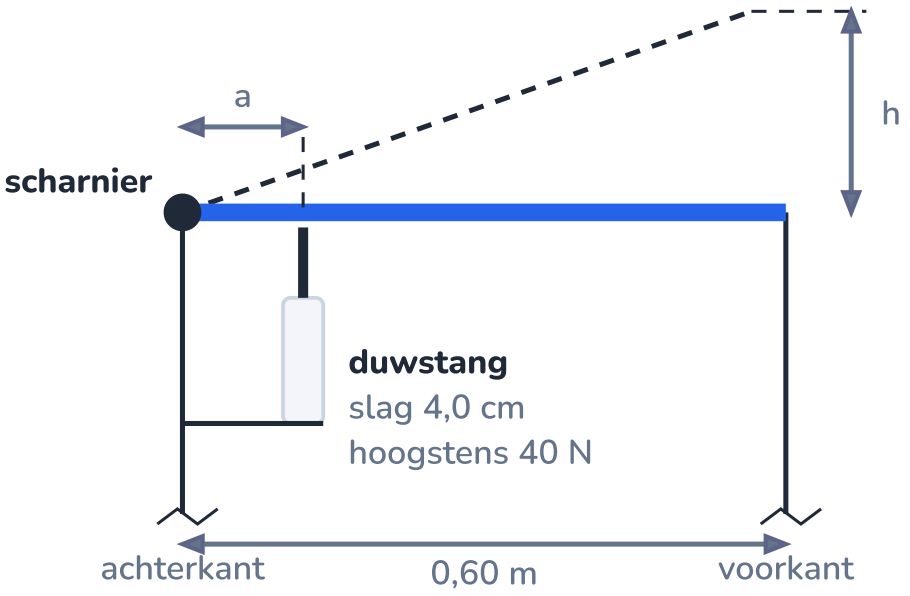
●●● Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

12.12 Habitat: het dakraam automatisch openen

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

In hoofdstuk 25 laat je de meetkas zelf beslissen wanneer het dakraam opengaat. Je denkt nu al na over het mechanisme. Een kleine elektrische **duwstang** (een lineaire actuator op 12 V) staat verticaal in de kas en duwt van onderen tegen het dakraam, op afstand a van het scharnier. De stang kan hoogstens 40 N duwen en schuift hoogstens 4,0 cm uit (de **slag**). Het dakraam (1,2 kg, zwaartepunt in het midden, 0,60 m diep) moet aan de voorrand minstens 15 cm opengaan.



De duwstang staat op afstand a van het scharnier; h is de opening aan de voorrand.

a Hoe groot moet a minstens zijn zodat de duwstang het raam kan openen?

✓ $F_z = 1{,}2 \times 9{,}81 = 11{,}8\,\text{N}$ op 0,30 m. Met 40 N: $a = \dfrac{11{,}8 \times 0{,}30}{40} = 0{,}088\,\text{m}$. De stang moet minstens 9 cm van het scharnier duwen.

b Hoe groot mag a hoogstens zijn zodat 4,0 cm slag nog 15 cm opening geeft?

✓ Het punt op afstand a stijgt $a/0{,}60$ keer zoveel als de voorrand. Voor 15 cm aan de voorrand mag dat punt 4,0 cm stijgen: $a = 0{,}60 \times 4{,}0/15 = 0{,}16\,\text{m}$. Dus hoogstens 16 cm.

c Kies een waarde voor a met wat reserve aan beide kanten. Bereken voor jouw keuze de kracht en de opening.

✓ Bijvoorbeeld $a = 12\,\text{cm}$: kracht $11{,}8 \times 0{,}30/0{,}12 = 29{,}5\,\text{N}$ (onder 40 N), opening $4{,}0 \times 60/12 = 20\,\text{cm}$ (meer dan 15 cm).

d Bij stroomuitval op een hete dag moet je het raam met de hand kunnen openen. Hoe los je dat op, en welke kracht heb je dan nodig aan de voorrand?

✓ Bijvoorbeeld: de stang met een pen of een klikverbinding aan het raam vastmaken, zodat je ze kan losmaken; dan het raam aan de voorrand optillen (5,9 N) en openzetten met een uitzetstang met gaatjes (een lat met gaten die je op een pennetje hangt).

e Portfolio: noteer je keuze voor a met de twee voorwaarden die ze bepalen.

✓ Bijvoorbeeld: 'a = 12 cm: 29,5 N (grens 40 N) en 20 cm opening (eis 15 cm).'

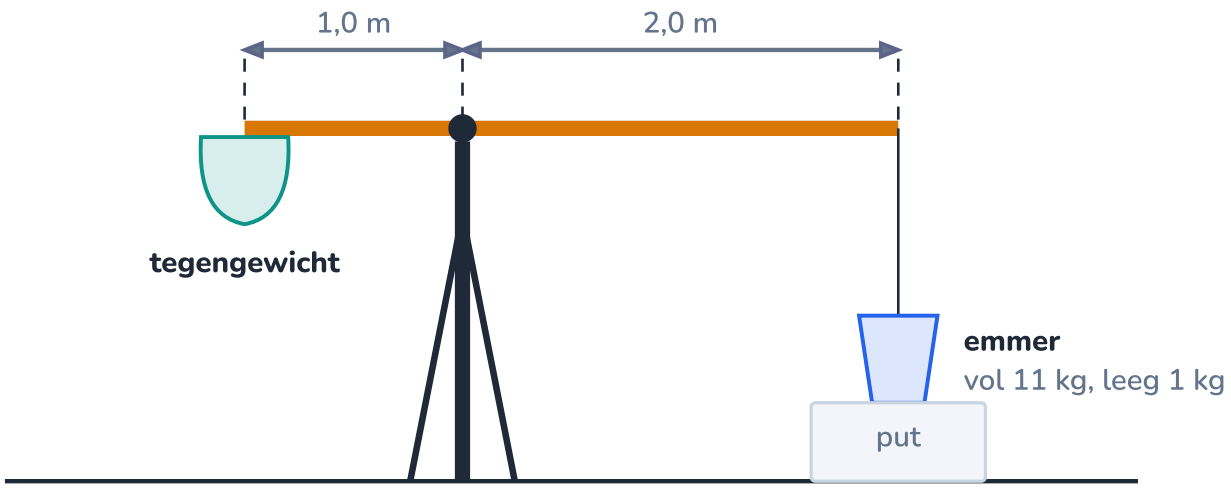
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Kracht	Hefboomwet correct toegepast: a ≥ 11,8 × 0,30 / 40 ≈ 9 cm.
Afstand	Verhouding van de afstanden correct: a ≤ 0,60 × 4,0 / 15 = 16 cm.
Keuze	Een waarde tussen beide grenzen, met controle van kracht en opening.
Noodopening	Handmatige oplossing met de kracht aan de voorrand (5,9 N) en een manier om het raam open te zetten.

12.13 Ontwerp: een sjadoef voor het regenwater

●●● Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 40 min

Je wil regenwater uit een diepe regenput naar de meetkas scheppen met een sjadoef. De paal kantelt op een draaipunt; de emmer hangt 2,0 m van het draaipunt, het tegengewicht 1,0 m aan de andere kant. De emmer weegt vol 11 kg en leeg 1 kg. De paal zelf is in evenwicht op zijn draaipunt.



Een sjadoef met de afmetingen uit de opdracht.

a Welk tegengewicht houdt de volle emmer precies in evenwicht?

✓ $m \cdot g \times 1{,}0 = 11 \cdot g \times 2{,}0$, dus $m = 22\,\text{kg}$.

b Met dat tegengewicht: hoe hard moet je trekken om de lege emmer omlaag in de put te krijgen?

✓ Tegengewicht: $22 \times 9{,}81 \times 1{,}0 = 216$; lege emmer: $1 \times 9{,}81 \times 2{,}0 = 19{,}6$ (N·m). Het tegengewicht wint met 196; je trekt op 2,0 m: $196/2{,}0 = 98\,\text{N}$ omlaag.

c Zoek een tegengewicht waarbij je even hard moet trekken om de lege emmer te laten zakken als om de volle te laten stijgen. Hoe groot is die kracht?

✓ Kies het tegengewicht zo dat het midden ligt tussen leeg en vol: $(1 + 11)/2 \times 2{,}0/1{,}0 = 12\,\text{kg}$. Lege emmer omlaag: $(12 \times 1{,}0 - 1 \times 2{,}0) \times 9{,}81/2{,}0 = 49\,\text{N}$. Volle emmer omhoog: $(11 \times 2{,}0 - 12 \times 1{,}0) \times 9{,}81/2{,}0 = 49\,\text{N}$.

d Vergelijk met het optillen van de volle emmer zonder sjadoef. Wat is het voordeel van jouw ontwerp?

✓ Zonder sjadoef til je $11 \times 9{,}81 = 108\,\text{N}$. Met het tegengewicht van 12 kg is het telkens 49 N, minder dan de helft, en de inspanning is verdeeld over zakken en stijgen. (De emmer legt wel 2,0 m af, het tegengewicht maar 1,0 m: de gulden regel.)

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Evenwicht	Hefboomwet correct voor de volle emmer: 22 kg tegengewicht.
Kracht bij de lege emmer	Verschil van kracht × arm omgezet naar een trekkracht aan de emmer.
Optimaal ontwerp	Tegengewicht gekozen zodat beide bewegingen even zwaar zijn, met berekening.
Vergelijking	Voordeel in newton uitgedrukt en uitgelegd.

12.14 Maak: een takel of een tandwielkast

Uitdagen · 4 · Maken · 60 min

Bouw met een bouwpakket (of met klosjes, een stok en touw) een takel met minstens vier dragende touwdelen, of een tandwielkast met een overbrenging van minstens 9. Meet daarna hoe goed hij werkt.

a Maak een schets van je ontwerp. Hoeveel touwdelen of welke tandwielen gebruik je? Welke kracht of snelheid verwacht je?

Bijvoorbeeld een takel met twee vaste en twee losse katrollen (4 touwdelen): verwachte kracht een vierde van de zwaartekracht op de last. Of een tandwielkast met 10 → 30 en 10 → 30 op één tussenas: 3 × 3 = 9.

b Meet: de trekkracht bij een gekende last (takel), of de omwentelingen van de uitgaande as bij 10 omwentelingen van de ingaande as (tandwielkast).

Typisch meet je bij een takel 10 tot 30 % meer kracht dan verwacht. Bij een tandwielkast klopt het aantal omwentelingen precies (tanden kunnen niet slippen), bij een riem soms niet.

c Waarom meet je bij de takel een grotere kracht dan de formule voorspelt?

De katrollen draaien met wrijving rond hun as, het touw moet buigen rond de katrollen, en de losse katrollen moeten zelf ook opgetild worden.

d Hoe zou je je ontwerp verbeteren?

Bijvoorbeeld: katrollen met kogellagers of een gladdere as, een dunner en soepeler touw, lichtere losse katrollen; bij tandwielen: de assen evenwijdig en stevig vastzetten.

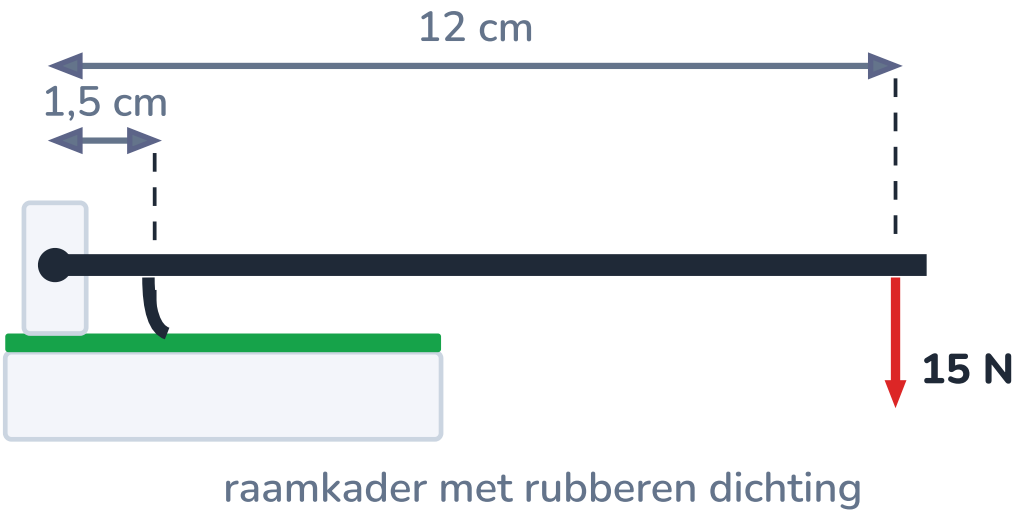
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ontwerp	Schets met aantal touwdelen of tanden en de verwachte kracht of overbrenging.
Bouw	Werkt zonder te haperen; touwdelen lopen evenwijdig, tandwielen grijpen goed in elkaar.
Meting	Gemeten tegenover verwacht, verschil in procent.
Verklaring	Wrijving in de assen en het touw, massa van de losse katrollen, speling tussen de tanden.

12.15 De klemhendel van het dakraam

Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Om het dakraam van de meetkas in de wind dicht te houden, drukt een klemhendel het raamkader op een rubberen dichting. Het draaipunt zit aan het uiteinde van de hendel; de neus die op het kader drukt, zit 1,5 cm van het draaipunt; je hand duwt op 12 cm.



De klemhendel: draaipunt links, drukneus op 1,5 cm, hand op 12 cm.

a Welke soort hefboom is de klemhendel?

✓ Tweede soort: het draaipunt aan het uiteinde, de last (het kader) dicht erbij in het midden, je hand aan het andere uiteinde.

b Je duwt met 15 N. Met welke kracht drukt de neus op het kader?

✓ $F_2 = 15 \times 12/1{,}5 = 120\,\text{N}$.

c Om goed af te sluiten moet de rubberen dichting 5 mm ingedrukt worden. Hoe ver beweegt je hand?

✓ De hand zit $12/1{,}5 = 8$ keer zo ver: $8 \times 0{,}5\,\text{cm} = 4{,}0\,\text{cm}$.

d Een wind van onderen tegen het raam kan het met ongeveer 60 N optillen. Is de klemhendel sterk genoeg? Waarom kan het gevaarlijk zijn om de hendel te lang te maken?

✓ 120 N is meer dan de 60 N van de wind: ja, met een factor 2 reserve. Een te lange hendel geeft een enorme drukkracht: je kan het polycarbonaat of het kader beschadigen zonder het te voelen, en de hendel steekt ver uit, zodat iemand er per ongeluk tegen kan lopen.

12.16 Debat: gratis kracht?

●●● Uitdagen · 4 · Argumenteren · 20 min

Een leerling beweert: 'Met een lang genoeg hefboom til ik een auto op met mijn pink. Dus een hefboom geeft je gratis kracht. Als je twee hefbomen achter elkaar zet, zou je zelfs een machine kunnen bouwen die meer werk levert dan je erin stopt.'

a Wat klopt er aan de eerste zin? Reken een voorbeeld uit: een auto van 1200 kg, waarvan je één kant optilt (de helft van de zwaartekracht), met een pinkkracht van 20 N.

✓ De helft van de zwaartekracht: $1200 \times 9{,}81/2 = 5886\,\text{N}$. Verhouding van de armen: $5886/20 \approx 294$. Met een lastarm van 1 cm zou de krachtarm 2,94 m moeten zijn. Het klopt dus: de kracht kan heel klein.

b Hoe ver moet je pink bewegen om die kant van de auto 1,0 cm op te tillen?

✓ De pink beweegt 294 keer zo ver: $294 \times 1{,}0\,\text{cm} = 2{,}94\,\text{m}$.

c Weerleg de laatste zin met de gulden regel. Geldt je argument ook voor twee hefbomen achter elkaar?

Kracht maal afstand is aan beide kanten gelijk: 20 N × 2,94 m = 5886 N × 0,01 m ≈ 59. Je krijgt er dus niet meer uit dan je erin stopt. Bij twee hefbomen achter elkaar geldt het voor elke hefboom apart, dus ook voor het geheel. Met wrijving krijg je er zelfs altijd iets minder uit. Een machine die meer levert dan je erin stopt (een perpetuum mobile) bestaat niet (hoofdstuk 15).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Verhouding van de armen en de afstand correct berekend.
Argument	Gulden regel correct toegepast: kracht × afstand blijft gelijk, ook over meerdere mechanismen.
Nuance	Erkent wat wel klopt (kleine kracht mogelijk) en wat niet (geen gratis werk, wrijving maakt het nog slechter).

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 13

Constructies: sterk en stabiel

Waarom een brug uit driehoeken bestaat, een balk een I-vorm heeft, en een kast omvalt als je de bovenste lade vult

Uitgewerkte oplossingen bij de 14 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 5× toepassen · 4× uitdagen · ± 347 min

K Krachten, beweging en constructies · D Ontwerpen en maken



Driehoek na driehoek: een vakwerkbrug draagt een trein met verrassend weinig staal.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen — één stap, direct toepassen

13.1 Welke belasting?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Kies telkens de belangrijkste belasting: trek, druk, buiging, afschuiving of torsie.

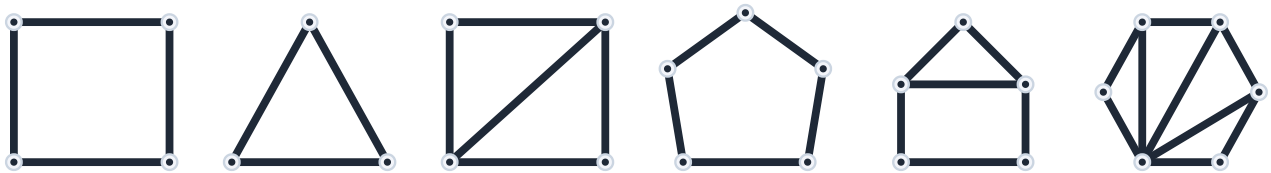
Vul in.

(a) trek. (b) druk. (c) buiging. (d) afschuiving (het papier wordt doorgesneden). (e) torsie. (f) trek. (g) buiging. (h) afschuiving.

13.2 Stijf of niet?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

De vormen zijn gemaakt van stijve staven met scharnieren (splitpennen) in de hoeken.



Zes vormen A tot F.

a Welke vormen zijn stijf, en welke kunnen vervormen zonder dat een staaf langer of korter wordt?

✓ Stijf: B (driehoek), C (vierkant met diagonaal) en F (zeshoek verdeeld in vier driehoeken). Niet stijf: A (vierkant), D (vijfhoek) en E (huisje: het vierkante deel kan scheef zakken).

b Teken in de figuur bij elke vorm die niet stijf is, zo weinig mogelijk extra staven om hem stijf te maken.

✓ A: één diagonaal. D: twee diagonalen vanuit één hoek (drie driehoeken). E: één diagonaal in het vierkante deel.

c Welke regel herken je?

✓ Een vorm uit staven met scharnieren is stijf als hij helemaal uit driehoeken bestaat.

13.3 Profielen herkennen

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Gebruik de figuur met de zes profielen uit het handboek.

a Welk profiel kies je voor (a) een lange balk onder een vloer, (b) het kader van een fiets, (c) een hoekverbinding in een kast, (d) de as van een wiel die moet draaien? Leg telkens uit.

✓ (a) I-profiel: wordt in één richting (van boven) belast, flenzen boven en onder. (b) buis: stijf in alle richtingen en tegen torsie, licht. (c) L-profiel: past in een hoek, makkelijk vast te schroeven. (d) buis (of een massieve as): rond, sterk tegen torsie.

b Waarom zit het meeste materiaal van een I-profiel in de flenzen en niet in het lijf?

✓ Bij buiging zijn trek en druk het grootst aan de boven- en onderkant. Materiaal daar draagt het meest bij aan de stijfheid; het lijf moet alleen de flenzen op afstand houden.

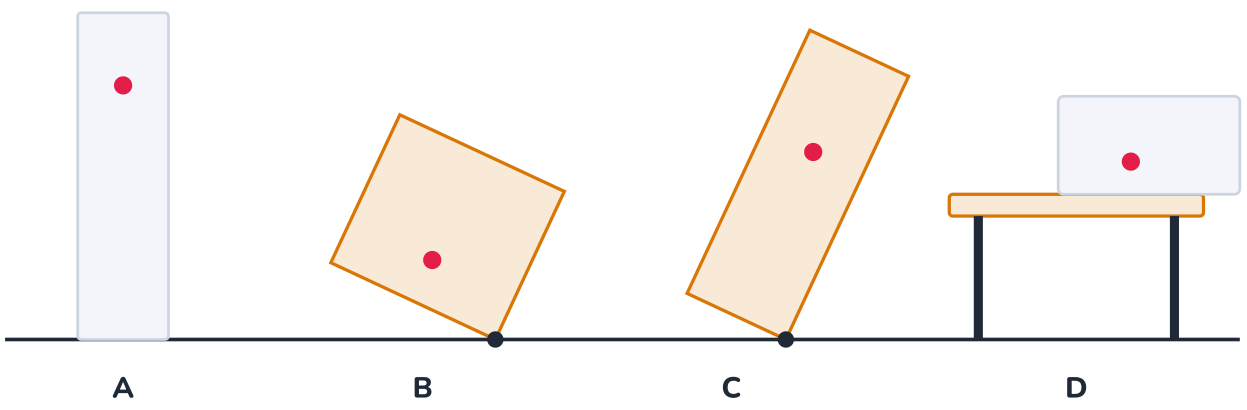
c Waarom heeft een drankblikje ribbels op de bodem en is de wand zo dun?

✓ De bodem moet de druk van het gas (bij frisdrank) opvangen: een gewelfde, geribbelde vorm is stijver dan een plat vlak. De wand is dun omdat een gesloten buis onder druk op trek werkt, en daar is aluminium sterk: vorm in plaats van materiaal.

13.4 Blijft het staan?

Oefenen · 2 · Tekenen · 12 min

Het rode punt is telkens het zwaartepunt.



A: hoge smalle kast; B en C: gekantelde dozen; D: een tafel met een zware bak op de rand (rood: het zwaartepunt van tafel en bak samen).

a Teken bij elk voorwerp de loodlijn door het zwaartepunt en duid het steunvlak aan.

✓ Een verticale lijn vanuit elk rood punt naar de grond; het steunvlak is het stuk grond tussen de buitenste steunpunten.

b Welke voorwerpen blijven staan (of vallen terug), welke vallen om? Leg uit.

✓ A blijft staan (loodlijn midden in het steunvlak). B valt terug: de loodlijn valt nog binnen het steunvlak (laag zwaartepunt). C valt om: de loodlijn valt voorbij de kantelrand (hoog zwaartepunt). D blijft staan: de loodlijn door het gezamenlijke zwaartepunt van tafel en bak valt nog net binnen de rechterpoot. De bak alleen hangt al voor een deel uit, maar de tafel zelf weegt ook mee.

c Wat verandert er bij D als de bak nog verder naar buiten schuift?

✓ Het gezamenlijke zwaartepunt schuift mee naar buiten. Komt het voorbij de rechterpoot, dan kantelt de tafel om die poot.

13.5 Waar ligt het zwaartepunt?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Beschrijf waar het zwaartepunt ongeveer ligt, en of het in het voorwerp ligt of erbuiten.

(a) een tennisbal, (b) een hamer, (c) een hoefijzer, (d) een lege mok, (e) een lege plantenbak van de meetkas, (f) dezelfde bak met potgrond.

✓ (a) in het midden van de bal, in de lucht binnenin. (b) in de steel, dicht bij de ijzeren kop. (c) tussen de twee benen, in de lucht. (d) in de lucht in de mok, iets naar de bodem en naar het oor toe. (e) in de lucht in de bak, iets onder het midden (de bodem heeft materiaal, de bovenkant niet). (f) in de potgrond, lager: de zware grond zit onderaan.

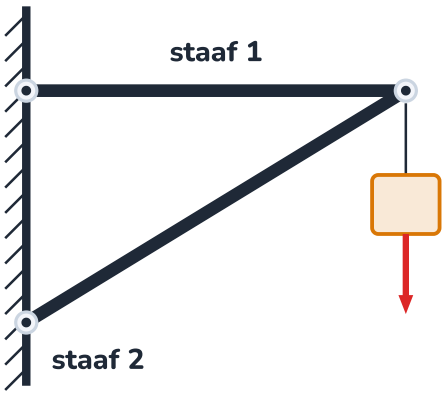
●●○ Toepassen Toepassen

meerdere stappen, in een context

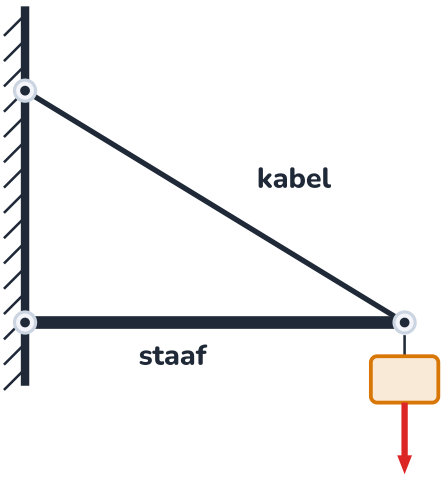
13.6 Trek of druk?

●●○ Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Twee consoles houden elk een last aan het uiteinde. Bij A steunt een schuine staaf de plank van onderen, bij B hangt de plank aan een kabel.



A: steun van onderen



B: kabel van bovenaf

Twee consoles tegen een muur met scharnieren in de knooppunten.

a Werken staaf 1 en staaf 2 van console A op trek of op druk? Gebruik de denktruc (staaf weghalen).

Staaf 1 (bovenaan, horizontaal): haal ze weg en het uiteinde zou van de muur weg vallen: ze trekt het naar de muur, trek. Staaf 2 (schuin eronder): haal ze weg en het uiteinde zakt naar beneden: ze duwt het omhoog, druk.

b Werken de kabel en de staaf van console B op trek of op druk?

Kabel: trek (hij houdt het uiteinde omhoog, naar de muur toe). Staaf onderaan: haal ze weg en het uiteinde zou naar de muur zwaaien: ze duwt het weg van de muur, druk.

c Kan je staaf 2 van console A vervangen door een kabel? En de kabel van B door een staaf? Leg uit.

Staaf 2 van A niet: een kabel kan alleen trekken, geen druk opnemen; hij zou slap hangen. De kabel van B wel door een staaf: een staaf kan ook trek opnemen (maar ze is zwaarder dan nodig).

13.7 Op zijn kant

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Gebruik het stijfheidsgetal $b \cdot h^3$ (h in de richting van de belasting).

a Een lat van 4 cm × 2 cm ligt plat en daarna op haar kant. Hoeveel keer stijver is ze op haar kant?

Plat: $4 \times 2^3 = 32$. Op haar kant: $2 \times 4^3 = 128$. $128/32 = 4$ keer zo stijf.

b Het tafelblad van de meetkas is 58 cm breed en 1,8 cm dik. Je schroeft er in de lengte een lat van 4 × 2 cm op haar kant onder. Vergelijk het stijfheidsgetal van het blad met dat van de lat. Wat besluit je?

Blad: $58 \times 1{,}8^3 = 58 \times 5{,}83 = 338$. Lat op haar kant: $2 \times 4^3 = 128$. Eén smalle lat voegt al meer dan een derde toe aan de stijfheid van het hele blad (en het blad en de lat samen zijn nog stijver dan de som, omdat ze aan elkaar vastzitten). Een lat op haar kant is een goedkope manier om het doorbuigen uit hoofdstuk 11 te beperken.

c Een I-profiel is 5 cm breed en 10 cm hoog, met flenzen van 1 cm dik en een lijf van 0,6 cm. Bereken zijn stijfheidsgetal (buitenrechthoek min de twee lege stukken naast het lijf). Vergelijk met een massieve balk van 5 cm breed en dezelfde doorsnede (14,8 cm²).

I-profiel: $5 \times 10^3 - 2 \times 2{,}2 \times 8^3 = 5000 - 2253 = 2747$. Massieve balk: $5 \times 2{,}96^3 = 130$. Het I-profiel is ongeveer 21 keer zo stijf met dezelfde hoeveelheid materiaal.

13.8 Labo: de papieren brug

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Voer de proef 'Een papieren brug testen tot ze bezwijkt' uit. Bedenk daarna zelf een vijfde vorm die meer draagt dan de harmonica, met hetzelfde blad en zonder extra materiaal (plakband alleen om de vorm te houden).

a Voorspel de volgorde van de vier vormen, van zwak naar sterk.

✓ Meestal: plat, U-profiel, twee kokers, harmonica.

b Meet.

✓ Zie het voorbeeld in het handboek: van 0 g voor het platte blad tot enkele honderden gram voor de harmonica.

c Beschrijf hoe elke vorm bezweek. Waar zat de zwakke plek?

✓ U-profiel: de randen plooien opzij (knik van de dunne wand). Kokers: deuken in onder het bekertje (de last drukt op een klein stukje). Harmonica: de plooien worden platgedrukt waar het bekertje staat.

d Teken je eigen vijfde vorm in doorsnede en leg uit waarom ze sterker zou moeten zijn.

✓ Bijvoorbeeld: een harmonica met een vlak 'wegdek' eroverheen geplakt (de last wordt gespreid), een driehoekige koker, of een I-vorm uit gevouwen papier. Het idee: papier ver van de middenlaag, en de last spreiden.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Eerlijke proef	Zelfde papier, overspanning, plaats van het bekertje; zand langzaam toegevoegd.
Metingen	Drie herhalingen per vorm, gemiddelde, verhouding tot de eigen massa.
Waarneming	Manier van bezwijken beschreven (plooien, knikken, indeuken).
Ontwerp	Eigen vorm met uitleg in termen van profiel en materiaal ver van de middenlaag.

13.9 Kantelen op schaal

Toepassen · 3 · Tekenen · 20 min

Een hoge kast is 0,50 m diep en 2,00 m hoog. Leeg ligt haar zwaartepunt in het midden, op 1,00 m. Je zet zware boeken op de onderste planken: het zwaartepunt zakt naar 0,70 m. Zet je ze op de bovenste planken, dan stijgt het naar 1,30 m.

a Teken de kast in zijaanzicht op schaal 1:20 (2,5 cm × 10 cm) en duid de drie zwaartepunten aan.

✓ Een rechthoek van 2,5 cm breed en 10 cm hoog; de zwaartepunten in het midden van de breedte op 3,5 cm, 5,0 cm en 6,5 cm hoogte.

b Bepaal met je tekening de kantelhoek in de drie gevallen.

✓ Z op 0,70 m: ongeveer 20°; op 1,00 m: ongeveer 14°; op 1,30 m: ongeveer 11°. (Controle met de tangens uit hoofdstuk I6: tan α = 0,25 / Z.)

c Waar zet je de zware boeken, en waarom zet je zo'n kast vast aan de muur?

✓ Onderaan: het zwaartepunt ligt dan laag en de kast kan verder kantelen voor ze valt. Een hoge, ondiepe kast heeft altijd een kleine kantelhoek: een kind dat eraan hangt of een lade die opengaat, kan ze doen omvallen. Vastschroeven voorkomt dat.

13.10 De Eiffeltoren in een blok

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Het metalen skelet van de Eiffeltoren weegt ongeveer 7300 ton (1 ton = 1000 kg). Het ijzer heeft een dichtheid van ongeveer 7,8 g/cm³ (hoofdstuk 7). De toren staat op een vierkante grondvlakte van 125 m × 125 m.

a Wat is het volume van al het ijzer, in m³?

✓ $7{,}8\,\mathrm{g/cm^3} = 7800\,\mathrm{kg/m^3}$. $V = m/\rho = 7\,300\,000/7800 \approx 936\,\mathrm{m^3}$.

b Je smelt al het ijzer om en giet het uit als een plaat over de hele grondvlakte. Hoe dik wordt die plaat?

✓ Grondvlakte: $125 \times 125 = 15\,625\,\mathrm{m^2}$. Dikte: $936/15\,625 = 0{,}060\,\mathrm{m} = 6{,}0\,\mathrm{cm}$.

c De toren is 300 m hoog (zonder antennes). Wat zegt je antwoord over vakwerken?

✓ Een plaat van maar 6 cm ijzer wordt, als vakwerk van driehoeken, een toren van 300 m hoog. Bijna alles is lucht: de staven liggen waar ze nodig zijn, en werken op trek of druk.

Uitdagen — Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

13.11 Habitat: het kasframe verstevigen

Uitdagen · 4 · Habitat · 50 min

Het kasframe (12 ribben, aluminium koker 20 × 20 × 1,5 mm, 3,1 kg) moet stevig genoeg zijn tegen wind van opzij, en zo licht mogelijk blijven, zodat je de kas nog kan verplaatsen. De voorkant moet open kunnen, het dak heeft een dakraam op de rechterhelft (hoofdstuk 12).

a Maak een schets van het frame (vooraanzicht en zijaanzicht, of in perspectief). Duid aan welke vlakken een diagonaal krijgen en waar je hoekplaatjes zet.

✓ Diagonalen in de achterwand, de linker- en rechterzijwand en de bodem; hoekplaatjes aan de vier hoeken van de voorkant en aan de hoeken van het dak (waar het dakraam zit).

b Kies een oplossing (koker, gekruiste stroken, gekruiste kabels, of een eigen idee) en bereken de extra massa.

✓ Bijvoorbeeld gekruiste roestvast stalen kabels: 2 × 4,78 m × 0,025 kg/m = 0,24 kg, met spanners ongeveer 0,3 kg: frame ongeveer 3,4 kg. Of één koker per vlak: 1,4 kg extra, frame 4,5 kg.

c Duid in je schets bij wind van links aan welke diagonalen op trek en welke op druk werken. Waarom moeten stroken en kabels gekruist zijn?

✓ Duwt de wind van links, dan wordt het frame naar rechts scheef geduwd. De diagonaal die daardoor langer zou worden, staat op trek; de andere (in een X) op druk. Een kabel of strook op druk hangt slap of knikt, dus je hebt de tweede nodig voor wind van de andere kant.

d Bouw een model op schaal (bijvoorbeeld met satéprikkers en plakband) en test het: duw tegen een bovenhoek, eerst zonder en dan met diagonalen. Beschrijf het verschil.

✓ Zonder diagonalen zakt het model bij een zachte duw scheef; met diagonalen blijft het staan en voel je veel meer weerstand.

e Portfolio: noteer je keuze, de totale massa van het frame en twee redenen.

✓ Bijvoorbeeld: 'Gekruiste kabels van 2 mm in achterwand, zijwanden en bodem, hoekplaatjes aan de voorkant. Frame ± 3,4 kg. Redenen: het lichtst, en de kabels houden nauwelijks licht tegen.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Plaats van de diagonalen	In de vlakken die dicht mogen; stijve hoeken of hoekplaatjes waar het open moet.
Berekening	Lengtes van de diagonalen correct; massa per meter correct gebruikt; X telt dubbel.
Trek en druk	Correct aangeduid; begrijpt dat een kabel of strook alleen trek opneemt.
Test	Model met en zonder diagonalen vergeleken; waarneming beschreven.

13.12 Maak: de hoogste toren uit rietjes

Uitdagen · 4 · Maken · 60 min

Bouw met 30 rietjes en 1 m plakband een zo hoog mogelijke toren die 30 seconden lang een tennisbal (± 58 g) bovenaan kan dragen. De toren mag niet aan de tafel vastgeplakt worden.

a Maak een schets van je ontwerp. Waar gebruik je driehoeken? Hoe breed maak je het steunvlak?

- Bijvoorbeeld een smalle piramide of een driehoekige toren met diagonalen in elke wand, met een brede voet.

b Bouw, test en noteer de hoogte. Wat bezweek er als eerste, of wat wiebelde?

- Typisch: lange rechte rietjes knikken onder de bal, of de toren zwaait en kantelt omdat het steunvlak te smal is.

c Verbeter je ontwerp één keer en test opnieuw. Wat veranderde je, en wat leverde het op?

- Bijvoorbeeld: kortere rietjes voor de drukstaven onderaan (minder knik), extra diagonalen, een bredere voet.

d Bereken de hoogte per rietje voor je beste toren, en vergelijk met de andere groepen.

- Hoogte in cm gedeeld door 30. Een goede toren haalt 1,5 à 3 cm per rietje.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ontwerp	Driehoeken in de wanden, breed steunvlak, zwaartepunt laag gehouden.
Bouw	Knooppunten stevig; bal ligt stabiel bovenaan.
Iteratie	Minstens één verbetering, gebaseerd op wat er misging.
Analyse	Uitleg in termen van knik, driehoeken, steunvlak en zwaartepunt.

13.13 Een veiligheidsfactor

Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Ingenieurs ontwerpen zo dat een constructie veel meer kan dragen dan ze normaal moet dragen. De **veiligheidsfactor** is de breuklast gedeeld door de last die je toelaat. Het tafelblad van de meetkas rust op twee steunen; met twaalf volle bakken draagt elke steun ongeveer 277 N (hoofdstuk 11). Een proefsteun van hetzelfde type bezwijkt in een test bij 900 N.

a Welke last per steun laat je hoogstens toe met een veiligheidsfactor 3?

- $900/3 = 300\,\mathrm{N}$ per steun.

b Is de steun sterk genoeg voor 277 N? Hoe groot is de veiligheidsfactor echt?

- Ja: 277 N is minder dan 300 N. De echte factor is $900/277 = 3{,}2$.

c Na een grote gietbeurt is de potgrond verzadigd: 0,8 kg/L in plaats van 0,6 kg/L. Bereken de nieuwe kracht op elke steun (bakjes 0,30 kg, planten 0,10 kg, tafelblad 82 N) en de veiligheidsfactor.

- Potgrond: $12 \times 6{,}0 \times 0{,}8 = 57{,}6\,\mathrm{kg}$; met bakjes en planten $57{,}6 + 12 \times 0{,}40 = 62{,}4\,\mathrm{kg}$, dus $62{,}4 \times 9{,}81 = 612\,\mathrm{N}$. Met het tafelblad: $612 + 82 = 694\,\mathrm{N}$, per steun $347\,\mathrm{N}$. Factor: $900/347 = 2{,}6$, minder dan 3.

d Stel twee oplossingen voor. Waarom neemt men eigenlijk een veiligheidsfactor? Noem drie onzekerheden.

> Oplossingen: een sterkere steun kiezen, of een derde steun onder het midden (die draagt dan een deel, en het tafelblad buigt ook minder door: hoofdstuk 11). Onzekerheden: niet elke steun is even sterk als de proefsteun (materiaal, schroeven, montage); de last kan groter worden dan verwacht (verzadigde grond, iemand die erop leunt); materialen verouderen in de vochtige kas; en elke berekening is een vereenvoudiging.

13.14 Onderzoek: knik in een papieren koker

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 50 min

Rol een A4-blad op tot een koker van 2 cm diameter en zet hem rechtop. Zet er een plankje op en leg er boeken op tot de koker bezwijkt. Hoe hangt de draagkracht af van de lengte van de koker?

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

> Bijvoorbeeld: 'Hoe hangt de massa die een papieren koker kan dragen af van zijn lengte?' Hypothese: kortere kokers dragen meer, omdat lange kokers sneller opzij buigen.

b Welke variabele verander je, welke meet je en welke hou je gelijk?

> Veranderen: de lengte (bladen op maat knippen voor het oprollen). Meten: de massa van de boeken bij bezwijken. Gelijk houden: papiersoort, diameter, aantal lagen, hoeveel plakband, hoe je de last oplegt (plankje in het midden).

c Meet voor minstens vier lengtes (bijvoorbeeld 30, 20, 15 en 10 cm).

> Typisch: lange kokers buigen opzij en knikken bij een kleinere last; korte kokers bezwijken doordat de wand plooit of indeukt, bij een grotere last.

d Zet je resultaten in een grafiek en formuleer een besluit. Wat betekent dit voor drukstaven in een brug?

> De draagkracht daalt duidelijk als de koker langer wordt. Lange drukstaven zijn gevoelig voor knik: in een brug maak je ze dikker, kort je ze in met extra knooppunten, of steun je ze opzij. Zo ging het mis bij de Quebecbrug.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Toetsbaar, met voorspelling.
Eerlijke proef	Zelfde papier, diameter, rolwijze en plakband; alleen de lengte verandert; boeken voorzichtig bijleggen.
Metingen	Massa bij bezwijken gewogen; manier van bezwijken beschreven.
Besluit	Kortere kokers dragen meer; verband gelegd met knik en met drukstaven.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 14

Beweging en snelheid

Hoe ver, hoe lang, hoe snel: een beweging beschrijven met getallen en een grafiek

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 5× uitdagen · ± 352 min

K Krachten, beweging en constructies · W Wiskundig modelleren · O Onderzoeken en meten



Honderd meter, gemeten tot op de honderdste van een seconde.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen

één stap, direct toepassen

14.1 Afgelegde weg of verplaatsing?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Bereken telkens de afgelegde weg en de grootte van de verplaatsing.

Vul in.

(a) 1200 m; 0 m. (b) 600 m; 0 m. (c) 400 m; 200 m (richting winkel). (d) 21 m; 9 m omhoog. (e) 700 m; 500 m schuin naar het noordoosten (teken het op schaal en meet: een rechthoekige driehoek met zijden 400 m en 300 m heeft een schuine zijde van 500 m).

14.2 Omzetten

Oefenen · 1 · Rekenen · 8 min

Zet om. Rond af op één decimaal.

a $20\,\text{m/s} =$ _____ km/h

✓ $20 \times 3{,}6 = 72\,\text{km/h}$

b $72\,\text{km/h} =$ _____ m/s

✓ $72/3{,}6 = 20\,\text{m/s}$

c $1{,}4\,\text{m/s} =$ _____ km/h (een wandelaar)

✓ $1{,}4 \times 3{,}6 = 5{,}0\,\text{km/h}$

d $120\,\text{km/h} =$ _____ m/s (de snelweg)

✓ $120/3{,}6 = 33{,}3\,\text{m/s}$

e $343\,\text{m/s} =$ _____ km/h (het geluid)

✓ $343 \times 3{,}6 = 1234{,}8\,\text{km/h}$

f Wat is sneller: een cheeta aan 30 m/s of een auto aan 100 km/h?

✓ De cheeta: $30 \times 3{,}6 = 108\,\text{km/h}$, meer dan 100 km/h.

14.3 Snelheid, afstand en tijd

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Bereken de ontbrekende waarde met $v = s/t$, $s = v \cdot t$ of $t = s/v$. Let op de eenheden.

Vul in.

✓ (a)

$s = 2{,}5 \times 12 = 30\,\text{m}$

(b)

$t = 1500/5{,}0 = 300\,\text{s} = 5{,}0\,\text{min}$

(c)

$t = 1{,}5\,\text{h}$

;

$v = 45/1{,}5 = 30\,\text{km/h}$

(d)

$v = 100/12{,}5 = 8{,}0\,\text{m/s}$

(

$28{,}8\,\text{km/h}$

)

(e)

$t = 15/90 = 0{,}167\,\text{h} = 10\,\text{min}$

14.4 Welke lijn is wie?

Oefenen · 2 · Analyseren · 10 min

De grafiek toont vier bewegingen. Verticaal staat de afstand tot de start.



Vier bewegingen A tot D.

a Koppel elke lijn aan een beschrijving: (1) iemand wacht 20 m van de start; (2) een jogger loopt weg van de start; (3) een wandelaar loopt weg van de start; (4) iemand wandelt terug naar de start.

A: (2) jogger. B: (3) wandelaar. C: (1) wacht. D: (4) terug naar de start.

b Bepaal de snelheid van A, B en D uit de grafiek.

A: $60\,\mathrm{m}/20\,\mathrm{s} = 3{,}0\,\mathrm{m/s}$. B: $20/20 = 1{,}0\,\mathrm{m/s}$. D: van 40 m naar 0 in 20 s: $2{,}0\,\mathrm{m/s}$ (terug).

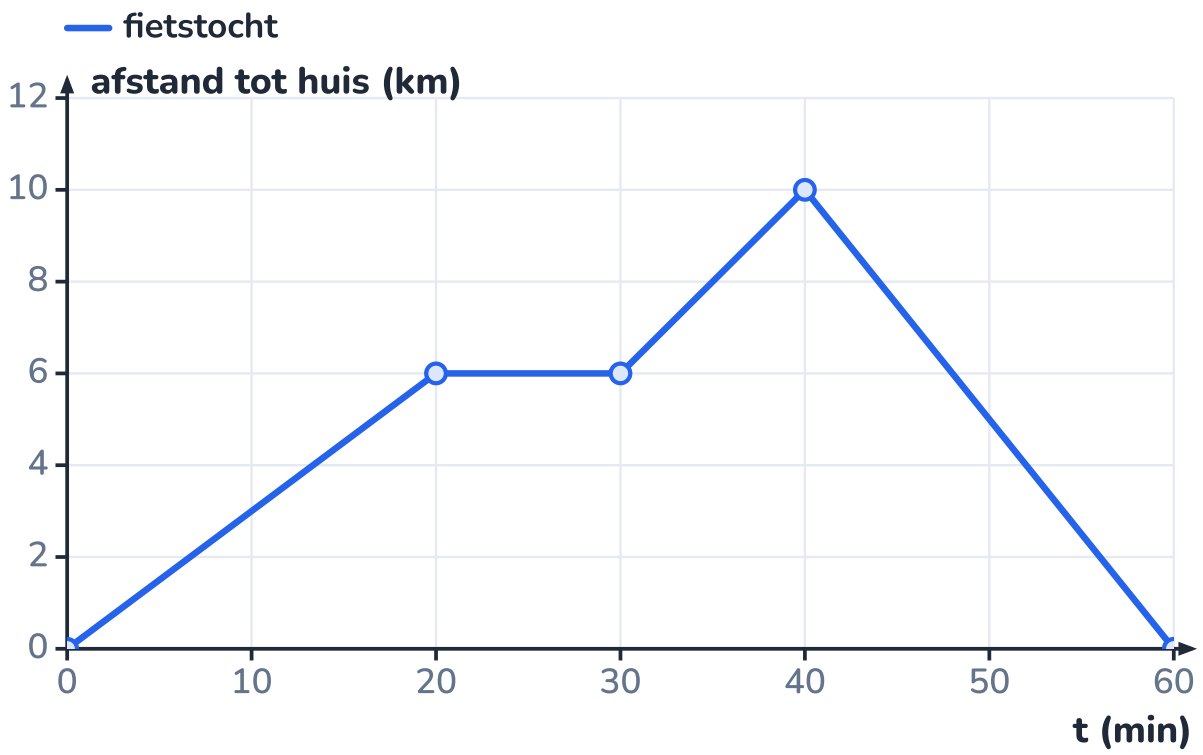
c Waar en wanneer komen B en D elkaar tegen?

Waar de lijnen snijden: na ongeveer 13 s, op ongeveer 13 m van de start (exact: 1,0 · t = 40 − 2,0 · t geeft t = 13,3 s).

14.5 Een fietstocht lezen

Oefenen · 2 · Analyseren · 15 min

Emma maakt een fietstocht. De grafiek toont haar afstand tot huis.



Afstand tot huis tijdens een fietstocht van een uur.

a Beschrijf de tocht in vier stukken, in woorden.

✓ 0 tot 20 min: weg van huis tot 6 km. 20 tot 30 min: stilstaan (pauze). 30 tot 40 min: verder tot 10 km. 40 tot 60 min: terug naar huis.

b Bereken de snelheid in elk stuk in km/h. In welk stuk rijdt ze het snelst?

✓ Stuk 1: 6 km in 20 min = $6/(1/3) = 18\,\text{km/h}$. Stuk 2: 0 km/h. Stuk 3: 4 km in 10 min = $24\,\text{km/h}$. Stuk 4: 10 km in 20 min = $30\,\text{km/h}$: het snelst (de steilste lijn, dalend).

c Hoeveel km legt ze af, en wat is haar gemiddelde snelheid over het hele uur?

✓ $6 + 4 + 10 = 20\,\text{km}$ in 1 h: gemiddeld $20\,\text{km/h}$.

d Waar is ze na 50 minuten?

✓ Op 5 km van huis, op de terugweg.

Toepassen

Toepassen — meerdere stappen, in een context

14.6 Labo: hoe snel wandel en loop je?

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Meet op de speelplaats of in de gang je snelheid bij rustig wandelen, stevig stappen en lopen, over 20 m. Start al 5 m vóór de startlijn, zodat je op snelheid bent.

a Maak een meetplan: hoe zet je de afstand uit, wie meet de tijd, hoe start en stop je?

✓ Bijvoorbeeld: meetlint van 20 m, streep aan de start en aan de finish, tijdopnemer aan de finish die start op een handgebaar aan de startlijn (of twee tijdopnemers), de loper start 5 m voor de lijn.

b Meet elke manier drie keer.

✓ Typisch: wandelen 1,2 à 1,5 m/s (4 à 5 km/h), stevig stappen 1,8 à 2,0 m/s, lopen 4 à 6 m/s (15 à 20 km/h).

c Vergelijk met de tabel in het handboek. Waarom start je al vóór de startlijn?

✓ Starten vóór de lijn zorgt dat je over de gemeten 20 m (bijna) eenparig beweegt; anders tel je het op gang komen mee.

d Hoe groot is de fout door je reactietijd (ongeveer 0,2 s) bij het lopen? Is 20 m lang genoeg?

✓ Bij lopen over 20 m in bijvoorbeeld 4,0 s is 0,2 s een fout van 5 %. Over 40 m (8,0 s) zou dat maar 2,5 % zijn. Voor wandelen (15 s) is 20 m ruim genoeg.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Meetplan	Afstand opgemeten met een meetlint, duidelijke start- en stopafspraak, starten vóór de lijn.
Metingen	Drie metingen per manier, gemiddelde, eenheden.
Omrekenen	Snelheid in m/s en km/h correct (× 3,6).
Kritisch	Invloed van de reactietijd ingeschat; voorstel voor een langere afstand of betere tijdmeting.

14.7 Van tabel naar grafiek

Toepassen · 3 · Tekenen · 20 min

Een trein vertrekt uit een station. Een reiziger noteert om de 10 s hoe ver hij al gereden heeft.

t (s)	0	10	20	30	40	50	60
s (m)	0	25	100	200	300	400	500

a Teken de (s,t)-grafiek op millimeterpapier. Kies een passende schaal.

✓ Tijd horizontaal (bv. 1 cm per 10 s), afstand verticaal (bv. 1 cm per 50 m). Een kromme die steiler wordt tot 20 s, daarna een rechte.

b In welk deel is de beweging eenparig? Hoe zie je dat in de tabel en in de grafiek?

✓ Van 20 tot 60 s: elke 10 s komt er telkens 100 m bij; in de grafiek een rechte. In de eerste 20 s komt er per 10 s eerst 25 m en dan 75 m bij: de trein gaat sneller.

c Bereken de snelheid in het eenparige deel, in m/s en km/h.

✓ $100\,\text{m}/10\,\text{s} = 10\,\text{m/s} = 36\,\text{km/h}$.

d Bereken de gemiddelde snelheid over de eerste 20 s en over de hele minuut. Waarom verschillen ze?

✓ Eerste 20 s: $100/20 = 5{,}0\,\text{m/s}$. Hele minuut: $500/60 = 8{,}3\,\text{m/s}$. In het begin moest de trein op gang komen: daar ging hij gemiddeld trager.

14.8 De 100 m van Bolt

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Gebruik de tabel met de tussentijden van Bolt uit het handboek (de klok start bij het startschot).

a Bereken zijn gemiddelde snelheid in elk stuk van 20 m.

✓ 0-20: 2,89 s, 6,92 m/s, 24,9 km/h. 20-40: 1,75 s, 11,4 m/s, 41,1 km/h. 40-60: 1,67 s, 12,0 m/s, 43,1 km/h. 60-80: 1,61 s, 12,4 m/s, 44,7 km/h. 80-100: 1,66 s, 12,0 m/s, 43,4 km/h.

b In welk stuk liep hij het snelst? Waarom is het eerste stuk zo traag?

Tussen 60 en 80 m (12,4 m/s). In het eerste stuk zit de reactietijd (0,15 s) en moet hij vanuit stilstand op snelheid komen.

c Een leerling loopt de 100 m in 15,0 s. Hoe groot is zijn gemiddelde snelheid? Hoe ver is hij als Bolt finisht (stel dat hij even snel blijft lopen als zijn gemiddelde)?

$100/15{,}0 = 6{,}67\,\text{m/s}$ (24 km/h). Na 9,58 s: $6{,}67 \times 9{,}58 = 63{,}9\,\text{m}$: hij zou nog 36 m moeten lopen.

14.9 Trajectcontrole op de snelweg

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Op een snelweg geldt 120 km/h. Een trajectcontrole is 6,0 km lang.

a Hoe lang moet een auto minstens over het traject doen om niet te snel te rijden? Geef je antwoord in minuten en seconden.

$t = s/v = 6{,}0/120 = 0{,}050\,\text{h} = 3{,}0\,\text{min}$: minstens 3 min 0 s.

b Een auto doet er 2 min 40 s over. Hoe snel reed hij gemiddeld?

160 s: $v = 6000/160 = 37{,}5\,\text{m/s} = 135\,\text{km/h}$.

c Een bestuurder rijdt de eerste 3,0 km aan 150 km/h en remt dan af tot 90 km/h voor de rest. Wordt hij beboet? Reken het uit.

Eerste deel: $3{,}0/150 = 0{,}020\,\text{h} = 72\,\text{s}$. Tweede deel: $3{,}0/90 = 0{,}0333\,\text{h} = 120\,\text{s}$. Samen $192\,\text{s}$, meer dan de 180 s: gemiddeld $6000/192 = 31{,}25\,\text{m/s} = 112{,}5\,\text{km/h}$. Geen boete, al reed hij een tijd veel te snel. (Let op: de gemiddelde snelheid is niet het gemiddelde van 150 en 90.)

14.10 Hoe ver is het onweer?

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

Bij onweer zie je eerst de bliksem en hoor je daarna de donder. Het licht komt bijna meteen aan (300 000 km/s); het geluid legt ongeveer 343 m per seconde af.

a Je telt 3 seconden tussen bliksem en donder. Hoe ver is de inslag?

$s = 343 \times 3 = 1029\,\text{m} \approx 1\,\text{km}$.

b Hoe lang doet het licht over 1 km? Waarom mag je die tijd verwaarlozen?

$t = 1\,\text{km}/300\,000\,\text{km/s} = 0{,}000\,003\,\text{s}$: drie miljoenste van een seconde, onmeetbaar klein naast de 3 s van het geluid.

c Een vuistregel zegt: 'aantal seconden gedeeld door 3 geeft de afstand in km'. Klopt dat?

Ja: in 3 s legt het geluid ongeveer 1 km af, dus seconden gedeeld door 3 is ongeveer het aantal km.

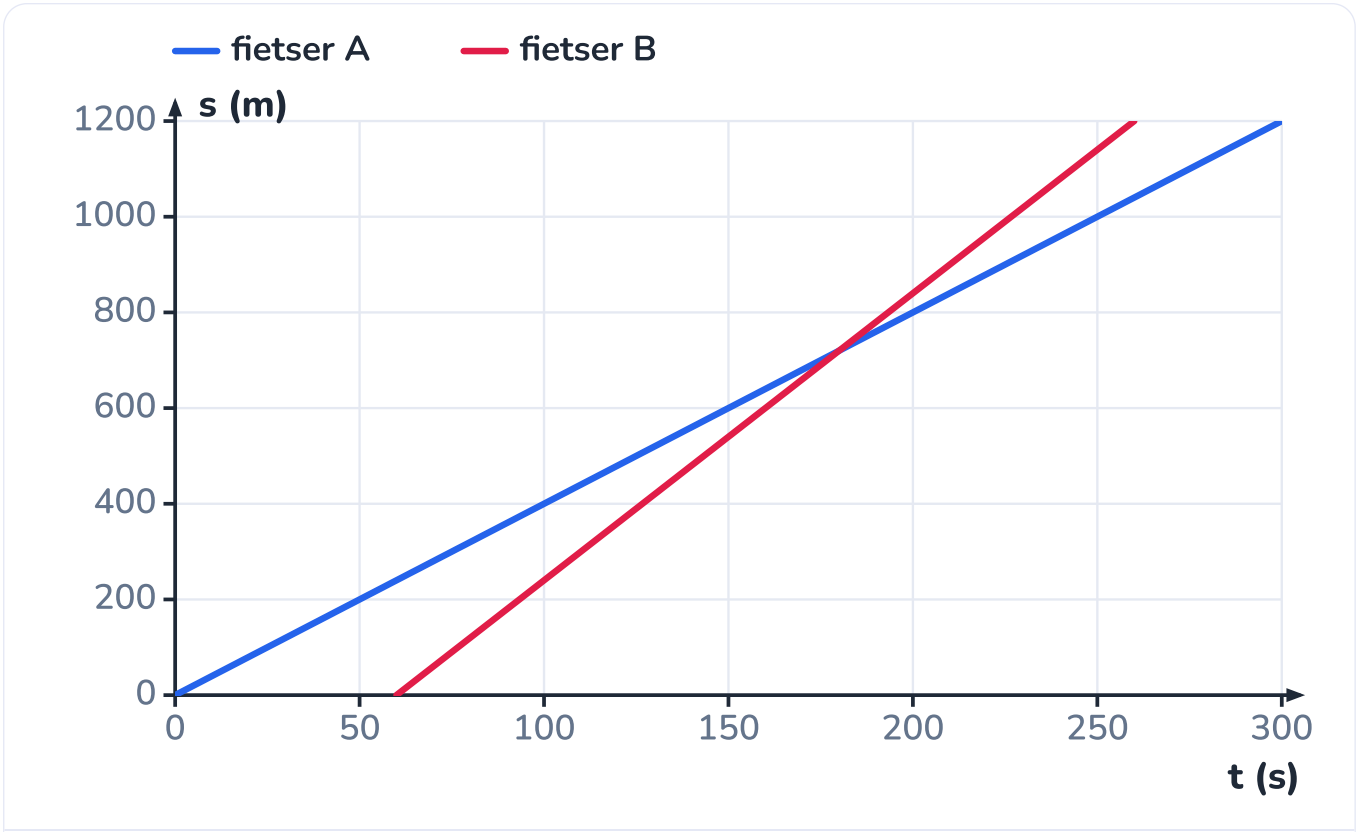
d Bij de volgende flits tel je 6 seconden, daarna 9. Komt het onweer dichterbij of gaat het weg?

Het gaat weg: 6 s is ongeveer 2 km, 9 s ongeveer 3 km.

14.11 Inhalen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Fietser A vertrekt en rijdt 4,0 m/s. Een minuut later vertrekt fietser B op dezelfde plaats, in dezelfde richting, met 6,0 m/s.



De twee fietsers in één (s,t)-grafiek.

a Welke lijn hoort bij B? Hoe zie je dat B sneller rijdt?

✓ De rode lijn: ze begint pas bij 60 s, en ze is steiler.

b Lees af: wanneer en waar haalt B de fietser A in?

✓ Waar de lijnen elkaar snijden: bij 180 s, op 720 m.

c Controleer met een berekening: waar is A na 180 s, en waar is B dan?

✓ A: $4{,}0 \times 180 = 720\,\text{m}$. B rijdt $180 - 60 = 120\,\text{s}$: $6{,}0 \times 120 = 720\,\text{m}$. Klopt.

d Hoe zou de lijn van B eruitzien als hij even snel reed als A? Haalt hij A dan ooit in?

✓ Evenwijdig met de lijn van A, maar een minuut later: de lijnen snijden nooit, B blijft 240 m achter.

Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

14.12 Habitat: hoe snel stroomt het water door de druppelslang?

Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

Het pompje van de meetkas pompt 8,0 mL/s door een slang met een binnendiameter van 8,0 mm (doorsnede 0,50 cm²). Na 0,60 m aanvoerslang begint de druppelslang: de eerste druppelaar zit aan het begin, de volgende telkens 25 cm verder, twaalf in totaal, één per bakje. Elke druppelaar laat een twaalfde van het water door, dus na elke druppelaar stroomt er minder water verder.

a Hoe snel stroomt het water in de aanvoerslang? Hoe lang doet het over de 0,60 m?

✓ $v = 8{,}0\,\text{cm}^3/\text{s} / 0{,}50\,\text{cm}^2 = 16\,\text{cm/s}$. $t = 60/16 = 3{,}8\,\text{s}$.

b Hoeveel water stroomt er nog door de slang tussen druppelaar 6 en 7? Hoe snel is het water daar?

✓ Na 6 druppelaars: $6/12$ van het water, $4{,}0\,\text{mL/s}$. Snelheid: $4{,}0/0{,}50 = 8{,}0\,\text{cm/s}$, de helft.

c Hoe snel is het water in het laatste stuk, tussen druppelaar 11 en 12? Hoe lang doet het over die 25 cm?

✓ Na 11 druppelaars: $1/12$ van het water, $0{,}67\,\text{mL/s}$: $0{,}67/0{,}50 = 1{,}3\,\text{cm/s}$. Over 25 cm: $25/1{,}3 \approx 19\,\text{s}$.

d Een rekenblad telt alle stukken van 25 cm op: samen ongeveer 57 s. Hoe lang duurt het vooraleer vers water uit het reservoir het laatste bakje bereikt? Schets de (s,t)-grafiek van een druppeltje vers water.

✓ $3{,}8 + 57 \approx 61\,\text{s}$: ongeveer een minuut. De (s,t)-grafiek begint steil (16 cm/s) en wordt na elke druppelaar vlakker: geen rechte, want de beweging is niet eenparig. Het pompje draait 225 s per dag (hoofdstuk 4): lang genoeg, maar het laatste bakje krijgt in het begin nog water dat in de slang stond.

e Meet: breng met een spuitje een druppel kleurstof in de doorzichtige aanvoerslang en meet de tijd over 1,00 m. Vergelijk met je voorspelling.

✓ Verwacht: $100/16 \approx 6{,}3\,\text{s}$ over 1,00 m. Verschillen: de pomp levert niet precies 8,0 mL/s, de slang is niet overal even dik, en het kleurfront vervaagt (in het midden van de slang stroomt het water sneller dan aan de wand).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Snelheid	Debiet gedeeld door doorsnede, met eenheden: 16 cm/s; tijd over 0,60 m correct.
Verminderend debiet	Snelheid in het midden en in het laatste stuk correct (8 cm/s en 1,3 cm/s).
Grafiek	(s,t)-schets die steeds vlakker wordt; totale tijd ongeveer een minuut.
Meting	Methode met kleurstof uitgevoerd of beschreven; vergelijking met de voorspelling en foutenbronnen.

14.13 Onderzoek: rolt een knikker eenparig?

●●● Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 50 min

Laat een knikker van een kort hellend stukje rollen en daarna over een lange horizontale gordijnrail of een U-profiel. Rolt hij daar eenparig? En wat gebeurt er als de rail een beetje helt?

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

✓ Bijvoorbeeld: 'Rolt een knikker op een horizontale rail met een constante snelheid?' Hypothese: bijna, maar hij vertraagt een beetje door wrijving.

b Beschrijf je meetmethode: hoe meet je de tijd op verschillende afstanden? (Denk aan de proef met de speelgoedauto, of filmen met een smartphone naast een meetlat.)

✓ Bijvoorbeeld: strepen om de 20 cm en een tijdopnemer per streep, of een video (30 beeldjes per seconde) naast een meetlat en de beeldjes tellen.

c Meet op de horizontale rail.

✓ Typisch: gelijke stappen per tijdseenheid, met een kleine vertraging aan het eind.

d Teken de (s,t)-grafiek en beslis: eenparig, sneller of trager? Herhaal kort met een licht hellende rail.

✓ Horizontaal: een bijna rechte lijn die op het eind iets vlakker wordt (trager). Licht hellend naar beneden: een lijn die steiler wordt (sneller).

e Formuleer een besluit en noem twee foutenbronnen.

✓ Op een horizontale rail rolt de knikker bijna eenparig; wrijving en luchtweerstand remmen hem langzaam af (hoofdstuk 11). Foutenbronnen: reactietijd, de rail die niet helemaal horizontaal ligt, een rail die niet overal even glad is.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Toetsbaar, met een voorspelling.
Methode	Afstanden en tijden gemeten op minstens vijf punten; zelfde startplaats op de helling.
Grafiek	Correcte assen en schaal; vorm van de kromme juist geïnterpreteerd.
Besluit	Bijna eenparig op de horizontale rail, licht vertragend door wrijving; sneller op een helling.

14.14 De fietscomputer instellen

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Een fietscomputer weet niet hoe groot je wiel is: je moet de omtrek instellen. Hij telt hoe vaak het magneetje aan de spaken de sensor passeert (één keer per wielomwenteling). Het wiel van Sam heeft een omtrek van 2,10 m.

a De computer telt 150 omwentelingen in één minuut. Hoe ver rijdt Sam per minuut, en hoe snel in km/h?

✓ $150 \times 2{,}10 = 315\,\text{m}$ per minuut; per uur $315 \times 60 = 18\,900\,\text{m}$: $18{,}9\,\text{km/h}$.

b Sam heeft per ongeluk 2,00 m ingesteld. Wat toont de computer nu? Hoeveel procent te weinig?

✓ $150 \times 2{,}00 = 300\,\text{m}$ per minuut: $18{,}0\,\text{km/h}$. $1 - 2{,}00/2{,}10 = 0{,}048$: ongeveer 4,8 % te weinig, voor de snelheid én de afstand.

c Hoe meet je de omtrek van je wiel zelf, zonder formule?

✓ Zet een krijtstreep op de band en op de grond eronder, rol de fiets rechtdoor tot de streep weer onderaan staat (liefst met iemand erop, zodat de band iets indrukt), en meet de afstand tussen de twee strepen op de grond.

d Na een tocht toont de verkeerd ingestelde computer 38,0 km. Hoe ver reed Sam echt?

✓ De echte afstand is $2{,}10/2{,}00$ keer groter: $38{,}0 \times 1{,}05 = 39{,}9\,\text{km}$.

14.15 Code: een snelheidsmeter met twee lichtsluizen

●●● Uitdagen · 4 · </> Programmeren · 30 min

Twee lichtsluizen staan 0,50 m uit elkaar en hangen aan een microcontroller. Het blokprogramma hieronder moet de snelheid tonen van een wagentje dat eerst door sluis 1 en dan door sluis 2 rijdt. De microcontroller kent het blok `tijd`: het aantal milliseconden sinds hij aanstond.

```
wanneer sluis 1 onderbroken wordt:
    zet start op tijd
wanneer sluis 2 onderbroken wordt:
    zet stop op tijd
    zet duur op ___
    zet snelheid op ___
    toon snelheid en "m/s"
```

a Vul de twee ontbrekende blokken in. Let op: de tijd staat in milliseconden.

✓
```
zet duur op (stop - start) / 1000      # in seconden
zet snelheid op 0,50 / duur          # in m/s
```

b Test op papier: start = 12 350 ms, stop = 12 750 ms. Wat toont het scherm? Hoeveel km/h is dat?

✓ duur $= (12\,750 - 12\,350)/1000 = 0{,}40\,\text{s}$; snelheid $= 0{,}50/0{,}40 = 1{,}25\,\text{m/s}$, dat is $1{,}25 \times 3{,}6 = 4{,}5\,\text{km/h}$.

c Wat gebeurt er als het wagentje de andere kant op rijdt (eerst sluis 2)? Voeg een controle toe.

Dan wordt stop gezet voor start een waarde heeft, of start is nog van een vorige rit: de duur is negatief of veel te groot. Bijvoorbeeld:

```
wanneer sluis 1 onderbroken wordt:
    zet start op tijd
    zet klaar op 1
wanneer sluis 2 onderbroken wordt:
    als klaar = 1 dan
        zet duur op (tijd - start) / 1000
        toon 0,50 / duur en "m/s"
        zet klaar op 0
```

14.16 Debat: zone 30 aan de schoolpoort

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

De gemeente wil de straat voor de school van 50 km/h naar 30 km/h brengen. Een bewoner vindt dat overdreven: 'Het verschil is maar 20 km/h.' Een chauffeur heeft ongeveer 1,0 s nodig om te reageren voor hij begint te remmen. Daarna moet de auto nog tot stilstand komen: op een droge weg ongeveer 5 m bij 30 km/h en ongeveer 14 m bij 50 km/h (hoe je dat berekent, leer je in hoofdstuk I7).

a Hoe ver rijdt een auto tijdens de reactietijd van 1,0 s, bij 30 km/h en bij 50 km/h?

30 km/h $= 8{,}3\,\mathrm{m/s}$: 8,3 m. 50 km/h $= 13{,}9\,\mathrm{m/s}$: 13,9 m.

b Een kind steekt plots over, 15 m voor de auto. Komt de auto op tijd tot stilstand bij 30 km/h? En bij 50 km/h?

Bij 30 km/h: $8{,}3 + 5 \approx 13\,\mathrm{m}$, minder dan 15 m: de auto staat stil voor het kind. Bij 50 km/h: $13{,}9 + 14 \approx 28\,\mathrm{m}$: na 15 m rijdt de auto nog bijna aan volle snelheid, want hij is dan pas begonnen met remmen.

c Schrijf twee argumenten voor zone 30 en één argument dat de bewoner zou kunnen geven. Wat is jouw standpunt?

Voor: de stopafstand is meer dan gehalveerd; een aanrijding aan lage snelheid is veel minder ernstig; minder lawaai, veiliger oversteken. Bewoner: de rit duurt iets langer (op 500 m: 60 s tegenover 36 s). Standpunt: bijvoorbeeld 'zone 30, want 24 s langer rijden weegt niet op tegen een kind dat de stopafstand niet overleeft'.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Reactieafstand = snelheid in m/s × 1,0 s; stopafstand = reactieafstand + remafstand.
Argumenten	Gebaseerd op de berekening en op andere gevolgen (geluid, oversteken, rijtijd).
Standpunt	Helder en onderbouwd.

F FUNDAMENTAL · DEEL F4 · ENERGIE

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 15

Energie: vormen en omzettingen

Wat energie is, in welke vormen ze voorkomt, en waarom er bij elke omzetting 'verlies' is zonder dat er iets verdwijnt

Uitgewerkte oplossingen bij de 17 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

6× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 416 min

E Energie · W Wiskundig modelleren



Zonlicht wordt suiker, warmte en een beetje elektriciteit: de meetkas zit vol energieomzettingen.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

15.1 Welke energievorm?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Welke energievorm zit er vooral in, of is er vooral onderweg?

Vul in.

(a) veerenergie; (b) bewegingsenergie; (c) chemische energie; (d) zwaarte-energie; (e) stralingsenergie; (f) warmte (thermische energie); (g) kernenergie; (h) elektrische energie.

15.2 Energieketens aanvullen

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 12 min

Vul de ontbrekende energievormen in. Denk ook aan de warmte die vrijkomt.

a Zaklamp met batterijen: _____ energie (batterij) → elektrische energie → _____ (lampje) en warmte.

✓ chemische; licht.

b Windturbine met lamp: _____ energie van de wind → _____ energie (generator) → licht en _____.

✓ bewegings-; elektrische; warmte.

c Kampvuur: _____ energie (hout) → _____ en licht.

✓ chemische; warmte.

d Opwindautootje: chemische energie (je spieren) → _____ energie (opgewonden veer) → _____ energie (rijdend autootje) → warmte.

✓ veer-; bewegings-.

e Waarom eindigen al deze ketens in warmte?

✓ Bij elke omzetting komt er warmte vrij, en ook de nuttige vorm (licht, beweging) wordt op het eind warmte: licht wordt opgenomen door muren, een rijdend autootje komt tot stilstand door wrijving.

15.3 Eenheden omzetten

Oefenen · 1 · Rekenen · 10 min

Gebruik: 1 kJ = 1000 J, 1 MJ = 1000 kJ, 1 kcal = 4,184 kJ, 1 kWh = 3,6 MJ.

a $2500\,\text{J} =$ _____ kJ

✓ $2500/1000 = 2{,}5\,\text{kJ}$

b $0{,}75\,\text{MJ} =$ _____ kJ

✓ $0{,}75 \times 1000 = 750\,\text{kJ}$

c $45\,\text{kJ} =$ _____ J

✓ $45 \times 1000 = 45\,000\,\text{J}$

d $250\,\text{kcal} \approx$ _____ kJ

✓ $250 \times 4{,}184 = 1046\,\text{kJ} \approx 1050\,\text{kJ}$

e $1\,\text{kWh} =$ _____ kJ

✓ $3{,}6\,\text{MJ} = 3600\,\text{kJ}$

f $18\,\text{MJ} =$ _____ kWh

✓ $18/3{,}6 = 5{,}0\,\text{kWh}$

15.4 Van klein naar groot

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Zonder rekenmachine: schat en rangschik.

a Zet in volgorde, van weinig naar veel energie: (A) 1 liter benzine; (B) een appel van 100 g één meter optillen; (C) een volle smartphonebatterij; (D) een snoepreep; (E) je voeding voor één dag; (F) een AA-batterij.

✓ B (1 J) < F (±11 kJ) < C (±54 kJ) < D (±1 MJ) < E (±9 MJ) < A (±32 MJ).

b Hoeveel keer meer energie zit er ongeveer in een snoepreep dan in een smartphonebatterij?

✓ $1\,000\,000 / 54\,000 \approx 19$: ongeveer twintig keer. Een snoepreep bevat genoeg energie om je smartphone bijna twintig keer op te laden, als je ze zou kunnen omzetten zonder verlies.

15.5 Rendement berekenen

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Bereken wat ontbreekt. Schrijf je berekening in de laatste kolom.

Vul de tabel in.

✓ (a)

$150 / 200 \times 100\,\% = 75\,\%$

(b)

$3 / 60 \times 100\,\% = 5\,\%$

(c)

$200 / 1000 \times 100\,\% = 20\,\%$

(d)

$0{,}40 \times 500 = 200\,\text{J}$

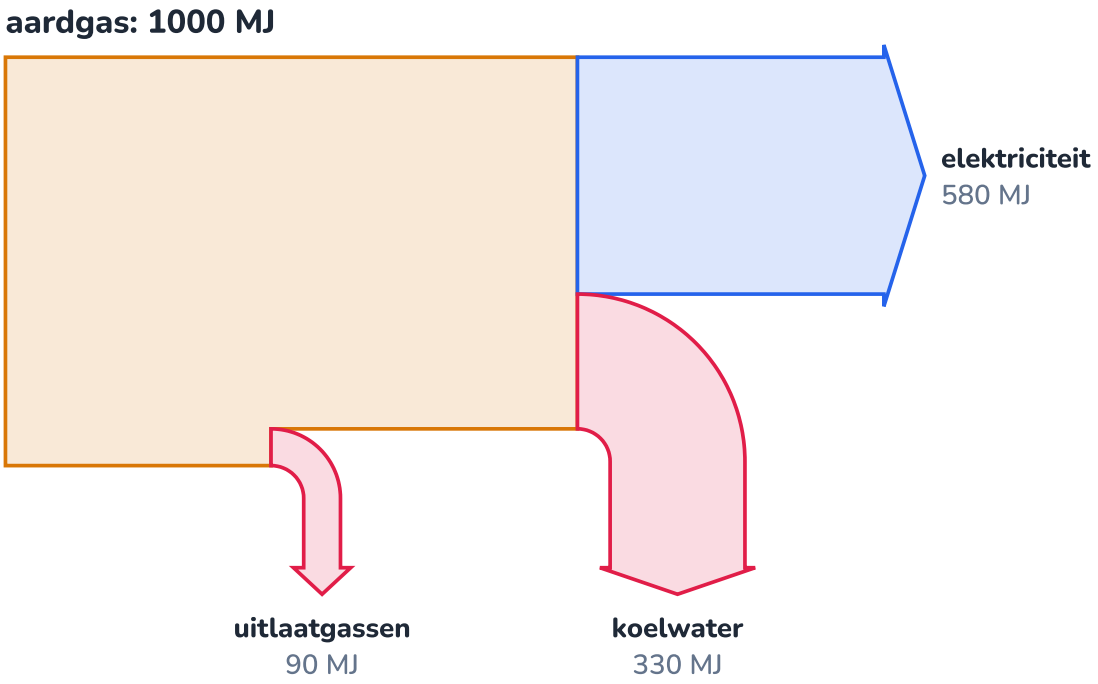
(e)

$90 / 0{,}30 = 300\,\text{J}$

15.6 Een Sankey-diagram lezen

Oefenen · 2 · Analyseren · 12 min

Een STEG-centrale (stoom- en gasturbine) maakt elektriciteit uit aardgas. Het diagram is vereenvoudigd.



Een STEG-centrale: waar gaat de energie van 1000 MJ aardgas naartoe?

a Hoeveel energie is nuttig? Hoeveel gaat verloren, en waar naartoe?

✓ Nuttig: 580 MJ elektriciteit. Verloren: 90 MJ warmte in de uitlaatgassen (schouw) en 330 MJ warmte in het koelwater, samen 420 MJ.

b Bereken het rendement van de centrale.

✓ $580/1000 \times 100\,\% = 58\,\%$.

c Controleer met het diagram de wet van behoud van energie.

✓ Erin: 1000 MJ. Eruit: $580 + 90 + 330 = 1000\,\text{MJ}$. De breedte van de pijl erin is gelijk aan de som van de breedtes eruit.

d De warmte in het koelwater is 'verloren', maar niet verdwenen. Waar blijft ze? Kan je er iets nuttigs mee doen?

✓ Ze warmt het water van een rivier of de lucht (via een koeltoren) een beetje op. Je kan ze nuttig gebruiken om huizen, kassen of een zwembad te verwarmen met een warmtenet: dat heet warmtekrachtkoppeling.

●●○ Toepassen Toepassen

meerdere stappen, in een context

15.7 Optillen: zwaartekracht maal hoogte

●●○ Toepassen · 2 · Rekenen · 15 min

Gebruik $E = F_z \cdot h$ en $F_z = m \cdot g$ met $g = 9{,}81\,\text{N/kg}$.

a Je zet een boekentas van 6,0 kg op een tafel van 0,80 m. Hoeveel energie is dat?

✓ $F_z = 6{,}0 \times 9{,}81 = 58{,}9\,\text{N}$; $E = 58{,}9 \times 0{,}80 = 47\,\text{J}$.

b Je zet de twaalf volle plantenbakken van de meetkas (elk 4,0 kg, dus 39 N) van de grond op de plantentafel (30 cm hoog). Hoeveel energie per bak, en voor alle twaalf samen?

✓ Per bak: $39\,\text{N} \times 0{,}30\,\text{m} = 11{,}7\,\text{J} \approx 12\,\text{J}$. Twaalf bakken: $12 \times 11{,}7 = 140\,\text{J}$.

c Een klimmer van 60 kg klimt 12 m op een klimmuur. Hoeveel zwaarte-energie krijgt hij?

✓ $F_z = 60 \times 9{,}81 = 588{,}6\,\text{N}$; $E = 588{,}6 \times 12 = 7063\,\text{J} \approx 7{,}1\,\text{kJ}$.

d Hoe hoog kan je een appel van 100 g tillen met 5,0 J?

✓ $F_z = 0{,}100 \times 9{,}81 = 0{,}981\,\text{N}$; $h = E/F_z = 5{,}0/0{,}981 = 5{,}1\,\text{m}$.

15.8 Het voedingsetiket

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Op een mueslireep van 25 g staat: **per 100 g: 1850 kJ / 441 kcal**. Sam weegt 50 kg. Een verdieping is 3,0 m hoog. Sams spieren zetten ongeveer 25 % van de energie om in beweging.

a Hoeveel energie zit er in één reep, in kJ?

✓ $1850 \times 25/100 = 462{,}5\,\text{kJ}$.

b Controleer dat 1850 kJ en 441 kcal hetzelfde zijn.

✓ $441 \times 4{,}184 = 1845\,\text{kJ} \approx 1850\,\text{kJ}$ (afgerond op het etiket).

c Hoeveel energie is nuttig (beweging) als Sam de hele reep 'opbrandt'?

✓ $0{,}25 \times 462{,}5 = 115{,}6\,\text{kJ}$.

d Hoeveel verdiepingen kan Sam daarmee de trap op?

✓ Per verdieping: $50 \times 9{,}81 \times 3{,}0 = 1471{,}5\,\text{J}$. Aantal: $115\,600/1471{,}5 \approx 79$ verdiepingen.

e Een tiener heeft per dag ongeveer 9 MJ nodig. Welk deel daarvan is één reep?

✓ $462{,}5\,\text{kJ}/9000\,\text{kJ} \approx 0{,}05$: ongeveer 5 %.

15.9 Een Sankey-diagram tekenen

Toepassen · 3 · Tekenen · 20 min

Een oplaadbare zaklamp met led krijgt uit zijn batterij 1200 J. Daarvan wordt 360 J licht. De rest wordt warmte: in de led en in de kleine elektronische schakeling die de led aanstuurt.

a Bereken de warmte en het rendement.

✓ Warmte: $1200 - 360 = 840\,\text{J}$. Rendement: $360/1200 \times 100\,\% = 30\,\%$.

b Teken het Sankey-diagram op schaal: 1 cm = 200 J. Hoe breed wordt elke pijl?

✓ Invoer: $1200/200 = 6{,}0\,\text{cm}$. Licht (rechtdoor): $360/200 = 1{,}8\,\text{cm}$. Warmte (buigt af): $840/200 = 4{,}2\,\text{cm}$. Controle: $1{,}8 + 4{,}2 = 6{,}0\,\text{cm}$.

c Een oude zaklamp met gloeilampje zet maar 5 % om in licht. Hoe breed wordt de lichtpijl bij dezelfde 1200 J?

✓ $0{,}05 \times 1200 = 60\,\text{J}$: $60/200 = 0{,}3\,\text{cm}$, amper 3 mm. De warmtepijl is dan 5,7 cm breed.

15.10 De stuiterbal

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een leerling filmt een bal die van 150 cm hoogte valt en meet de hoogte na elke botsing.

botsing	0 (loslaten)	1	2	3	4
hoogte (cm)	150	98	64	42	27

a Bereken het rendement van elke botsing. Wat valt op?

✓ $98/150 = 65\,\%$; $64/98 = 65\,\%$; $42/64 = 66\,\%$; $27/42 = 64\,\%$. Het rendement is bij elke botsing ongeveer hetzelfde: ongeveer 65 %.

b Voorspel de hoogte na botsing 5.

✓ $0{,}65 \times 27 \approx 18\,\text{cm}$.

c Een bijna platte tennisbal komt na de eerste botsing maar tot 45 cm. Wat is zijn rendement, en waar gaat de extra energie naartoe?

✓ $45/150 = 30\,\%$. Een platte bal vervormt meer bij de botsing; bij het vervormen en terugveren wordt meer energie warmte in het rubber (en geluid).

15.11 Labo: welke bal houdt het meeste energie vast?

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Je vergelijkt het rendement van een botsing voor drie ballen: een tennisbal, een pingpongbal en een rubberen stuiterbal. Je laat ze vallen op dezelfde vloer en filmt ze met een smartphone naast een meetlat.

a Wat verander je, wat meet je, en wat hou je gelijk? Noem minstens drie dingen die je gelijk houdt.

✓ Verander: de soort bal. Meet: de hoogte na de eerste botsing. Gelijk houden: valhoogte (1,00 m), de vloer, loslaten zonder duw, de plaats van de camera, dezelfde manier van aflezen (onderkant van de bal).

b Meet elke bal drie keer vanaf 1,00 m.

✓ Typisch: rubberen stuiterbal 75 à 85 %, pingpongbal 70 à 80 %, tennisbal 50 à 60 % (op een harde vloer).

c Welke bal heeft het hoogste rendement? Waar gaat bij de andere ballen de energie naartoe?

✓ Meestal de rubberen stuiterbal. Bij de andere ballen wordt bij het indeuken en terugveren meer energie warmte in het materiaal, en een tennisbal met zijn vilt en lucht remt meer af.

d Waarom film je de bal en kijk je niet gewoon met je ogen? Hoe lees je de hoogte het best af?

✓ Het hoogste punt duurt maar een fractie van een seconde: met je ogen ben je te traag. Speel de video beeld per beeld af, lees de onderkant van de bal af, en hou de camera ter hoogte van het hoogste punt om parallax te vermijden.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Eerlijke proef	Eén variabele (de bal); zelfde valhoogte, zelfde vloer, loslaten zonder duw, zelfde manier van meten.
Metingen	Drie metingen per bal, gemiddelde, rendement in procent.
Verklaring	Energie naar warmte en geluid bij het vervormen; verschil tussen de ballen verklaard.
Meetmethode	Beeld per beeld afspelen, onderkant van de bal aflezen, camera op dezelfde hoogte (parallax, hoofdstuk 3).

15.12 Het eeuwig draaiende wiel

Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

Al sinds de middeleeuwen tekenen uitvinders wielen zoals dit. De gewichten zitten aan scharnierende armen: rechts klappen ze naar buiten, links naar binnen. 'Rechts hangen de gewichten verder van de as, dus trekken ze harder (denk aan de hefboomwet), dus draait het wiel eeuwig', zegt de uitvinder.



Rechts hangen de gewichten ver van de as, links liggen ze dicht bij de as.

Volgens de uitvinder draait het wiel daardoor eeuwig rechtsom.

Een klassiek ontwerp van een perpetuum mobile.

a Wat zou dit wiel volgens de wet van behoud van energie moeten doen om eeuwig te draaien, en waarom kan dat niet?

Het wiel zou zonder energietoevoer energie moeten blijven leveren, of minstens de wrijving in de as blijven overwinnen. Maar wrijving zet voortdurend energie om in warmte. Zonder toevoer raakt de bewegingsenergie op: het wiel moet stoppen.

b Waar klopt de redenering van de uitvinder niet? Tel de gewichten links en rechts.

Rechts hangen de gewichten verder van de as, maar links hangen er meer (hier vier tegenover drie). Het wiel draait hooguit tot een stand waarin de twee kanten elkaar in evenwicht houden, en blijft daar staan. Wie het nauwkeurig uitrekent (met de hefboomwet voor elk gewicht), vindt altijd zo'n evenwichtsstand.

c Iemand geeft het wiel een duw. Wat gebeurt er, en waar gaat de energie van de duw naartoe?

Het draait even en komt dan tot stilstand. De bewegingsenergie van de duw wordt warmte in de as en de scharnieren, en geluid als de gewichten omklappen.

15.13 Waar komt de energie vandaan?

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Bijna alle energie die we gebruiken, kwam ooit van de zon. Maar niet alles.

a Volg de energie terug tot de zon: (a) benzine; (b) windenergie; (c) waterkracht uit een stuwdam; (d) je boterham.

(a) Benzine komt uit aardolie: resten van plankton dat miljoenen jaren geleden zonlicht omzette in chemische energie. (b) De zon warmt de aarde ongelijk op; warme lucht stijgt, koude lucht stroomt toe: wind. (c) De zon doet water verdampen; het valt als regen hoog in de bergen en krijgt zo zwaarte-energie. (d) Het graan groeide met zonlicht (fotosynthese).

b Noem twee energiebronnen die niet van de zon komen. Waar komt hun energie dan vandaan?

Kernenergie (uranium: de energie zit in de atoomkernen sinds het ontstaan van de elementen), aardwarmte (warmte uit het binnenste van de aarde) en getijdenenergie (vooral de aantrekking van de maan).

15.14 Habitat: van de zon tot de plant

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

Op een zonnige dag in april valt er op het dak van de meetkas (0,72 m²) ongeveer 15 MJ zonlicht (PVGIS, heldere aprildag in Brussel: ongeveer 5,9 kWh per m²). Door de wanden komt er nog licht bij, maar reken alleen met het dak. Gebruik de verdeling uit het handboek: de platen laten 80 % door; van wat binnenkomt, valt de helft op de bladeren; de bladeren slaan 2,5 % van het licht dat erop valt op als suiker.

a Bereken hoeveel energie door de platen komt, hoeveel op de bladeren valt, en hoeveel suiker-energie de planten maken.

✓ Door de platen: $0{,}80 \times 15 = 12\,\text{MJ}$. Op de bladeren: $12/2 = 6{,}0\,\text{MJ}$. Suiker: $0{,}025 \times 6{,}0 = 0{,}15\,\text{MJ} = 150\,\text{kJ}$.

b Welk percentage van het zonlicht op de kas wordt suiker? Vergelijk met een snoepreep (1 MJ).

✓ $0{,}15/15 \times 100\,\% = 1\,\%$. Dat is maar ongeveer een zevende van een snoepreep, voor een hele dag zon op de kas.

c Teken het Sankey-diagram op schaal (bijvoorbeeld 1 cm = 1,5 MJ).

✓ Met 1 cm = 1,5 MJ: invoer 10 cm; platen $3/1{,}5 = 2{,}0\,\text{cm}$; grond, water en frame $6/1{,}5 = 4{,}0\,\text{cm}$; bladeren warmte en verdamping $(6{,}0 - 0{,}15)/1{,}5 = 3{,}9\,\text{cm}$; suiker $0{,}15/1{,}5 = 0{,}1\,\text{cm}$ (1 mm). Controle: $2{,}0 + 4{,}0 + 3{,}9 + 0{,}1 = 10\,\text{cm}$.

d Waar gaat de rest van de energie naartoe? Wat merk je daarvan in de kas?

✓ Bijna alles wordt warmte: de platen, de grond, het water en de lucht warmen op, en er verdampt water uit de bladeren en de grond. Daarom wordt de kas 32 °C terwijl het buiten maar 17 °C is (hoofdstuk 4), en zie je 's nachts condens op de wanden (hoofdstuk 6).

e Bedenk twee manieren om een groter deel van het licht in de planten te krijgen, zonder de kas groter te maken.

✓ Bijvoorbeeld: de planten dichter bij elkaar zetten of groter laten worden, zodat minder licht op de grond valt; een witte of spiegelende ondergrond die het licht terugkaatst naar de bladeren; de platen schoon houden (vuil houdt licht tegen); geen voorwerpen die schaduw geven (zie de plaats van het zonnepaneel in hoofdstuk 17).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Berekening	Percentages correct na elkaar toegepast, met eenheden: 12 MJ, 6,0 MJ, 0,15 MJ.
Sankey-diagram	Op schaal, breedte erin = som van de breedtes eruit, labels met waarden.
Verklaring	De rest wordt warmte (en verdamping): de kas warmt op; link met het temperatuurverloop van hoofdstuk 4.
Voorstellen	Concreet en haalbaar, met uitleg waarom het meer licht in de bladeren brengt.

15.15 Debat: als energie nooit verloren gaat, waarom moeten we dan besparen?

●●● Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

Een klasgenoot zegt: 'De wet van behoud van energie zegt dat energie nooit verloren gaat. Dus is energie besparen onzin: de energie is er toch nog.'

a Wat klopt er aan die uitspraak, en wat niet?

✓ Het klopt dat de totale hoeveelheid energie gelijk blijft. Maar bij elke omzetting wordt een deel warmte die zich over de omgeving verspreidt, en die kan je niet meer gebruiken om een lamp te laten branden of een auto te laten rijden. Wat opraakt, is bruikbare energie.

b Geef twee andere redenen om energie te besparen, die niets met de wet van behoud te maken hebben.

✓ Bijvoorbeeld: energie kost geld; bij het verbranden van steenkool, aardolie en aardgas komt CO2 vrij, dat de aarde opwarmt (hoofdstuk 17); de voorraden fossiele brandstoffen raken op; minder afhankelijk zijn van invoer.

c Schrijf in drie zinnen een antwoord aan de klasgenoot.

✓ Bijvoorbeeld: 'Je hebt gelijk dat energie niet verdwijnt. Maar ze eindigt als warmte die over de hele omgeving verspreid is, en daarmee kan je niets meer doen. Besparen betekent: minder van die bruikbare energie omzetten, en dat spaart geld, brandstof en CO2.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Natuurkunde	Behoud van energie correct; onderscheid tussen bruikbare energie en verspreide warmte.
Argumenten	Minstens twee redenen buiten de natuurkunde (kosten, CO2, uitputting, afhankelijkheid).
Antwoord	Helder, vriendelijk, overtuigend.

15.16 Ontwerp: een kettingreactiemachine

●●● Uitdagen | 4 | Ontwerpen | 90 min

Ontwerp en bouw in een groep een kettingreactiemachine (zoals een 'Rube Goldberg-machine'): een knikker rolt, stoot een domino om, die een hefboom laat kippen, … en aan het eind gaat er een belletje, een lampje of een vlaggetje omhoog. Gebruik alleen materiaal uit de klas en van thuis.

a Schets je machine en nummer de stappen.

✓ Bijvoorbeeld: (1) knikker rolt van een helling, (2) stoot een rij domino's om, (3) de laatste domino duwt een potlood van een rand, (4) het potlood valt op een lepel (hefboom) die een pingpongbal lanceert, (5) de bal duwt een schakelaar om en een lampje gaat aan.

b Teken de energieketen: bij elke stap de omzetter en de energievormen. Je machine moet minstens vijf omzettingen hebben en minstens vier verschillende energievormen gebruiken.

✓ Zwaarte-energie van de knikker → bewegingsenergie → zwaarte-energie van de domino's wordt bewegingsenergie (elke domino staat 'klaar' met zijn eigen zwaarte-energie) → bewegingsenergie van de lepel en de bal → de schakelaar sluit de kring: chemische energie van de batterij → elektrische energie → licht en warmte.

c Waar komt de energie vandaan die de hele machine aandrijft? Waar eindigt ze?

✓ De eerste energie kwam van jou: je spieren (chemische energie) tilden de knikker op en zetten de domino's recht. Elke stap gebruikt energie die je vooraf opgeslagen hebt. Alles eindigt als warmte en geluid.

d Test en verbeter: welke stap faalde het vaakst, en waarom? Wat heb je veranderd?

✓ Typisch: een stap die te weinig energie doorgeeft (een domino die te licht is, een bal die de schakelaar niet hard genoeg raakt). Oplossing: meer hoogte (meer zwaarte-energie), minder wrijving, of de afstand tussen twee stappen verkleinen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Werking	De machine loopt minstens twee keer na elkaar zonder hulp van begin tot eind.
Energieketen	Minstens vijf omzettingen en vier vormen, correct benoemd, met de omzetter bij elke stap.
Behoud	Bron en eindbestemming (warmte, geluid) correct; uitleg waarom elke stap opnieuw energie opgeslagen moet hebben (hoogte, veer).
Iteratie	Minstens één verbetering na een test, met reden.

15.17 Onderzoek: warmt water op als je het roert?

●●● Uitdagen | 4 | Onderzoeken | 50 min

Joule toonde dat water warmer wordt door erin te roeren. Kan jij dat meten met een mixer of een staafmixer en een thermometer? Het effect is klein, dus je proef moet goed ontworpen zijn.

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

Bijvoorbeeld: 'Wordt water warmer als ik het vijf minuten mix?' Hypothese: ja, met enkele tienden van een graad tot een graad.

b Welke storende invloeden kunnen de temperatuur ook doen veranderen? Hoe schakel je ze uit? Denk aan de warmte van de motor van de mixer en aan de kamertemperatuur.

De motor van de mixer wordt warm en kan het water opwarmen via de staaf; je handen; de kamer als het water niet op kamertemperatuur begon; verdamping die afkoelt. Maatregelen: water vooraf op kamertemperatuur, een geïsoleerde beker met deksel, de mixer aan een statief, zelfde tijd bij de controle, eventueel eerst meten hoeveel de mixer zonder water opwarmt.

c Beschrijf je proef: wat verander je, wat meet je, wat hou je gelijk, en wat is je controle?

Verander: roeren of niet (en eventueel hoe lang). Meet: de temperatuur, met een thermometer van 0,1 °C, om de minuut. Gelijk: hoeveelheid water, beker, begintemperatuur, plaats. Controle: een tweede beker die niet geroerd wordt.

d Noteer je metingen en formuleer een besluit.

Een staafmixer van enkele honderden watt kan 300 mL water in een paar minuten merkbaar opwarmen (meer dan een graad), maar een deel komt van de motorwarmte. Het besluit steunt op het verschil met de controle.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Toetsbaar, met een voorspelling.
Storende invloeden	Motorwarmte, handen, kamertemperatuur en verdamping herkend, met een maatregel.
Controle	Een gelijke hoeveelheid water die niet geroerd wordt, onder dezelfde omstandigheden.
Besluit	Op basis van het verschil met de controle, met een kritische blik op de grootte van het effect.

F FUNDAMENTAL · DEEL F4 · ENERGIE

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 16

Warmte en temperatuur

Waarom de meetkas in april 32 °C wordt, waarom ze 's nachts afkoelt, en hoe je warmte vasthoudt

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 409 min

E Energie · M Materie en chemie



Door een warmtecamera: de grond en het water houden de warmte vast, het aluminium frame is het koudst.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

16.1 Temperatuur of warmte?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Vul telkens het juiste woord in: temperatuur, warmte of thermische energie.

a De _____ van de soep is 70 °C.

✓ temperatuur

b Er stroomt _____ van de hete soep naar de koude lepel.

✓ warmte

c Een zwembad van 25 °C bevat meer _____ dan een kop koffie van 80 °C.

✓ thermische energie

d Een thermometer meet de _____ .

- temperatuur

e Een wollen trui houdt de _____ van je lichaam vast.

- warmte

f Waarom is 'de kou komt binnen' natuurkundig niet juist? Wat gebeurt er echt?

- Koude kan niet stromen. Er stroomt warmte van binnen (warm) naar buiten (koud); daardoor daalt de temperatuur binnen.

16.2 Celsius en kelvin

Oefenen · 1 · Rekenen · 10 min

Gebruik $T = t + 273{,}15$.

a Vul de tabel in.

- (a) 310,15 K; (b) 280,85 K; (c) 261,15 K; (d) 20 °C; (e) −173,15 °C; (f) −273,15 °C.

b Het water in het reservoir warmt op van 12 °C tot 19 °C. Hoe groot is de stijging in °C en in K?

- 7 °C, en ook 7 K: een verschil is in beide eenheden hetzelfde getal.

16.3 Welke weg neemt de warmte?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Geleiding, stroming of straling? Soms zijn het er twee.

Vul in.

- (a) straling; (b) geleiding; (c) stroming; (d) straling; (e) geleiding; (f) stroming (gedwongen); (g) stroming (warme lucht wordt tegen je haar geblazen).

16.4 Water opwarmen

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Gebruik de rekenregel $Q = 4{,}2 \cdot V \cdot \Delta t$ (Q in kJ, V in L, Δt in °C).

a Een waterkoker warmt 1,5 L water op van 15 °C tot 100 °C. Hoeveel warmte gaat er naar het water?

- $Q = 4{,}2 \times 1{,}5 \times 85 = 535{,}5\,\text{kJ} \approx 536\,\text{kJ}$.

b Het reservoir van de meetkas (30 L, vol) warmt op een zonnige dag 8 °C op. Hoeveel warmte slaat het op?

- $Q = 4{,}2 \times 30 \times 8 = 1008\,\text{kJ} \approx 1{,}0\,\text{MJ}$: evenveel als een snoepreep.

c Je geeft 84 kJ aan 2,0 L water. Hoeveel graden warmer wordt het?

- $\Delta t = Q/(4{,}2 \times V) = 84/(4{,}2 \times 2{,}0) = 10$ °C.

16.5 Goede en slechte geleiders

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Gebruik de tabel met warmtegeleiding in het handboek.

a Waarom heeft een pan een bodem van metaal en een handvat van kunststof of hout?

De bodem moet de warmte van het vuur snel naar het eten geleiden: metaal. Het handvat mag geen warmte naar je hand geleiden: kunststof of hout.

b Een tegelvloer voelt 's ochtends kouder aan dan een houten vloer in dezelfde kamer. Zijn ze kouder? Leg uit.

Nee, ze hebben dezelfde temperatuur (de kamertemperatuur). Tegels (steen, beton ± 1,5) geleiden veel beter dan hout (± 0,13): ze voeren de warmte van je voeten sneller weg, daarom voelen ze kouder aan.

c Een natte trui isoleert veel slechter dan een droge. Verklaar met de tabel.

In een droge trui zit stilstaande lucht (0,026) tussen de vezels. In een natte trui is die lucht vervangen door water (0,6): ruim twintig keer beter geleidend. Bovendien koelt verdampend water je af.

d Hoeveel keer beter geleidt aluminium dan polycarbonaat? Wat betekent dat voor het frame van de meetkas?

$200/0{,}20 = 1000$ keer. Het aluminium frame voert de warmte veel sneller naar buiten dan de platen: een koudebrug, en de plaats waar condens zich het eerst vormt.

Toepassen

Toepassen

meerdere stappen, in een context

16.6 Labo: een eerlijke isolatieproef

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Voer zelf de isolatieproef uit het handboek uit, met minstens vier materialen en een controle. Kies zelf welke materialen je test, bijvoorbeeld om te bepalen waarmee je de meetkas 's nachts het best afdekt.

a Noteer je onafhankelijke, afhankelijke en gecontroleerde variabelen.

Onafhankelijk: het isolatiemateriaal. Afhankelijk: de temperatuur van het water. Gecontroleerd: soort pot, volume, begintemperatuur, deksel, dikte van de isolatie, plaats in het lokaal, meettijden.

b Meet om de 5 minuten, 40 minuten lang.

Bijvoorbeeld zoals in de tabel in het handboek: van 70 °C naar ongeveer 44 °C zonder isolatie en ongeveer 59 °C met piepschuim na 40 minuten.

c Teken de afkoelkrommen in één grafiek, met een legende.

Dalende krommen die steeds vlakker worden; de controle daalt het snelst.

d Rangschik de materialen van best tot slechtst isolerend. Verklaar de winnaar met de drie wegen van warmte.

Meestal wint piepschuim, gevolgd door wol en noppenfolie: ze sluiten stilstaande lucht op in kleine cellen, zodat er weinig geleiding en geen stroming is.

e Wat zou je verbeteren als je de proef opnieuw deed?

Bijvoorbeeld: de proef herhalen, sensoren in plaats van thermometers (geen deksel openen om af te lezen), even dikke lagen afmeten, alle potten precies tegelijk vullen.

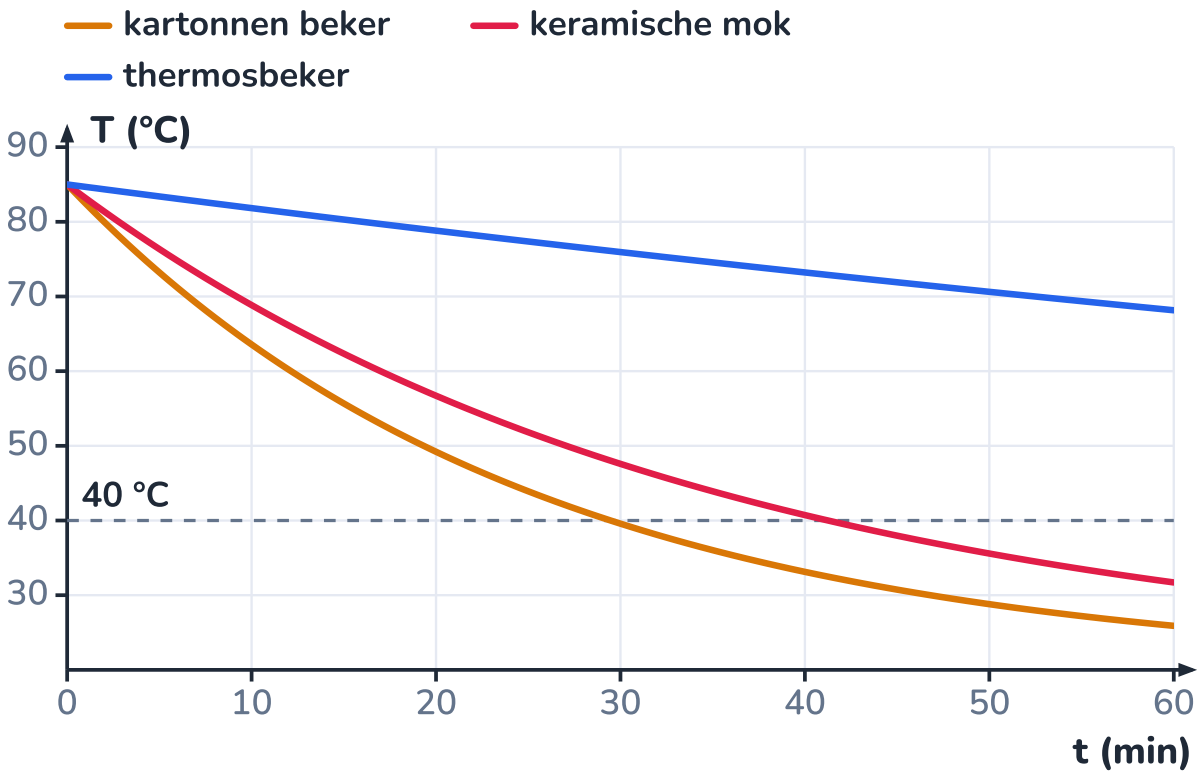
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Eerlijke proef	Eén variabele (het materiaal), een controle zonder isolatie, al de rest gelijk en benoemd.
Metingen	Om de 5 minuten, met eenheden, voor alle potten.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, passende schaal, een kromme per materiaal, legende.
Besluit	Rangschikking volgt uit de metingen; verklaring met opgesloten lucht, geleiding en straling; verbetervoorstel.

16.7 Afkoelgrafieken lezen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een leerling giet koffie van 85 °C in drie bekers en meet hoe ze afkoelt.



Koffie in een kartonnen beker (zonder deksel), een keramische mok en een thermosbeker.

a Hoe warm is de koffie in elke beker na 30 minuten?

✓ Ongeveer 40 °C (karton), 48 °C (mok) en 76 °C (thermosbeker).

b Na hoeveel minuten is de koffie in de kartonnen beker en in de mok afgekoeld tot 40 °C?

✓ Karton: na ongeveer 29 à 30 minuten. Mok: na ongeveer 41 minuten.

c Waarom daalt de temperatuur in het begin sneller dan later?

✓ Hoe groter het temperatuurverschil met de kamer, hoe sneller de warmte wegstroomt. In het begin is het verschil groot (65 °C), later kleiner.

d Welke eigenschappen van de thermosbeker verklaren zijn kromme?

✓ Luchtledig tussen twee wanden (geen geleiding en stroming), een blinkende binnenkant (weinig straling) en een deksel (geen stroming en verdamping bovenaan).

16.8 De meting van de meetkas verklaren

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

De meetkas en buiten, op een zonnige dag in april, om de twee uur (dezelfde meting als in hoofdstuk 4).

tijdstip (h)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
in de kas (°C)	9,5	8,6	7,9	7,7	11,0	20,5	28,5	32,0	27,5	19,5	13,5	11,0	9,8
buiten (°C)	8,5	7,6	6,9	6,6	8,6	12,3	15,4	17,3	17,9	16,0	12,6	10,3	8,8

a Bereken het verschil tussen kas en buiten om 4 uur, om 14 uur en om 22 uur.

✓ 4 uur: $7{,}9 - 6{,}9 = 1{,}0$ °C. 14 uur: $32{,}0 - 17{,}3 = 14{,}7$ °C. 22 uur: $11{,}0 - 10{,}3 = 0{,}7$ °C.

b Leg met de begrippen uit dit hoofdstuk uit waarom het verschil om 14 uur zo groot is.

✓ Het zonlicht gaat door de platen en warmt grond, planten en water op; die warmen de lucht op. De warme lucht kan niet weg (stroming tegengehouden) en de platen houden ook een deel van het infrarood tegen. De temperatuur stijgt tot het verlies door de wanden even groot is als de instraling.

c Leg uit waarom het verschil om 4 uur zo klein is.

✓ 's Nachts komt er geen zonne-energie meer binnen. De dunne platen laten de warmte snel door (geleiding), en de kas straalt infrarood uit naar de hemel. Alleen de warmte die grond en water overdag opsloegen, houdt de kas nog een beetje warmer.

d Voorspel wat er met de kromme overdag gebeurt als het dakraam vanaf 11 uur openstaat. Leg uit.

✓ De kromme stijgt minder hoog (bijvoorbeeld tot rond 24 à 26 °C in plaats van 32 °C): de warme lucht ontsnapt bovenaan en koele lucht valt binnen (stroming).

16.9 Broeikas: juist of fout?

Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

Zeg of de uitspraak juist of fout is. Verbeter wat fout is.

a (a) Een kas wordt vooral warm omdat het glas het infrarood tegenhoudt.

✓ Fout. Een kas wordt vooral warm omdat de opgewarmde lucht niet weg kan (stroming tegengehouden). Het tegenhouden van infrarood helpt, maar minder (proef van Wood).

b (b) Zonder broeikaseffect zou de aarde gemiddeld ongeveer −18 °C zijn.

✓ Juist (tegenover ongeveer 15 °C vandaag).

c (c) Stikstof en zuurstof zijn de belangrijkste broeikasgassen, omdat er zoveel van in de lucht zit.

✓ Fout. Stikstof en zuurstof nemen geen infrarood op. De belangrijkste broeikasgassen zijn waterdamp en CO2, daarna methaan en lachgas.

d (d) De atmosfeer werkt als een dak dat de warme lucht opsluit.

✓ Fout. De lucht stroomt vrij. Het broeikaseffect van de aarde werkt via straling: opnemen en terugstralen van infrarood.

e (e) Broeikasgassen stralen de energie die ze opnemen in alle richtingen weer uit, ook naar de grond.

✓ Juist.

f (f) Het broeikaseffect is slecht; hoe minder, hoe beter.

Fout. Het natuurlijke broeikaseffect houdt de aarde leefbaar. Het probleem is het extra broeikaseffect door de CO2 die de mens toevoegt.

16.10 Isoleren met lucht

Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

Lucht is een van de beste isolatoren, als ze stilstaat.

a Waarom is de spouw tussen twee ruiten van dubbel glas ongeveer 1,5 cm, en niet 10 cm?

In een brede spleet begint de lucht rond te stromen (warm stijgt aan de binnenruit, koud zakt aan de buitenruit): stroming voert dan warmte over. Een smalle spleet houdt de lucht (bijna) stil.

b Waarom zet een vogel zijn veren op als het vriest?

Tussen opgezette veren zit een dikkere laag stilstaande lucht: de vogel isoleert zich beter.

c Een iglo is gemaakt van sneeuw. Hoe kan het binnen een iglo boven nul zijn, als het buiten −20 °C is?

Verse sneeuw is vooral lucht die tussen de ijskristallen opgesloten zit: een goede isolator. Binnen geven de mensen (en een kaarsje) warmte af, die maar traag door de wand weglekt.

d Waarom is de kanaalplaat van de meetkas een betere keuze dan een massieve plaat polycarbonaat van 4 mm?

De kanalen bevatten een laag stilstaande lucht die isoleert: een kanaalplaat laat veel minder warmte door dan een massieve plaat van dezelfde dikte, en is bovendien lichter.

16.11 Het warmteverlies van de meetkas

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

De platen van de meetkas laten ongeveer 50 kJ per uur door voor elke graad dat de kas warmer is dan buiten. Op een koude nacht in maart is het buiten 2 °C.

a Hoeveel warmte verliest de kas per uur als ze 6 °C is? En als ze 10 °C is?

Bij 6 °C: verschil 4 °C, $50 \times 4 = 200\,\text{kJ}$ per uur. Bij 10 °C: verschil 8 °C, $400\,\text{kJ}$ per uur.

b Hoeveel warmte verliest ze in een nacht van 10 uur als ze gemiddeld 4 °C warmer is dan buiten?

$50 \times 4 \times 10 = 2000\,\text{kJ} = 2{,}0\,\text{MJ}$.

c Hoeveel liter water moet 5 °C afkoelen om die warmte te leveren?

$V = Q/(4{,}2 \times \Delta t) = 2000/(4{,}2 \times 5) \approx 95\,\text{L}$: ruim drie keer het reservoir.

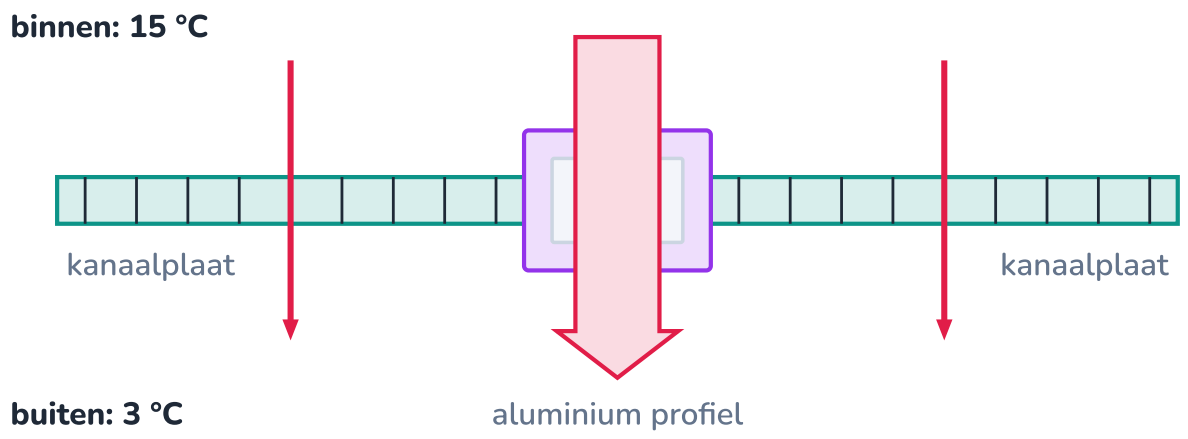
d Een klasgenoot stelt voor de kas te verwarmen met een lampje. Waarom is het slimmer om eerst te isoleren?

Wat je niet verliest, hoef je niet bij te maken. Isoleren halveert het verlies zonder energie; een lampje kost elke nacht opnieuw energie, die de meetkas uit haar zonnepaneel moet halen (hoofdstuk 17).

16.12 De koudebrug in het frame

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

De figuur toont een doorsnede van een wand van de meetkas: twee kanaalplaten op een aluminium kokerprofiel.



De breedte van de rode pijl toont hoeveel warmte erdoor gaat (schematisch).

a Waarom is de pijl door het aluminium zoveel breder dan de pijlen door de platen?

✓ Aluminium geleidt ongeveer 1000 keer beter dan polycarbonaat: per cm² gaat er veel meer warmte door het profiel dan door de plaat.

b Op welke plaats zie je 's morgens het eerst condens aan de binnenkant? Waarom? (hoofdstuk 6)

✓ Op het aluminium profiel: het is aan de binnenkant het koudst, omdat de warmte er snel naar buiten weglekt. Warme, vochtige lucht die ertegen afkoelt onder het dauwpunt, condenseert daar eerst.

c Stel twee maatregelen voor om de koudebrug te beperken, en zeg bij elke maatregel welke weg van de warmte je afremt.

✓ Bijvoorbeeld: een strip rubber of kunststof tussen profiel en plaat, of een thermische onderbreking in het profiel (geleiding); het profiel aan de binnenkant afdekken met een isolerende strook, zodat er geen warme lucht tegen stroomt (geleiding en stroming); het frame smaller maken of van hout (geleiding).

●●● Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

16.13 Habitat: een nachtplan voor de meetkas

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

In maart wil je in de meetkas sla laten groeien. Sla verdraagt koude nachten, maar niet lang onder 3 °C. Op een heldere nacht wordt het buiten 0 °C. Rekenwaarden: de platen verliezen 50 kJ per uur per graad verschil; een nachtscherm halveert dat; het reservoir (24 L) en extra water koelen 's nachts elk 5 °C af; water: 4,2 kJ per liter per graad; nacht van 12 uur.

a Hoeveel warmer dan buiten moet de kas gemiddeld blijven? Hoeveel warmte per uur is dan nodig zonder en met nachtscherm?

✓ Minstens 3 °C warmer dan buiten. Zonder scherm: $50 \times 3 = 150\,\text{kJ}$ per uur; met scherm: $75\,\text{kJ}$ per uur.

b Hoeveel liter water heb je nodig als warmtebuffer, zonder en met nachtscherm?

✓ Per nacht zonder scherm: $150 \times 12 = 1800\,\text{kJ}$; water: $1800/(4{,}2 \times 5) \approx 86\,\text{L}$. Met scherm: $900\,\text{kJ}$, dus ongeveer 43 L: het reservoir (24 L) plus ongeveer 20 L extra.

c Maak een nachtplan met minstens vier maatregelen. Zeg bij elke maatregel welke weg van de warmte hij afremt, of hoe hij warmte levert.

✓ Bijvoorbeeld: (1) dakraam en kieren dicht bij zonsondergang (stroming); (2) nachtscherm van noppenfolie tegen de binnenkant (geleiding en stroming: extra luchtlaag); (3) water als warmtebuffer (opslag van de dagwarmte); (4) een isolerende plaat onder het tafelblad en een strip op de profielen (geleiding, koudebrug); (5) een blinkende laag aan de noordkant (straling terugkaatsen).

d Waar zet je het extra water, en in welke houders, zodat het overdag zoveel mogelijk warmte opneemt?

- Donkere (zwarte) jerrycans of flessen, op de grond of tegen de noordwand, waar ze de planten geen licht ontnemen maar wel zon krijgen; veel kleine houders warmen sneller op dan één grote.

e Wat zijn de nadelen van je plan? Wat moet er 's morgens gebeuren?

- Water weegt veel (20 kg) en neemt plaats in; een scherm neemt licht weg en moet 's morgens weg; meer condens achter het scherm. 's Morgens: scherm weg, bij zon het dakraam openen zodat de kas niet oververhit.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Berekening	Nodige warmte per uur en volume water correct, met eenheden (150 kJ/h, 75 kJ/h; 86 L, 43 L).
Maatregelen	Minstens vier, elk gekoppeld aan geleiding, stroming, straling of opslag.
Warmtebuffer	Donkere houders in de zon, op de grond, met veel oppervlak; realistische plaats in de kas.
Kritisch	Nadelen (plaats, gewicht, licht, condens) en een ochtendroutine (scherm weg, dakraam open bij zon).

16.14 Onderzoek: een minikas zoals Wood

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 50 min

Onderzoek met glazen potten onder een lamp of in de zon of een 'kas' vooral warm wordt door de opgesloten lucht of door het tegenhouden van infrarood. Huishoudfolie (polyetheen) laat, net als het steenzout van Wood, veel infrarood door; glas houdt het grotendeels tegen.

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

- Bijvoorbeeld: 'Wordt een pot onder een lamp vooral warm doordat de lucht niet weg kan, of doordat het deksel infrarood tegenhoudt?' Hypothese: vooral door de opgesloten lucht.

b Ontwerp de proef met drie potten: welke pot krijgt welk deksel? Wat vergelijk je met wat?

- Pot 1: open (controle). Pot 2: deksel van huishoudfolie (lucht opgesloten, infrarood kan eruit). Pot 3: deksel van glas (lucht opgesloten, infrarood tegengehouden). Pot 2 met 1 vergelijken toont het effect van het opsluiten; pot 3 met 2 het effect van het infrarood.

c Welke variabelen hou je gelijk? Noem er minstens vier.

- Soort en grootte van de pot, een zwart papier op de bodem, afstand tot de lamp, begintemperatuur, plaats van de thermometer (afgeschermd tegen rechtstreeks licht), meettijden.

d Meet en noteer.

- Typisch: open pot een paar graden warmer dan de kamer; folie en glas allebei veel warmer, met hooguit een klein verschil tussen de twee.

e Formuleer een besluit. Wat zegt je proef over de kas, en waarom zegt ze niets over de atmosfeer?

- Opsluiten van de lucht is het grootste effect, het tegenhouden van infrarood is kleiner (zoals bij Wood). Over de atmosfeer zegt het niets: die heeft geen deksel en de lucht stroomt vrij; daar werkt het broeikaseffect via opname en terugstraling van infrarood door broeikasgassen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Toetsbaar, met een voorspelling over de drie potten.
Ontwerp	Open pot (controle), pot met folie (lucht opgesloten, infrarood erdoor), pot met glas (lucht opgesloten, infrarood tegengehouden).
Eerlijk	Zelfde potten, donkere bodem, zelfde plaats en afstand tot de lamp, thermometer op dezelfde hoogte in de schaduw.
Besluit	Folie en glas bijna gelijk en veel warmer dan open: opsluiten van de lucht is het grootste effect; atmosfeer heeft geen deksel.

16.15 Een poolstation zonder verwarming

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 25 min

Het Belgische poolstation Princess Elisabeth Antarctica heeft geen klassieke verwarming: dikke, goed isolerende wanden houden de warmte van de zon, de bewoners en de toestellen binnen. Stel dat een station per uur 180 kJ warmte verliest voor elke graad dat het binnen warmer is dan buiten. Een mens in rust geeft ongeveer 100 J warmte per seconde af.

a Hoeveel warmte geeft één bewoner af per uur? En tien bewoners?

✓ Per uur: $100\,\text{J} \times 3600 = 360\,000\,\text{J} = 360\,\text{kJ}$. Tien bewoners: $3600\,\text{kJ}$ per uur.

b Hoeveel graden warmer dan buiten kunnen tien bewoners het station houden?

✓ In evenwicht is het verlies even groot als wat de bewoners geven: $180 \times \Delta t = 3600$, dus $\Delta t = 20$ °C.

c Het is buiten −15 °C. Is dat genoeg? Wat komt er in het echt nog bij?

✓ Dan is het binnen ongeveer 5 °C: te koud. In het echt komen er de warmte van alle toestellen (computers, keuken, laboratorium, verlichting) en het zonlicht door de ramen bij, en is de isolatie van Princess Elisabeth nog veel beter dan in dit voorbeeld.

d Wat gebeurt er met het warmteverlies per graad als je de isolatie twee keer zo goed maakt? En met de binnentemperatuur?

✓ Het verlies per graad halveert (90 kJ per uur per graad). Dezelfde warmte houdt het station dan 40 °C warmer dan buiten: bij −15 °C wordt het binnen 25 °C. Goed isoleren maakt verwarmen overbodig.

16.16 Maak: de ijsblokjeskluis

●●● Uitdagen · 4 · Maken · 90 min

Wedstrijd: bouw een doos (hooguit 15 cm × 15 cm × 15 cm) die een ijsblokje zo lang mogelijk bewaart. Iedereen krijgt een even groot ijsblokje (gewogen), op hetzelfde moment. Na 3 uur weeg je wat er nog over is. Gebruik alleen gratis of gerecycleerd materiaal.

a Schets je ontwerp in doorsnede. Duid aan hoe je elke weg van de warmte afremt.

✓ Bijvoorbeeld: een kartonnen doos, binnenin een dikke laag verfrommelde krant of piepschuimkorrels (stilstaande lucht), het ijsblokje in een blinkend zakje of aluminiumfolie (straling), een goed sluitend deksel met plakband (stroming), het ijsblokje niet tegen de wand (geleiding).

b Waarom mag de doos de warmte niet 'tegenhouden', maar alleen afremmen? Wat gebeurt er na genoeg tijd altijd?

✓ Warmte stroomt altijd van warm naar koud; isolatie remt dat alleen af. Na genoeg tijd is alles even warm als de kamer en is het ijs gesmolten.

c Resultaat: hoeveel gram ijs blijft er over? Hoeveel procent is dat?

✓ Bijvoorbeeld: van 25,0 g blijft 15,0 g over: $15{,}0/25{,}0 \times 100\,\% = 60\,\%$.

d Vergelijk met de winnaar. Wat zou je verbeteren?

Meestal wint de doos met de dikste laag opgesloten lucht en de minste kieren. Verbeteren: dikker isoleren, kieren dichten, een kleinere binnenruimte (minder lucht rond het ijs die kan stromen).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ontwerp	Doorsnede met materialen; per weg van warmte een maatregel (opgesloten lucht, blinkende laag, goed sluitend deksel).
Eerlijke wedstrijd	Zelfde ijsblokje, zelfde plaats en tijd, wegen voor en na.
Resultaat	Massa en percentage correct berekend.
Reflectie	Verschil met de beste doos verklaard met de drie wegen; concreet verbetervoorstel.

F FUNDAMENTAL · DEEL F4 · ENERGIE

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 17

Energie uit zon, wind en water

Waar onze energie vandaan komt, waarom dat moet veranderen, en hoe je de meetkas op zonne-energie laat draaien

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 434 min

E Energie · L Elektriciteit en elektronica · D Ontwerpen en maken



Princess Elisabeth Antarctica: een poolstation dat draait op zon en wind.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

17.1 Fossiel, nucleair of hernieuwbaar?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Deel de energiebronnen in.

Vul in: fossiel, nucleair of hernieuwbaar.

(a) fossiel, ja; (b) hernieuwbaar, nee; (c) nucleair, nee (bijna niet); (d) fossiel, ja; (e) hernieuwbaar, nee; (f) hernieuwbaar, nee; (g) fossiel, ja; (h) hernieuwbaar, ja bij het verbranden, maar de nieuwe bomen nemen evenveel CO_2 weer op.

17.2 Watt en wattuur

●○○ Oefenen · 1 · Rekenen · 12 min

Gebruik energie = vermogen × tijd, $1\,\mathrm{Wh} = 3600\,\mathrm{J}$ en $1\,\mathrm{kWh} = 1000\,\mathrm{Wh}$.

a Een ledlamp van 8 W brandt 5 uur. Hoeveel Wh is dat?

✓ $8 \times 5 = 40\,\text{Wh}$.

b Hoeveel joule is 40 Wh?

✓ $40 \times 3600 = 144\,000\,\text{J} = 144\,\text{kJ}$.

c Een waterkoker van 2000 W werkt 3 minuten. Hoeveel Wh is dat?

✓ 3 minuten $= 0{,}05\,\text{h}$: $2000 \times 0{,}05 = 100\,\text{Wh}$.

d Hoe lang kan een lampje van 5 W branden op een batterij van 60 Wh?

✓ $60/5 = 12$ uur.

e Een laptop verbruikt 45 Wh in 1,5 uur. Wat is zijn vermogen?

✓ $45/1{,}5 = 30\,\text{W}$.

17.3 Zonnepaneel of zonneboiler?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Een zonnepaneel en een zonneboiler vangen allebei zonlicht op, maar ze leveren iets anders.

a Wat levert elk? Welk van de twee zet het grootste deel van het zonlicht om?

✓ Een zonnepaneel levert elektrische energie (ongeveer 20 % van het licht), een zonneboiler warm water (ongeveer de helft of meer). De zonneboiler zet dus een groter deel om, maar in warmte.

b Kies telkens en leg kort uit: (a) warm water om te douchen; (b) een laptop opladen; (c) het pompje van de meetkas; (d) de afwas in het poolstation.

✓ (a) zonneboiler; (b) zonnepaneel (elektriciteit nodig); (c) zonnepaneel; (d) zonneboiler (warm water), zoals het poolstation ook doet.

c Waarom is de plaat in een zonnecollector zwart en ligt er glas boven?

✓ Zwart neemt de meeste straling op (hoofdstuk 16); het glas laat het licht door en houdt de warme lucht en een deel van het infrarood vast, zoals in een kas.

17.4 Energieketens van centrales

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Vul de energieketens aan. Denk ook aan de warmte die vrijkomt.

a Windturbine: _____ energie van de wind → bewegingsenergie van de rotor → _____ energie.

✓ bewegings-; elektrische.

b Stuwdam: _____ energie van het water → _____ energie van het water → elektrische energie.

✓ zwaarte-; bewegings-.

c Gascentrale: _____ energie in aardgas → warmte (stoom) → _____ energie van de turbine → elektrische energie.

✓ chemische; bewegings-.

d Zonnepaneel: _____ → elektrische energie.

✓ stralingsenergie (licht).

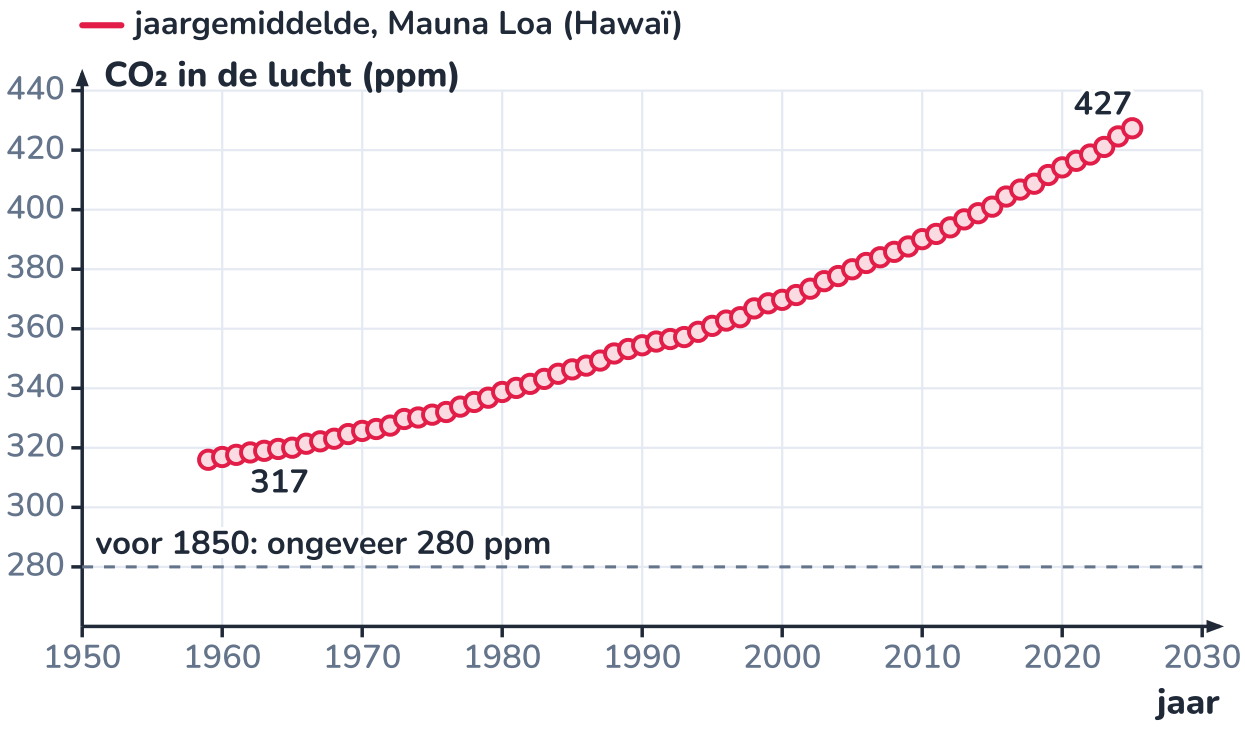
e In welke van deze vier gaat het grootste deel van de energie verloren als warmte? Gebruik de rendementen uit hoofdstuk 15.

✓ Bij het zonnepaneel (ongeveer 80 % wordt warmte) en de gascentrale (ongeveer 40 à 45 %); de waterkrachtcentrale verliest het minst (rendement ongeveer 90 %).

17.5 De CO_2-grafiek lezen

Oefenen · 2 · Analyseren · 15 min

Gebruik de grafiek van de CO_2-metingen op Mauna Loa.



Jaargemiddelden van CO_2 in de lucht (NOAA).

a Hoeveel CO_2 zat er in de lucht in 1960, 1990 en 2025?

✓ Ongeveer 317 ppm (1960), 354 ppm (1990) en 427 ppm (2025).

b Hoeveel ppm kwam er gemiddeld per jaar bij tussen 1960 en 1990? En tussen 1990 en 2025?

✓ 1960-1990: $(354 - 317)/30 \approx 1{,}2$ ppm per jaar. 1990-2025: $(427 - 354)/35 \approx 2{,}1$ ppm per jaar.

c Gaat de stijging sneller of trager? Hoe zie je dat aan de grafiek?

✓ Sneller: de lijn wordt steeds steiler (hoofdstuk 14: steiler is sneller).

d Hoeveel procent meer CO_2 zit er in 2025 in de lucht dan voor 1850 (280 ppm)?

✓ $(427 - 280)/280 \times 100\,\% \approx 52{,}5\,\%$: meer dan de helft meer.

17.6 Dagopbrengst van een zonnepaneel

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Gebruik de tabel met de opbrengst per wattpiek per dag uit het handboek (Brussel, 60°, op het zuiden).

a Een paneel van 20 Wp. Hoeveel Wh levert het op een gemiddelde dag in maart, juni en december?

✓ Maart: $20 \times 2{,}99 \approx 60\,\text{Wh}$; juni: $20 \times 3{,}54 \approx 71\,\text{Wh}$; december: $20 \times 1{,}25 = 25\,\text{Wh}$.

b Controleer de junicijfers met de volle zonuren (4,6 h) en de factor 0,8.

✓ $20 \times 4{,}6 \times 0{,}8 = 73{,}6\,\text{Wh}$: dicht bij 71 Wh.

c Hoe groot moet een paneel zijn om in december gemiddeld 30 Wh per dag te leveren?

✓ $30 / 1{,}25 = 24\,\text{Wp}$.

d Waarom levert hetzelfde paneel in april meer dan in juli, terwijl de zon in juli langer schijnt?

✓ Het paneel staat steil (60°): in de zomer staat de zon hoog en valt het licht schuiner op het paneel (proef met de hoek). Bovendien wordt een paneel in de zomer warmer, en een warm paneel levert minder.

17.7 Labo: zonnepaneel, hoek en schaduw

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Voer de proef uit het handboek zelf uit. Je docent stelt de multimeter in; jij leest de stroom af. Werk met een lamp of in de zon.

a Meet de stroom bij verschillende hoeken.

✓ Typisch: 100 % bij 0°, ongeveer 87 % bij 30°, 71 % bij 45°, 50 % bij 60°, bijna 0 bij 90°.

b Zet je metingen in een grafiek, met de hoek horizontaal.

✓ Een dalende kromme die eerst vlak is en daarna steeds steiler naar nul gaat.

c Bij welke hoek meet je de helft van de stroom bij 0°? Vergelijk met het handboek.

✓ Rond 60°, zoals in het handboek (de cosinus van 60° is 0,5).

d Meet met één cel afgedekt, en met een smalle strook over alle cellen. Verklaar het verschil.

✓ Eén cel afgedekt: de stroom valt bijna weg, omdat alle cellen in serie staan en de stroom door elke cel moet. Een smalle strook over alle cellen: elke cel verliest een beetje licht, de stroom daalt maar een beetje.

e Welke twee adviezen geef je voor de plaats van het paneel van de meetkas?

✓ Het paneel zo loodrecht mogelijk op de middagzon (steil, bv. 60°, voor de winter), en op een plaats zonder schaduw van bomen, gebouwen of de kas zelf.

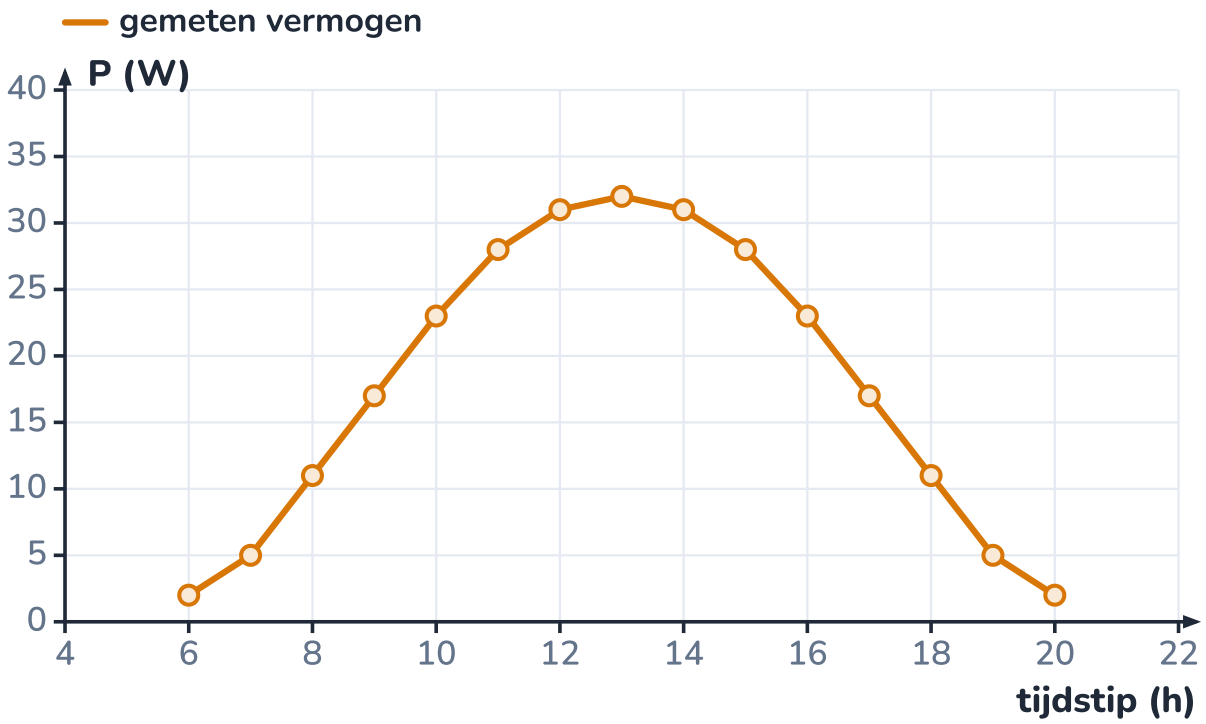
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Metingen	Minstens zes hoeken, met de gradenboog ingesteld, percentages berekend.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, passende schaal, vloeiende kromme.
Schaduw	Verschil verklaard met cellen in serie: de zwakste cel bepaalt de stroom.
Advies	Loodrecht op de zon (steil in de winter), en geen schaduw, ook niet gedeeltelijk.

17.8 Een vermogensgrafiek lezen

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Het paneel van 50 Wp van de meetkas werd op een heldere junidag elk uur gemeten.



Het vermogen van een paneel van 50 Wp op een heldere dag in juni.

a Wat is het grootste vermogen, en wanneer? Waarom haalt het paneel geen 50 W?

✓ 32 W, om 13 uur (zomertijd: dan staat de zon het hoogst). Het paneel wordt warm in de zon, het licht valt niet helemaal loodrecht (60°), en er zijn verliezen in de kabels.

b Schat de energie van die dag. Tip: tel per uur het vermogen op (elk uur is een strookje van 1 h breed).

✓ $2 + 5 + 11 + 17 + 23 + 28 + 31 + 32 + 31 + 28 + 23 + 17 + 11 + 5 + 2 = 266\,\text{Wh}$, ongeveer 270 Wh.

c Hoeveel volle zonuren komt dat ongeveer overeen met (reken met 50 Wp en de factor 0,8)?

✓ $266 / (50 \times 0{,}8) \approx 6{,}7$ volle zonuren: vrijwel wat PVGIS geeft voor een heldere junidag in Brussel (ongeveer 6,6).

d Vergelijk met een gemiddelde junidag (177 Wh). Waarom is het verschil zo groot?

✓ Een gemiddelde junidag telt ook de bewolkte en regenachtige dagen mee; een heldere dag levert ongeveer anderhalve keer zoveel (266 tegenover 177 Wh).

17.9 CO_2 van je elektriciteit en je auto

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Gebruik de CO_2-waarden per kWh uit het handboek (steenkool 820 g, aardgas 490 g, zon 41 g, wind 11 g) en 2,3 kg CO_2 per liter benzine.

a Een gezin verbruikt 3500 kWh per jaar. Hoeveel CO_2 is dat met stroom uit zonnepanelen?

✓ $3500 \times 41\,\text{g} = 143\,500\,\text{g} \approx 144\,\text{kg}$.

b Een auto rijdt 12 000 km per jaar en verbruikt 5,5 L benzine per 100 km. Hoeveel CO_2?

✓ $12\,000/100 \times 5{,}5 = 660\,\text{L}$; $660 \times 2{,}3 = 1518\,\text{kg} \approx 1{,}5$ ton.

c Een elektrische auto verbruikt 17 kWh per 100 km. Hoeveel CO_2 over 12 000 km, met stroom uit aardgas? En met stroom uit wind?

✓ Verbruik: $12\,000/100 \times 17 = 2040\,\text{kWh}$. Aardgas: $2040 \times 0{,}49 \approx 1000\,\text{kg}$. Wind: $2040 \times 0{,}011 \approx 22\,\text{kg}$.

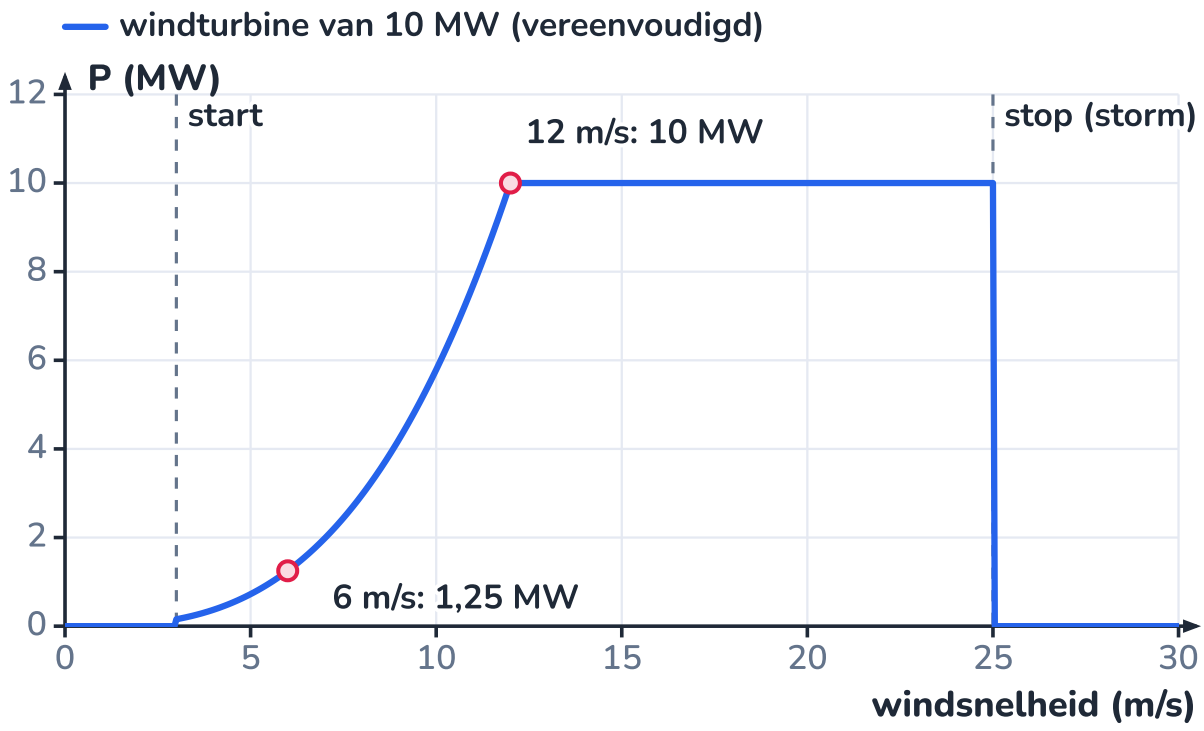
d Wat besluit je? Hangt het antwoord af van waar de stroom vandaan komt?

✓ Ja: een elektrische auto op stroom uit aardgas stoot nog ongeveer twee derde van de benzineauto uit, op windstroom bijna niets (de productie van de auto zelf niet meegerekend).

17.10 Wind: twee keer zo hard

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Gebruik de vereenvoudigde vermogenscurve van de windturbine van 10 MW uit het handboek.



Vermogenscurve (vereenvoudigd).

a Lees af: het vermogen bij 4 m/s, 8 m/s, 12 m/s, 20 m/s en 27 m/s.

✓ Ongeveer 0,4 MW; 3,0 MW; 10 MW; 10 MW; 0 MW.

b Hoeveel keer meer vermogen bij 8 m/s dan bij 4 m/s? Klopt de regel 'twee keer zoveel wind, acht keer zoveel vermogen'?

✓ $3{,}0/0{,}37 \approx 8$. Ja, zolang de turbine onder haar maximum blijft.

c Waarom stijgt het vermogen boven 12 m/s niet meer, en waarom is het 0 boven 25 m/s?

✓ Boven 12 m/s regelt de turbine haar wieken zo dat ze niet meer vermogen maakt dan de generator aankan. Boven 25 m/s wordt ze stilgezet om schade door de storm te voorkomen.

d Een turbine op een heuvel heeft gemiddeld 10 % meer wind dan in het dal. Levert ze dan 10 % meer? Leg uit.

✓ Nee, meer: vermogen groeit met de windsnelheid tot de derde macht: $1{,}1 \times 1{,}1 \times 1{,}1 = 1{,}33$, dus ongeveer 33 % meer (onder het maximum). Daarom zoekt men winderige plaatsen.

17.11 Opslaan: batterij, water of warmte?

Toepassen · 3 · Rekenen · 20 min

Gebruik $E = F_z \cdot h$, $4{,}2\,\text{kJ}$ per liter per °C en $1\,\text{Wh} = 3600\,\text{J}$.

a Het reservoir van de meetkas (30 L) staat 1,0 m hoger dan de pomp. Hoeveel zwaarte-energie zit erin, in J en in Wh?

✓ $F_z = 30 \times 9{,}81 = 294{,}3\,\text{N}$; $E = 294{,}3 \times 1{,}0 = 294\,\text{J} = 294/3600 \approx 0{,}08\,\text{Wh}$.

b Hetzelfde water warmt overdag 8 °C op. Hoeveel warmte is dat, in kJ en in Wh?

✓ $Q = 4{,}2 \times 30 \times 8 = 1008\,\text{kJ} = 1\,008\,000/3600 = 280\,\text{Wh}$.

c Vergelijk met de batterij van 250 Wh die de meetkas krijgt. Welke opslag is voor welk doel geschikt?

✓ De zwaarte-energie is verwaarloosbaar (0,08 Wh): water optillen is geen nuttige opslag voor de meetkas. De warmte (280 Wh) is groter dan de hele batterij, maar het is warmte: nuttig om de kas 's nachts warm te houden, niet om de pomp te laten draaien. De batterij (250 Wh elektrisch) is nodig voor de toestellen.

17.12 Debat: kernenergie in België?

Toepassen · 3 · Argumenteren · 30 min

In 2025 kwam ongeveer een derde van de Belgische elektriciteitsproductie uit kerncentrales. Over hoe lang ze nog moeten draaien, en of er nieuwe moeten komen, wordt al jaren gediscussieerd. Bereid in een groep een debat voor. Een groep verdedigt 'meer kernenergie', een andere 'geen kernenergie meer'.

a Verzamel minstens drie argumenten voor en drie tegen. Zet bij elk argument een feit of getal uit dit hoofdstuk of uit een betrouwbare bron.

✓ Voor: bijna geen CO2 per kWh (12 g); levert dag en nacht, ongeacht het weer; weinig ruimte nodig; minder afhankelijk van ingevoerd aardgas. Tegen: radioactief afval dat duizenden jaren veilig bewaard moet worden; nieuwe centrales zijn duur en duren lang om te bouwen; risico van een ongeval; uranium moet ingevoerd worden en raakt ook op.

b Welke argumenten gaan over CO2 en klimaat, welke over veiligheid en afval, welke over kosten en bevoorrading?

✓ Klimaat: CO2 per kWh, vervanging door gascentrales. Veiligheid en afval: ongevallen, bewaring van afval. Kosten en bevoorrading: bouwkosten, invoer van aardgas of uranium, stabiliteit van het net.

c Wat is jouw standpunt na het debat? Wat zou je van mening kunnen doen veranderen?

✓ Een persoonlijk standpunt, onderbouwd; bijvoorbeeld nieuwe gegevens over kosten, opslag van zonne- en windenergie of een veilige eindberging.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Minstens drie per kant, correct en onderbouwd met feiten of getallen.
Bronnen	Betrouwbare bronnen genoemd; meningen en feiten gescheiden.
Luisteren	Reageert op de argumenten van de andere groep, niet alleen op de eigen.
Standpunt	Helder, onderbouwd, met oog voor de andere kant.

17.13 Habitat: de energievoorziening van de meetkas kiezen

Uitdagen · 4 · Habitat · 50 min

Je kiest hoe de meetkas van energie voorzien wordt. Drie opties: (A) de 12 V-adapter aan het stopcontact, via een lange kabel; (B) een zonnepaneel met batterij; (C) een zonnepaneel met batterij én de adapter als reserve. Rekenwaarden: verbruik 44 Wh per dag (april tot september) en 63 Wh per dag (oktober tot maart); opbrengst per Wp per dag uit het handboek.

a Maak een keuzetabel (hoofdstuk 10) met minstens vijf criteria, bijvoorbeeld: werkt het het hele jaar, kosten, CO2, veiligheid (hoofdstuk 5), onafhankelijkheid, onderhoud. Geef elke optie een score.

- Bijvoorbeeld: werkt het hele jaar (A +, B –, C +), kosten (A +, B –, C –), CO2 (A –, B +, C + in bijna het hele jaar), veiligheid (alle drie 12 V in de kas; bij A een lange kabel naar buiten), onafhankelijkheid van het net (A –, B +, C +/–), onderhoud (A +, B en C: batterij controleren). Met gewichten scoort C meestal het best.

b Bereken voor optie B en C: het piekvermogen van het paneel, en de grootte van de batterij voor drie dagen zonder zon.

- Paneel: $63/1{,}25 \approx 50\,\mathrm{Wp}$ (ontwerpen voor december). Batterij: $3 \times 63 = 189\,\mathrm{Wh}$ bruikbaar, dus een batterij van ongeveer 250 Wh.

c Teken een bovenaanzicht van de meetkas met de plaats van het paneel, de batterij en de kabels. Duid het zuiden aan.

- Paneel op een paal naast de kas, aan de zuid- of zuidwestkant maar zo ver dat het geen schaduw op de kas werpt; batterij in een droge kist buiten de kas, onder het paneel; korte kabel naar de 12 V-verdeling in de kas; de adapter (optie C) achter een differentieel van 30 mA (hoofdstuk 5).

d Welke optie kies je? Onderbouw met je keuzetabel en je berekening.

- Bijvoorbeeld optie C: het hele jaar betrouwbaar, en van maart tot oktober volledig op zonne-energie.

e Hoe kan je het verbruik verkleinen, zodat een kleiner paneel volstaat? Noem twee maatregelen.

- De microcontroller tussen twee metingen laten slapen (hij verbruikt 43 van de 63 Wh); de ledstrip met een tijdschakelaar of lichtsensor alleen laten branden als het echt donker is; een zuinigere omvormer.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Keuzetabel	Minstens vijf criteria met gewichten; scores eerlijk en uitgelegd.
Berekening	Ontworpen voor december: ongeveer 50 Wp; batterij ongeveer 190 Wh bruikbaar, dus ±250 Wh.
Plaats	Op het zuiden, geen schaduw op de planten en op het paneel, batterij droog en buiten de kas, korte kabels.
Besluit en besparing	Keuze volgt uit tabel en berekening; realistische besparingen (slaapstand, ledstrip met timer of lichtsensor).

17.14 Maak: een zonnecollector uit een tuinslang

Uitdagen · 4 · Maken · 90 min

Bouw een eenvoudige zonnecollector: een zwarte tuinslang van 10 m, opgerold in een ondiepe doos, eventueel met een zwarte bodem en een doorzichtige plaat erboven. Vul de slang met water, leg ze in de zon en meet de temperatuur van het water na een uur. Een slang van 10 m met een binnendiameter van 13 mm bevat ongeveer 1,3 L water.

a Schets je collector en duid aan hoe hij de drie wegen van warmteverlies afremt (hoofdstuk 16).

- Zwarte slang (absorbeert straling), doos met piepschuim of karton eronder (geleiding), doorzichtige plaat erboven (houdt de warme lucht vast: stroming, en een deel van het infrarood).

b Meet de temperatuur van het water voor en na een uur in de zon. Hoeveel warmte heeft het water opgenomen?

✓ Bijvoorbeeld van 18 °C naar 58 °C: $Q = 4{,}2 \times 1{,}3 \times 40 = 218\,\text{kJ}$.

c De oppervlakte van je collector is ongeveer 0,25 m². In volle zon valt er ongeveer 1000 J per seconde op 1 m². Hoeveel zonne-energie viel er in een uur op je collector? Wat is het rendement?

✓ $1000\,\text{J/s} \times 0{,}25 \times 3600\,\text{s} = 900\,000\,\text{J} = 900\,\text{kJ}$. Rendement: $218/900 \approx 24\,\%$. (Hoe warmer het water wordt, hoe meer warmte het zelf weer verliest: in het eerste kwartier is het rendement hoger.)

d Wat zou je veranderen om het rendement te verhogen? Test één verandering.

✓ Bijvoorbeeld: een doorzichtige plaat erboven, isolatie onder en rond de slang, de slang dichter opgerold, de collector loodrecht op de zon zetten, minder water (sneller warm) of het water laten stromen (lagere temperatuur, minder verlies).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Bouw	Zwarte slang dicht opgerold, doos geïsoleerd, doorzichtige afdekking.
Meting	Temperatuur voor en na, zelfde meetplaats; warmte berekend met 4,2 kJ per liter per graad.
Rendement	Instraling correct geschat (orde 900 kJ in een uur), rendement berekend en realistisch.
Verbetering	Eén verandering getest, met vergelijking voor en na.

17.15 Onderzoek: een windmolentje

●●● Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 50 min

Een klein windmolentje drijft een motortje aan dat als generator werkt. Je docent sluit een multimeter aan die de spanning meet: hoe sneller het molentje draait, hoe groter de spanning. Een ventilator maakt de wind. Onderzoek hoe de opbrengst afhangt van de windsnelheid (verander de afstand tot de ventilator, of de stand van de ventilator), of van het aantal wieken.

a Kies wat je onderzoekt. Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

✓ Bijvoorbeeld: 'Hoe hangt de spanning van het windmolentje af van de afstand tot de ventilator?' Hypothese: hoe verder, hoe minder wind, hoe lagere spanning.

b Welke variabelen hou je gelijk? Hoe meet je de windsnelheid (of hoe hou je ze gelijk)?

✓ Zelfde molentje, zelfde meter, ventilator op dezelfde stand, zelfde hoogte en richting, geen tocht in het lokaal. De windsnelheid kan je meten met een windmeter (anemometer) of een app, of je noteert alleen de afstand.

c Noteer je metingen.

✓ Typisch: de spanning daalt duidelijk met de afstand (bv. van 2,1 V op 30 cm tot 0,4 V op 150 cm).

d Teken een grafiek en formuleer een besluit. Wat betekent je besluit voor een echte windturbine?

✓ Een dalende kromme: weinig minder wind geeft veel minder opbrengst. Voor een echte turbine: zet ze waar het het hardst en het regelmatigst waait (op zee, op een heuvel, hoog aan een mast).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Eén variabele, toetsbaar.
Eerlijk	Zelfde molentje en meter, zelfde hoogte en richting, ventilator lang genoeg aan voor een stabiele meting, herhaald.
Grafiek	Correcte assen en schaal; trend beschreven.
Besluit	Volgt uit de metingen, met beperkingen (turbulentie van de ventilator, meter).

17.16 Genoeg energie voor Princess Elisabeth?

Uitdagen · 4 · Rekenen · 25 min

Het poolstation Princess Elisabeth heeft negen windturbines van 6 kW en zonnepanelen die op een goede zomerdag ongeveer 420 kWh leveren. Stel dat de windturbines gemiddeld een derde van hun maximum leveren. In de zomer verblijven er tot 50 mensen.

a Hoeveel energie leveren de windturbines samen per dag, gemiddeld?

Maximum: $9 \times 6 = 54\,\text{kW}$. Gemiddeld een derde: $18\,\text{kW}$. Per dag: $18 \times 24 = 432\,\text{kWh}$.

b Hoeveel leveren zon en wind samen per dag? Hoeveel is dat per bewoner?

$420 + 432 \approx 850\,\text{kWh}$ per dag; per bewoner $850/50 = 17\,\text{kWh}$.

c Een Belgisch gezin verbruikt ongeveer 3500 kWh per jaar. Hoeveel is dat per dag? Vergelijk.

$3500/365 \approx 9{,}6\,\text{kWh}$ per dag per gezin. Het station gebruikt per persoon meer dan een heel gezin: er zijn laboratoria, waterzuivering, een keuken, voertuigen en communicatie, en alles moet in een extreem klimaat werken.

d Waarom heeft het station toch batterijen en een slim net nodig? Geef twee redenen.

De wind waait niet altijd even hard, en bij een storm moeten de turbines stilgezet worden; wolken en de zon die laag staat 's nachts geven minder zonne-energie. Het slimme net verdeelt de energie volgens voorrang, zodat het verbruik nooit groter wordt dan wat er beschikbaar is.

e Waarom werkt zonne-energie in de Antarctische zomer zo goed, en waarom is het station in de winter dicht?

In het midden van de Antarctische zomer gaat de zon er wekenlang niet onder: de panelen leveren dag en nacht. In de winter is het er wekenlang donker (poolnacht) en extreem koud: geen zonne-energie, en werken is er dan veel te gevaarlijk.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 18

De elektrische kring

Bron, verbruiker, draad en schakelaar: van zaklamp tot trappenhuis

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 315 min

L Elektriciteit en elektronica



Een lampje, een batterij, twee draden en een schakelaar: de kleinste kring die iets doet.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen Oefenen

één stap, direct toepassen

18.1 Symbolen herkennen

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Welk onderdeel stelt elk symbool voor?



Acht IEC-symbolen, genummerd van 1 tot 8.

a Schrijf de naam van elk onderdeel.

1 lamp, 2 schakelaar (open), 3 zekering, 4 cel, 5 motor, 6 drukknop (maakcontact), 7 led, 8 zoemer.

b Bij symbool 4: welke kant is de pluspool? Hoe zie je dat?

Links: de lange, dunne streep is de pluspool (daar staat ook het plusteken); de korte, dikke streep is de minpool.

18.2 Geleider of isolator?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Deel in. Denk aan de proef uit het handboek.

a Vul in: geleider, zwakke geleider of isolator.

koper: geleider; pvc: isolator; potloodmine (grafiet): geleider; zout water: (zwakke) geleider; droge lucht: isolator; aluminiumfolie: geleider; porselein: isolator; kraanwater: zwakke geleider.

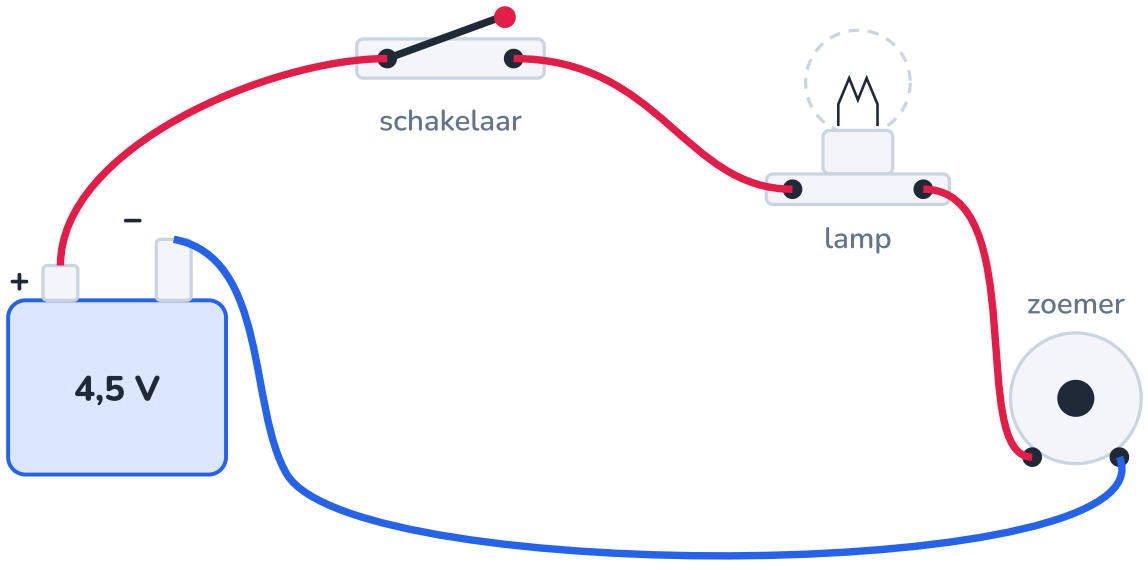
b Waarom is een snoer gemaakt uit twee verschillende soorten materiaal?

De koperen kern moet de stroom geleiden; de kunststof mantel isoleert, zodat je het snoer kan vastnemen en de draden elkaar niet raken (geen kortsluiting).

18.3 Van opstelling naar schema

Oefenen · 2 · Tekenen · 12 min

Een leerling bouwt een alarm met licht en geluid: een batterij, een schakelaar, een lamp en een zoemer.



De opstelling, zoals ze op tafel ligt.

a Teken het schakelschema met de juiste symbolen.

Eén lus: cel (of batterij), schakelaar, lamp en zoemer achter elkaar, met rechte draden. De volgorde van schakelaar, lamp en zoemer mag verschillen, zolang alles in één lus zit.

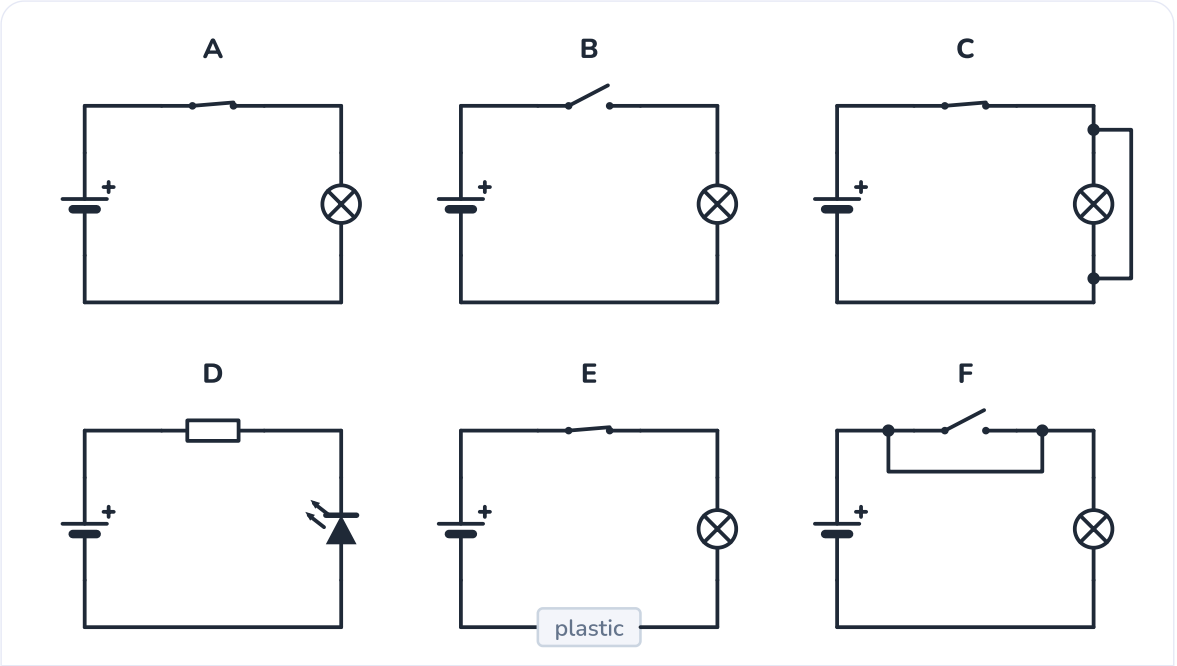
b Wat gebeurt er met de lamp als de zoemer stukgaat (de kring door de zoemer is onderbroken)? Leg uit.

De lamp gaat ook uit: alles zit in één kring, en die is nu open. Er loopt nergens meer stroom.

18.4 Brandt het lampje?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Zes kringen, telkens met één cel. Let op de standen van de schakelaars en op de knooppunten.



Zes kringen A tot F.

Vul de tabel in.

A: ja, gesloten kring door de lamp. B: nee, de schakelaar is open. C: nee, kortsluiting: de draad naast de lamp is een weg zonder verbruiker; de cel wordt warm. D: nee, de led staat omgekeerd: ze laat alleen stroom door in de richting van het driehoekje. E: nee, plastic is een isolator: de kring is open. F: ja, de draad onder de schakelaar overbrugt de open schakelaar: de lamp brandt, maar de schakelaar werkt niet meer.

18.5 Welke schakelaar?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Schakelaar, drukknop met maakcontact, drukknop met verbreekcontact of wisselschakelaar?

Vul in.

(a) drukknop, maakcontact; (b) schakelaar; (c) drukknop, verbreekcontact (de dichte deur duwt de knop in en opent de kring); (d) twee wisselschakelaars; (e) drukknop, maakcontact; (f) drukknop, verbreekcontact.

Toepassen

Toepassen · meerdere stappen, in een context

18.6 Labo: de testkring

Toepassen · 3 · Labo · 40 min

Bouw de testkring uit het handboek en onderzoek minstens tien voorwerpen of stoffen uit je omgeving: ook dingen die je niet zeker weet, zoals een sleutel met een plastic kop, een blikje (met en zonder verf), een stuk krijt of een blad van een plant.

a Teken het schema van je testkring.

Cel of platte batterij, lampje en twee klemmen in één lus, met de ruimte voor het testvoorwerp tussen de klemmen.

b Noteer je resultaten.

✓ Bijvoorbeeld: sleutel (metaal) geleidt, de plastic kop niet; krijt geleidt niet; een vers blad geleidt heel zwak (led gloeit soms zwak).

c Een blikje met verf: waar moet je de klemmen zetten om te zien of het metaal geleidt? Wat leer je daaruit over verf?

✓ Op de verf geleidt het niet; op een geschraapt stukje of aan de open rand, waar het blanke metaal bloot ligt, wel. Verf en lak zijn isolatoren: daarom moet je een contact altijd blank maken.

d Welk besluit trek je? Welke stoffen geleiden, welke niet?

✓ Metalen en grafiet zijn geleiders; kunststof, glas, droog hout, krijt en verf zijn isolatoren; vochtige stoffen geleiden een beetje.

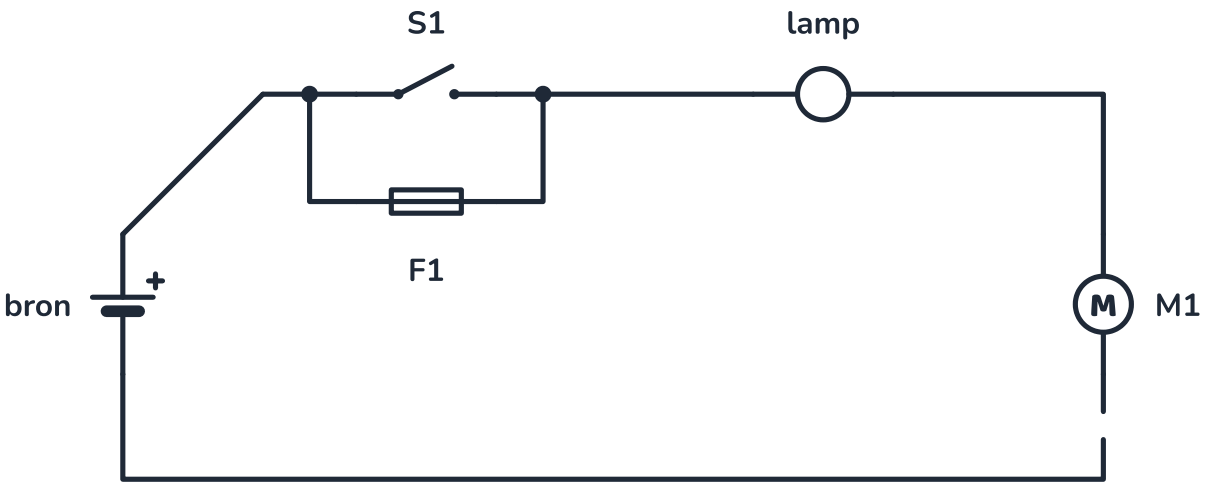
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schema	Bron, lampje (of led) en twee klemmen in één lus; correcte symbolen.
Werkwijze	Kring eerst getest door de klemmen tegen elkaar te houden; lampje én led gebruikt bij twijfel.
Resultaten	Minstens tien voorwerpen, met het materiaal erbij.
Besluit	Metalen en grafiet geleiden; kunststof, glas, hout niet; verf en lak isoleren.

18.7 Foutenjacht in een schema

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een leerling tekende het schema van een lamp en een motor die samen met één schakelaar aan en uit gaan. Er zitten vier fouten in.



Het schema van de leerling.

a Zoek de vier fouten. Welke zijn tekenfouten, welke zorgen ervoor dat de kring niet werkt zoals bedoeld?

✓ (1) De draad van de bron naar de schakelaar loopt schuin: tekenfout, gebruik rechte lijnen. (2) De lamp is een cirkel zonder kruis: fout symbool (een cirkel zonder kruis kan ook een meter zijn). (3) De draad onder de motor is onderbroken: de kring is open, er loopt nergens stroom. (4) De zekering F1 staat parallel over de schakelaar, in plaats van in serie: de stroom kan om de schakelaar heen, dus S1 kan niets uitzetten, en de zekering beschermt niet de hele kring.

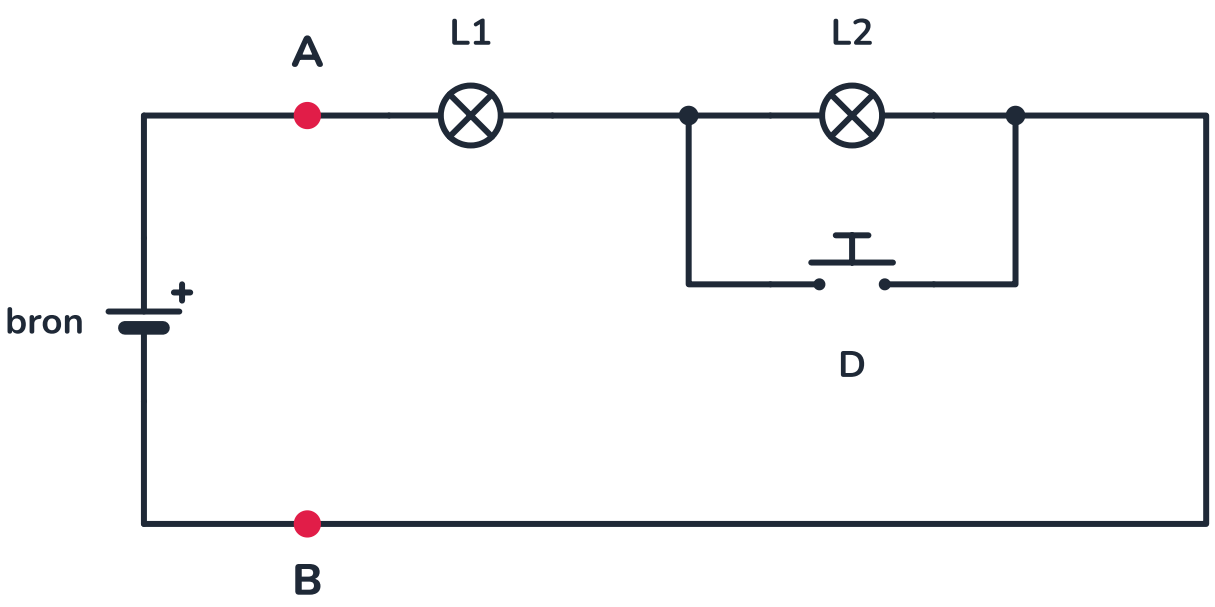
b Teken het schema correct.

✓ Eén lus met rechte draden: bron, F1, S1, lamp (cirkel met kruis) en M1 achter elkaar, de zekering vlak na de pluspool, zonder onderbrekingen.

18.8 Kortsluiting!

Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

Twee lampen L1 en L2 staan in serie. Over L2 hangt een drukknop D. A en B zijn twee punten op de draden bij de bron.



Twee lampen in serie, met een drukknop over L2.

a D is niet ingedrukt. Welke lampen branden?

✓ Beide: de stroom gaat door L1 en L2 (ze branden allebei, eerder zwak, want ze delen de 'duw' van de bron; hoofdstuk 20).

b Je drukt op D. Wat gebeurt er met L1 en met L2? Leg uit.

✓ L2 gaat uit: de stroom neemt de weg door de drukknop, buiten L2 om (L2 is kortgesloten). L1 blijft branden, en zelfs feller: er zit nu nog maar één lamp in de kring.

c Iemand legt een draad van A naar B. Wat gebeurt er? Waarom is dat gevaarlijk?

✓ De bron wordt kortgesloten: er is een weg van + naar − zonder één verbruiker. Beide lampen gaan uit, en er loopt een heel grote stroom door de draad en de bron: die worden heet, en de bron kan beschadigd raken of (bij een lithiumbatterij) vuur vatten.

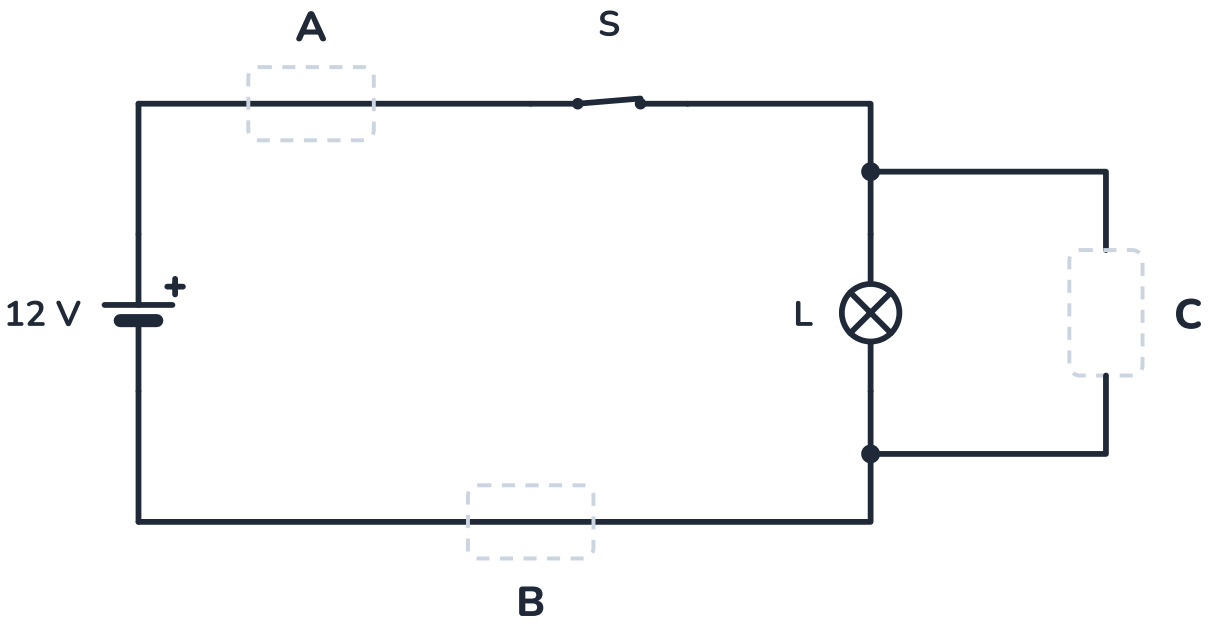
d Waar zou jij een zekering in deze kring zetten?

✓ Vlak na de pluspool, in serie, vóór punt A: dan onderbreekt ze ook een kortsluiting tussen A en B.

18.9 Zekering: waar en waarom?

Toepassen · 3 · Begrijpen · 12 min

Voor de zekering van deze kring op 12 V zijn er drie voorstellen: plaats A, B of C.



Drie mogelijke plaatsen voor de zekering (gestreepte kaders).

a Welke plaats is de beste? Leg uit.

A: in serie, vlak na de pluspool. Alles wat erna komt (schakelaar, draden, lamp) is beveiligd.

b Wat gebeurt er als je de zekering op plaats C zet? Werkt de lamp dan?

Op C staat de zekering parallel over de lamp: ze is een weg zonder verbruiker, dus een kortsluiting over de lamp. De lamp brandt niet, er loopt meteen een grote stroom door de zekering, en die brandt door. Daarna brandt de lamp wel, maar zonder beveiliging.

c Op B werkt de zekering ook, maar minder goed. Geef een voorbeeld van een kortsluiting die ze op B niet zou opmerken.

Bijvoorbeeld: een beschadigd snoer waarbij de draad van de pluspool (tussen de bron en de schakelaar) de minleiding raakt links van B, tussen B en de minpool. De kortsluitstroom loopt dan niet door B, en B merkt niets.

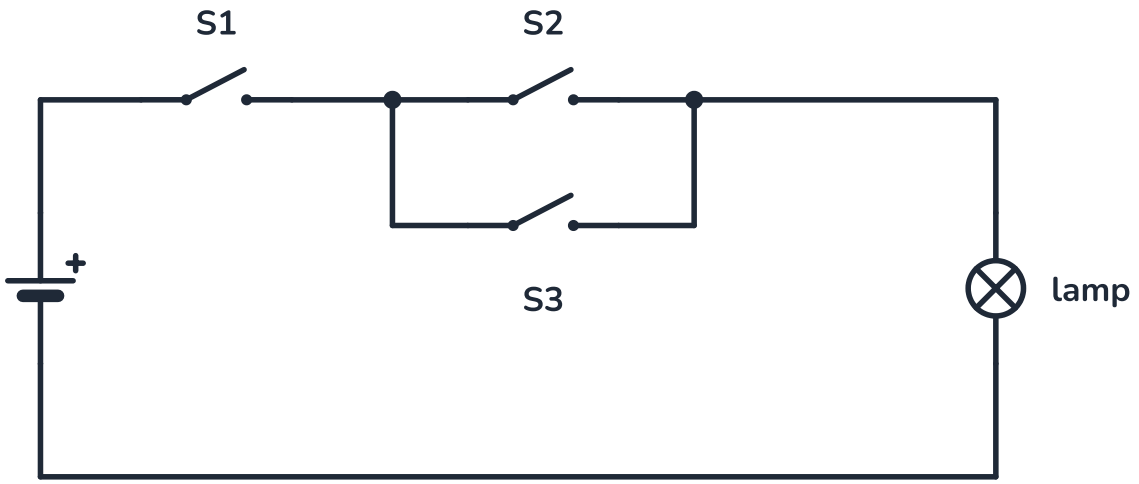
d De zekering is doorgebrand. Een klasgenoot wil er een stukje koperdraad in plaats van steken. Wat antwoord je?

Nooit doen: koperdraad smelt pas bij een veel grotere stroom, en dan zijn de draden al heet. Zoek eerst waarom de zekering doorbrandde, en vervang ze door een zekering met dezelfde waarde.

18.10 EN, OF of allebei?

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

In deze kring staat S1 in serie met twee schakelaars S2 en S3 die parallel staan.



Drie schakelaars en een lamp.

a Vul de tabel in voor alle acht combinaties (0 = open, 1 = dicht).

De lamp is alleen aan in de laatste drie rijen: 1-0-1, 1-1-0 en 1-1-1. In alle rijen met S1 = 0 is ze uit, en ook bij 1-0-0.

b Schrijf de regel in één zin met EN en OF.

De lamp brandt als S1 dicht is EN (S2 OF S3) dicht is.

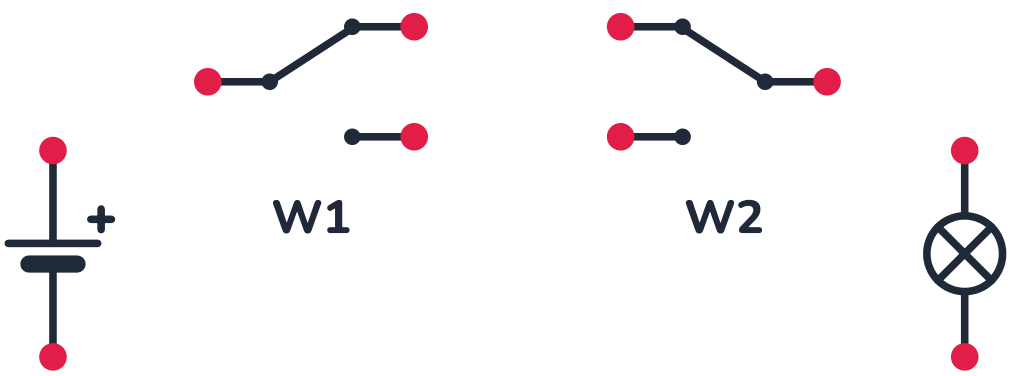
c Bedenk een toepassing: wat kunnen S1, S2 en S3 in het echt zijn?

Bijvoorbeeld een pomp: S1 is een hoofdschakelaar, S2 een knop 'nu water geven' en S3 een contact van een timer. Of een alarm: S1 is 'alarm ingeschakeld', S2 en S3 zijn contacten aan een deur en een raam.

18.11 De trappenhuisschakeling afwerken

Toepassen · 3 · Tekenen · 20 min

De onderdelen van een trappenhuisschakeling liggen klaar. De rode puntjes zijn de aansluitingen.



Bron, W1, W2 en lamp, zonder draden.

a Teken de draden, zodat je de lamp met W1 en met W2 kan bedienen.

Bron (+) naar het gemeenschappelijke contact van W1 (links); bovenste uitgang W1 naar bovenste uitgang W2 (schakeldraad 1); onderste uitgang W1 naar onderste uitgang W2 (schakeldraad 2); gemeenschappelijk contact van W2 naar de lamp; lamp terug naar de bron (–). Zie de figuur 'De trappenhuisschakeling' in het handboek.

b Controleer je schema voor de vier standen.

boven-boven: aan; boven-onder: uit; onder-boven: uit; onder-onder: aan.

c Een elektricien verbindt per ongeluk de bron met een uitgang van W1 in plaats van met het gemeenschappelijke contact. Wat merk je?

Dan hangt de bron vast aan één schakeldraad, en W1 werkt niet meer als keuzeschakelaar. De lamp brandt alleen als W2 die ene draad kiest; met W1 kan je de lamp in de ene stand niet meer aan- of uitzetten. De schakeling doet het dus maar half.

Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

18.12 Habitat: het schema van de meetkas uitbreiden

Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

Naast de ledstrip komt het waterpompje (12 V) op dezelfde voeding. Eisen: (1) één 12 V-voeding buiten de kas, met één hoofdzekering vlak na de pluspool; (2) de ledstrip heeft een eigen schakelaar; (3) het pompje draait alleen als de pompschakelaar dicht is **én** een vlotterschakelaar in het reservoir meldt dat er genoeg water is (een pomp die droog draait, gaat stuk); (4) een groene led met voorschakelweerstand brandt zolang de voeding aan staat; (5) ledstrip en pompje werken los van elkaar.

a Teken het schakelschema. Geef elk onderdeel een naam (F1, S1, S2, ...).

Voeding + → F1 → knooppunt. Vanuit dat knooppunt drie takken naar de minleiding: (1) S1 → ledstrip; (2) S2 (pompschakelaar) → vlotterschakelaar S3 → pompje (motorsymbool M1); (3) weerstand → groene led. Alle takken komen samen in de minleiding, terug naar de minpool van de voeding.

b Hoe zorg je ervoor dat ledstrip en pompje los van elkaar werken? Waar in het schema zie je dat?

Elke verbruiker krijgt een eigen tak tussen de plus- en de minleiding, met zijn eigen schakelaar. Zo onderbreekt S1 alleen de ledstrip. In hoofdstuk 20 leer je dat dit een parallelschakeling is.

c Welke schakelaars vormen een EN? Wat gebeurt er als het reservoir leeg raakt terwijl de pomp draait?

> S2 en de vlotterschakelaar staan in serie: het pompje draait alleen als beide dicht zijn (EN). Raakt het reservoir leeg, dan opent de vlotterschakelaar en stopt het pompje, ook al staat S2 nog dicht.

d Noteer in je portfolio: waarom staat de hoofdzekering vóór de eerste splitsing?

> Zo gaat alle stroom van de hele kas door de hoofdzekering: een kortsluiting in eender welke tak wordt opgemerkt.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Symbolen en tekenregels	IEC-symbolen, rechte draden, knooppunten bij elke splitsing, namen bij de onderdelen.
Veiligheid	Voeding buiten de kas; hoofdzekering vlak na de pluspool, vóór de eerste splitsing.
Logica	Pompschakelaar en vlotterschakelaar in serie met het pompje (EN); ledstrip en pompje elk in een eigen tak.
Statuslampje	Led met voorschakelweerstand in een eigen tak na de hoofdzekering, zonder schakelaar.

18.13 Ontwerp: een alarm voor een doos

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 40 min

Je wil weten of iemand een doos opent. Een zoemer moet klinken zolang het deksel open is. Je hebt een batterij, een zoemer, een schakelaar en een drukknop (maak- of verbreekcontact, naar keuze). Het alarm moet ook uitgezet kunnen worden, zodat jij de doos kan openen zonder lawaai.

a Welke drukknop kies je, en hoe plaats je hem zodat het deksel hem indrukt? Leg uit.

> Een verbreekcontact: het gesloten deksel drukt de knop in, de kring is open. Gaat het deksel open, dan komt de knop vrij en sluit hij de kring.

b Teken het schakelschema.

> Eén lus: batterij, schakelaar (aan/uit van het alarm), drukknop met verbreekcontact en zoemer in serie.

c Maak een tabel van alle standen (schakelaar open/dicht, deksel open/dicht) en wat de zoemer doet.

> Schakelaar open: nooit geluid. Schakelaar dicht en deksel dicht: stil. Schakelaar dicht en deksel open: de zoemer klinkt.

d Bouw het alarm en test het. Wat zou je verbeteren?

> Bijvoorbeeld: een lampje in serie of parallel erbij, de schakelaar verstoppen of vervangen door een sleutelschakelaar, een zoemer die zuinig is.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Keuze drukknop	Verbreekcontact dat door het gesloten deksel ingedrukt wordt, met uitleg.
Schema	Batterij, schakelaar, drukknop en zoemer in één lus (EN), correcte symbolen.
Tabel	Vier standen, alleen 'schakelaar dicht én deksel open' geeft geluid.
Test en verbetering	Werkend alarm; realistische verbetering (bv. lampje erbij, knop verstoppen, batterij sparen).

18.14 Onderzoek: welk water geleidt het best?

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 45 min

In de proef geleidde zout water beter dan kraanwater. Hangt de geleiding af van hoeveel zout er in het water zit? Gebruik de testkring met de led, of vraag je docent een multimeter in te stellen die de stroom meet (hoofdstuk 19).

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

Bv. 'Hoe hangt de stroom door zout water af van de hoeveelheid opgelost zout?' Hypothese: hoe meer zout, hoe groter de stroom.

b Welke variabele verander je, wat meet je, en wat hou je gelijk? Noem er minstens drie die je gelijk houdt.

Veranderen: de hoeveelheid zout per liter. Meten: de helderheid van de led of de stroom. Gelijk houden: dezelfde klemmen, dezelfde afstand tussen de klemmen, even diep in het water, dezelfde batterij, dezelfde hoeveelheid water, dezelfde temperatuur.

c Maak oplossingen van 0, 5, 10, 20 en 40 g zout per liter (hoofdstuk 8) en meet.

Typisch: bij 0 g/L (gedestilleerd) niets; met meer zout steeds meer stroom, eerst snel stijgend, bij veel zout minder snel.

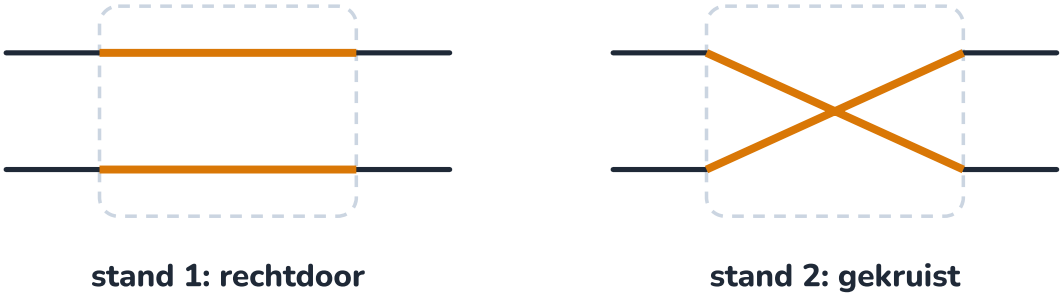
d Formuleer een besluit. Test daarna suikerwater met 40 g suiker per liter. Wat valt op?

Hoe meer zout, hoe beter het water geleidt: de opgeloste zouten dragen de lading. Suikerwater geleidt niet beter dan zuiver water: suiker lost wel op, maar vormt geen geladen deeltjes. Daarom meet men in de hydroponie de hoeveelheid voedingszout met de geleiding (hoofdstuk I13).

18.15 Een lamp van drie plaatsen

Uitdagen · 4 · Tekenen · 25 min

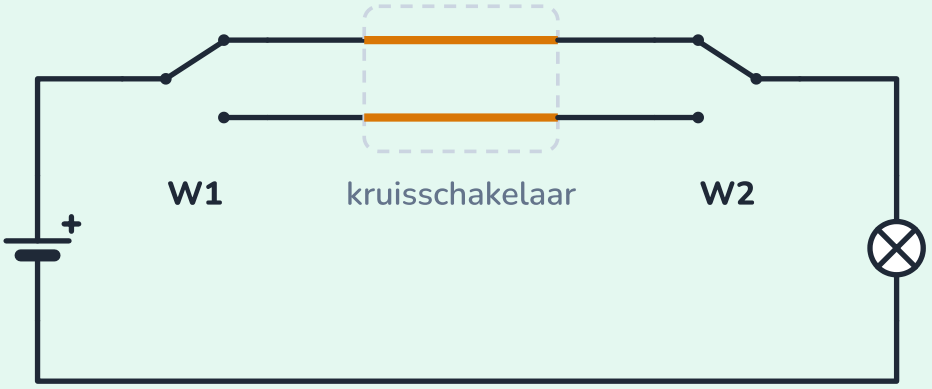
Een lange gang heeft drie deuren. Aan elke deur wil je dezelfde lamp kunnen aan- en uitzetten. Je hebt twee wisselschakelaars en één kruisschakelaar. Een kruisschakelaar heeft vier aansluitingen: in stand 1 verbindt hij de draden rechtdoor, in stand 2 kruist hij ze.



De twee standen van een kruisschakelaar.

a Teken het schema: waar komt de kruisschakelaar?

De kruisschakelaar komt tussen de twee wisselschakelaars, in de twee schakeldraden: W1 → twee draden → kruisschakelaar → twee draden → W2 → lamp.



b Hoeveel standen heeft de schakeling in totaal? Ga er vier na, en leg uit waarom elke schakelaar de lamp omzet.

Er zijn $2 \times 2 \times 2 = 8$ standen. Denk aan de twee schakeldraden: W1 zet de stroom op één ervan, de kruisschakelaar laat die draad rechtdoor lopen of wisselt ze om, en W2 kiest één van de twee. De lamp brandt als W2 de draad kiest waarop de stroom aankomt. Voorbeeld: W1 boven, kruis recht, W2 boven: aan. Kruis gekruist: de stroom komt op de onderste draad aan, W2 kiest de bovenste: uit. Daarna W2 onder: aan. Daarna W1 onder: uit. Welke schakelaar je ook omzet, de stroom komt op de andere draad aan of W2 kiest de andere draad: de lamp verandert telkens.

c Hoeveel kruisschakelaars heb je nodig voor een lamp die je van vijf plaatsen wil bedienen?

Drie: twee wisselschakelaars en daartussen drie kruisschakelaars (aantal plaatsen min twee).

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 19

Spanning, stroom en weerstand

Wat een multimeter meet, en waarom één eenvoudige regel zoveel verklaart

Uitgewerkte oplossingen bij de 14 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 5× toepassen · 4× uitdagen · ± 255 min

L Elektriciteit en elektronica · W Wiskundig modelleren · O Onderzoeken en meten



Meten is weten: de spanning over de ledstrip van de meetkas.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

19.1 Omzetten

●○○ Oefenen · 1 · Rekenen · 8 min

Stromen en weerstanden schrijf je in de eenheid die het handigst leest. Zet om.

a $0{,}35\ \text{A} =$ _____ mA

✓ $0{,}35 \times 1000 = 350\ \text{mA}$

b $20\ \text{mA} =$ _____ A

✓ $20/1000 = 0{,}020\ \text{A}$

c $4{,}7\ \text{k}\Omega =$ _____ Ω

✓ $4{,}7 \times 1000 = 4700\ \Omega$

d $220\,000\,\Omega = \_\_\_\_\_\ \text{k}\Omega$

✓ $220\,000/1000 = 220\,\text{k}\Omega$

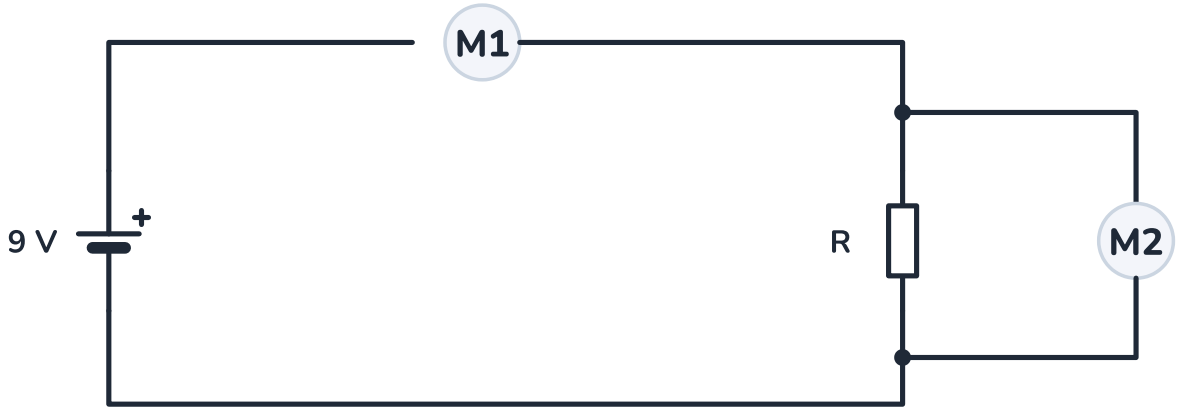
e $1{,}2\,\text{M}\Omega = \_\_\_\_\_\ \text{k}\Omega$

✓ $1{,}2 \times 1000 = 1200\,\text{k}\Omega$

19.2 Welke meter staat waar?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

In deze kring staan twee meters, M1 en M2. Hun letters zijn weggelaten.



Een batterij van 9 V, een weerstand en twee meters.

a Welke meter is een ampèremeter?

- A M1
- B M2
- C allebei
- D geen van beide

✓ M1 is de ampèremeter.

b Leg uit hoe je dat aan het schema ziet.

✓ M1 staat in serie: de kring moet door de meter heen, er is geen andere weg voor de stroom. M2 hangt er parallel aan, met twee knooppunten.

c Wat meet M2?

✓ M2 meet de spanning over de weerstand R. Omdat er verder niets in de kring zit, is dat (bijna) de 9 V van de batterij.

19.3 Ohm in een tabel

●○○ Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Vul de ontbrekende waarden in. Schrijf je berekening eronder, met eenheden.

Bereken de ontbrekende waarden.

(a)

$I = 9/450 = 0{,}02\ \text{A} = 20\ \text{mA}$

(b)

$U = 48 \times 0{,}25 = 12\ \text{V}$

(c)

$R = 5/0{,}020 = 250\ \Omega$

(d)

$R = 230/10 = 23\ \Omega$

19.4 Het scherm aflezen

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Een leerling meet met een multimeter. Wat betekent het scherm telkens?

a De knop staat op **mA⎓ (bereik 200 mA)**, het scherm toont `47.3`. Hoe groot is de stroom in ampère?

$47{,}3\ \text{mA} = 0{,}0473\ \text{A}$.

b De knop staat op **V⎓ (bereik 2 V)**, het scherm toont `OL`. Wat is er aan de hand en wat doe je?

OL (overload): de spanning is groter dan 2 V. Kies een groter bereik (bv. 20 V).

c De knop staat op **Ω (bereik 2 kΩ)**, het scherm toont `0.220`. Welke weerstand meet je, in ohm?

Het bereik is in kΩ: $0{,}220\ \text{k}\Omega = 220\ \Omega$.

d De knop staat op **V⎓**, het scherm toont `-8.97`. Wat betekent het minteken?

De snoeren zitten omgekeerd: het rode snoer zit aan de minpool. De spanning is 8,97 V.

19.5 Kleurcode

Oefenen · 2 · Rekenen · 8 min

Gebruik de tabel met de kleurcode uit het handboek.

a rood - rood - bruin - goud

2, 2, × 10 = 220 Ω ± 5 %

b geel - violet - rood - goud

4, 7, × 100 = 4700 Ω = 4,7 kΩ ± 5 %

c bruin - zwart - oranje - zilver

1, 0, × 1000 = 10 000 Ω = 10 kΩ ± 10 %

d Welke ringen heeft een weerstand van 330 Ω met een tolerantie van 5 %?

oranje - oranje - bruin - goud

19.6 Labo: de weerstand van een onbekende weerstand

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Je krijgt een weerstand waarvan de kleurringen afgeplakt zijn. Bepaal zijn waarde met metingen, niet met de ohmmeter. Bouw de kring met een ampèremeter in serie en een voltmeter parallel.

a Teken het schakelschema van je opstelling.

- Batterij of voeding, weerstand, ampèremeter in serie in dezelfde lus; voltmeter met twee knooppunten over de weerstand.

b Meet bij minstens vijf verschillende spanningen tussen 0 en 9 V.

- De verhouding U / I moet bij elke meting ongeveer gelijk zijn (bv. rond 220 Ω voor een 220 Ω-weerstand).

c Zet je metingen in een grafiek met U horizontaal en I verticaal. Teken de best passende rechte.

- Rechte door de oorsprong; de punten liggen er binnen de meetfout op.

d Gedraagt dit onderdeel zich als een ohmse weerstand? Waaraan zie je dat?

- Ja, als de punten op een rechte door de oorsprong liggen: I is recht evenredig met U.

e Bepaal de weerstand. Vergelijk daarna met de ohmmeter en met de kleurcode (haal de tape eraf).

- Gemiddelde van U / I, of: kies een punt op de rechte ver van de oorsprong en deel U door I. Binnen 5 % van de kleurcode is een goed resultaat.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schema	Correcte symbolen; ampèremeter in serie, voltmeter parallel over de weerstand.
Metingen	Minstens vijf metingen, eenheden in de kop van de tabel, stroom omgezet naar A.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, passende schaal, punten nauwkeurig, rechte door de oorsprong.
Besluit	Waarde van R met eenheid; vergelijking met ohmmeter en kleurcode; verschil verklaard (meetfout, tolerantie).

19.7 Ledstrip en zekering

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

In de meetkas hangt een ledstrip op 12 V. Een leerling meet een stroom van 0,42 A. De ledstrip wordt beveiligd met een zekering. In de schuif liggen zekeringen van 0,25 A, 0,5 A, 1 A en 5 A.

a Bereken de weerstand van de ledstrip (in bedrijf).

- $R = U/I = 12/0{,}42 \approx 29\,\Omega$.

b Welke zekering kies je? Leg uit waarom de andere drie niet goed zijn.

- 0,5 A: net boven de normale stroom van 0,42 A. Met 0,25 A brandt de zekering meteen door. 1 A en 5 A laten bij een defect (bv. een kortsluiting in de strip) veel te veel stroom door voor ze reageren: de draden kunnen dan heet worden.

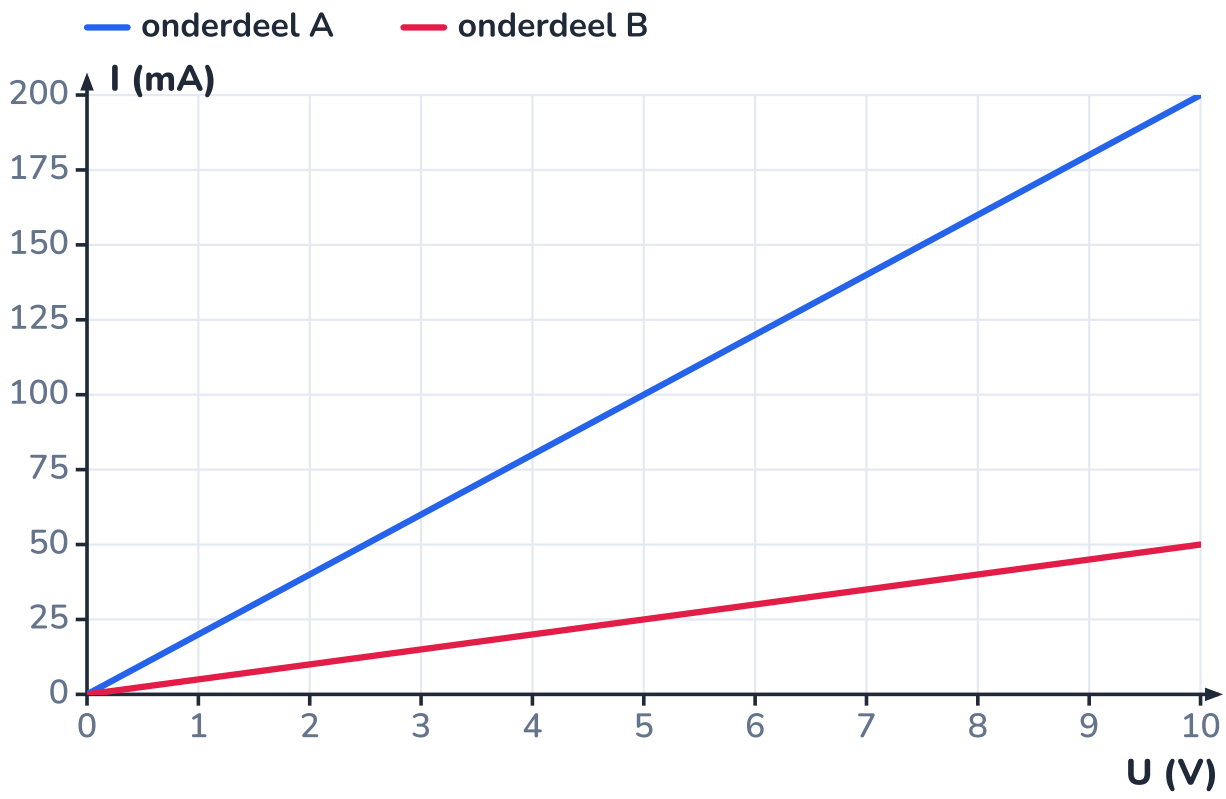
c Een tweede, identieke ledstrip wordt er parallel naast gezet. Welke stroom levert de bron nu? Welke zekering kies je dan?

- Elke strip krijgt 12 V en trekt dus 0,42 A: samen 0,84 A (parallel tellen de stromen op, zie hoofdstuk 20). Nu is 1 A de juiste zekering.

19.8 Twee onderdelen in één grafiek

Toepassen · 3 · Analyseren · 12 min

Een leerling meet de stroom door twee onbekende onderdelen bij verschillende spanningen.



Gemeten stroom door twee onderdelen A en B.

a Welk onderdeel heeft de grootste weerstand? Leg uit met de grafiek, zonder te rekenen.

✓ B: bij dezelfde spanning loopt er minder stroom door B (de lijn is minder steil).

b Bepaal de weerstand van A en van B. Kies een punt dat je nauwkeurig kan aflezen.

✓ A: bij 10 V is $I = 200\,\text{mA}$, dus $R_A = 10/0{,}200 = 50\,\Omega$. B: bij 10 V is $I = 50\,\text{mA}$, dus $R_B = 10/0{,}050 = 200\,\Omega$.

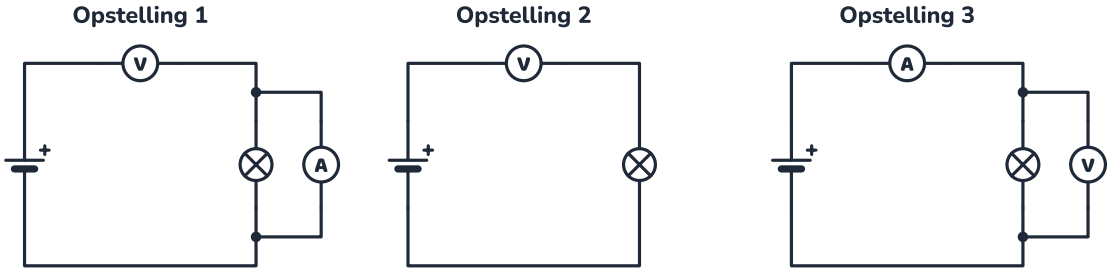
c Teken in dezelfde grafiek de lijn van een weerstand van 100 Ω.

✓ Een rechte door de oorsprong en door (10 V; 100 mA), precies tussen A en B.

19.9 Foutenjacht

Toepassen · 3 · Begrijpen · 12 min

Bekijk de drie opstellingen. In elk schema staat een meter; soms twee.



Drie leerlingen willen de stroom door de lamp en de spanning over de lamp meten.

a Wat gaat er mis in opstelling 1? Wat zie je gebeuren als je de kring sluit?

De ampèremeter staat parallel over de lamp. Hij heeft een heel kleine weerstand: bijna alle stroom loopt door de meter in plaats van door de lamp (de lamp is 'kortgesloten'). De lamp brandt niet of nauwelijks, er loopt een grote stroom en de zekering van de meter kan springen. Ook de voltmeter bovenaan staat verkeerd: in serie.

b Wat gaat er mis in opstelling 2? Brandt de lamp?

De voltmeter staat in serie. Door zijn enorme weerstand loopt er bijna geen stroom: de lamp brandt niet. De meter toont wel ongeveer de spanning van de bron.

c Opstelling 3 is correct. Wat meet elke meter?

De ampèremeter bovenaan meet de stroom door de lamp; de voltmeter rechts meet de spanning over de lamp.

19.10 Waar loopt het watermodel mank?

Toepassen · 2 · Begrijpen · 10 min

Het watermodel vergelijkt een stroomkring met een gesloten waterleiding met een pomp.

a Vul de vergelijking aan: bron ↔ _____; spanning ↔ _____; stroomsterkte ↔ _____; weerstand ↔ _____.

pomp; drukverschil; debiet (liter per seconde); vernauwing in de buis.

b Geef één situatie waarin het watermodel een fout antwoord zou voorspellen.

Bijvoorbeeld: een open kring. In het model spuit het water uit de gebroken buis; in een elektrische kring stopt de stroom gewoon, er 'lekken' geen elektronen uit het uiteinde van een draad. Of: in het model duurt het even voor het water rondgaat; een lamp gaat meteen aan omdat de draad al vol elektronen zit.

Uitdagen

Uitdagen — transfer, open problemen, leerlijnen combineren

19.11 Hoe lang moet de draad zijn?

Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Voor een verwarmingselement in de meetkas gebruik je nichroomdraad. Een stuk van 1,00 m heeft een weerstand van 4,0 Ω. Het element komt op een 12 V-voeding en mag hoogstens 1,2 A trekken.

a Welke weerstand moet het element minstens hebben?

$R = U/I = 12/1{,}2 = 10\,\Omega$.

b Hoe lang moet de draad dan minstens zijn? Leg uit welk verband je gebruikt.

Weerstand is recht evenredig met de lengte: $4{,}0\,\Omega$ per meter, dus $10/4{,}0 = 2{,}5\,\text{m}$.

c Een klasgenoot stelt voor een even lange draad te nemen die twee keer zo dik is (twee keer zoveel doorsnede). Wat gebeurt er met de stroom? Is dat een goed idee?

Twee keer de doorsnede halveert de weerstand: 5 Ω. De stroom verdubbelt tot 2,4 A: meer dan de voeding mag leveren. Geen goed idee, tenzij je de draad ook twee keer zo lang maakt.

19.12 Waarom 230 V gevaarlijk is en 12 V niet

Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

De weerstand van het menselijk lichaam hangt af van de huid én van de spanning. Bij lage spanning beschermt droge huid goed: van hand tot hand, als orde van grootte, 100 kΩ; natte huid ongeveer 1 kΩ. Bij 230 V slaat de huid door en valt die bescherming weg: dan is de weerstand van hand tot hand ook met droge handen maar ongeveer 1 à 2 kΩ (reken met 1,5 kΩ), en met natte handen ongeveer 1 kΩ. Een stroom vanaf ongeveer 30 mA door het lichaam kan het hart verstoren. In Belgische badkamers schakelt een differentieelschakelaar af bij een lekstroom van 30 mA.

a Bereken de stroom door het lichaam in de vier situaties.

12 V, droog: $12/100\,000\,\text{A} = 0{,}12\,\text{mA}$; 12 V, nat: $12/1000\,\text{A} = 12\,\text{mA}$; 230 V, droog: $230/1500\,\text{A} \approx 0{,}15\,\text{A} = 150\,\text{mA}$; 230 V, nat: $230/1000\,\text{A} = 230\,\text{mA}$.

b Welke situaties zijn gevaarlijk? Waarom maakt droge huid bij 230 V bijna geen verschil, en bij 12 V wel?

Beide situaties met 230 V zijn levensgevaarlijk: 150 tot 230 mA is vijf tot acht keer de 30 mA-grens. Bij 230 V slaat de huid door, dus droge handen beschermen dan nauwelijks. Bij 12 V is de spanning te klein om de huid door te slaan: droge huid houdt de stroom op een fractie van een milliampère.

c Waarom werken we in de meetkas met 12 V en niet met 230 V, ook al is er water in de buurt?

Zelfs met natte handen blijft de stroom bij 12 V rond 12 mA: je voelt het duidelijk, maar het blijft onder de gevaargrens voor het hart. Werken met lage spanning is de belangrijkste veiligheidsmaatregel in een vochtige ruimte; de 230 V-adapter staat buiten de kas, droog, achter een differentieel van 30 mA.

19.13 Habitat: het stroombudget van de meetkas

Uitdagen · 3 · Habitat · 30 min

In de meetkas komen drie verbruikers op één 12 V-voeding van 2 A: de ledstrip (weerstand in bedrijf 30 Ω), een waterpompje (gemeten: 0,65 A bij 12 V) en een 5 V-omvormer voor de microcontroller (trekt 0,15 A aan de 12 V-kant). Alle verbruikers staan parallel op de voeding.

a Bereken de stroom door de ledstrip en de weerstand van het pompje.

Ledstrip: $I = 12/30 = 0{,}40\,\text{A}$. Pompje: $R = 12/0{,}65 \approx 18\,\Omega$.

b Hoeveel stroom levert de voeding als alles tegelijk aanstaat? Is de voeding groot genoeg?

$0{,}40 + 0{,}65 + 0{,}15 = 1{,}20\,\text{A}$: de voeding van 2 A volstaat, met reserve (de aanloopstroom van het pompje kan kort hoger zijn).

c Teken waar je de ampèremeter plaatst om alleen de stroom van het pompje te meten.

In serie met het pompje, in zijn eigen tak (tussen het knooppunt en het pompje).

d Noteer in je portfolio: welke zekering komt er per verbruiker? Motiveer.

Bijvoorbeeld: ledstrip 0,5 A, pompje 1 A (net boven 0,65 A, met ruimte voor de aanloopstroom), omvormer 0,25 A.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Berekeningen	Wet van Ohm correct omgevormd; eenheden overal; stromen parallel opgeteld.
Meetplan	Ampèremeter in serie in de tak van het pompje, niet in de hoofdleiding.
Keuze zekeringen	Telkens net boven de normale stroom, met uitleg.

19.14 Onderzoek: een weerstand met een potlood

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 45 min

Grafiet (de 'mine' van een potlood) geleidt stroom. Met een zacht potlood (6B) teken je een dikke streep op papier. Hangt de weerstand van die streep af van haar lengte, zoals bij een metalen draad?

a Formuleer een onderzoeksvraag en een hypothese.

Bv.: 'Hoe hangt de weerstand van een potloodstreep af van haar lengte?' Hypothese: recht evenredig, zoals bij een draad.

b Welke variabele verander je, welke meet je, en welke hou je gelijk? Noem er minstens drie die je gelijk houdt.

Veranderen: de lengte (meetpennen op verschillende afstanden). Meten: de weerstand met de ohmmeter. Gelijk houden: hetzelfde potlood, dezelfde streepbreedte, even vaak overtrekken, dezelfde druk van de meetpennen, hetzelfde papier.

c Voer het onderzoek uit en noteer je metingen.

Typisch enkele tot tientallen kΩ; de waarden stijgen met de lengte.

d Zet je resultaten in een grafiek en formuleer een besluit.

Meestal een stijgende, ongeveer rechte lijn door (bijna) de oorsprong: de weerstand is ongeveer evenredig met de lengte. Afwijkingen komen door een ongelijkmatige streep en door het contact van de meetpennen.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 20

Serie- en parallelschakeling

Eén weg of meerdere wegen: wat er gebeurt met stroom en spanning

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 5× uitdagen · ± 333 min

L Elektriciteit en elektronica · W Wiskundig modelleren



Links valt de hele slinger uit door één lampje, rechts branden de andere gewoon verder.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

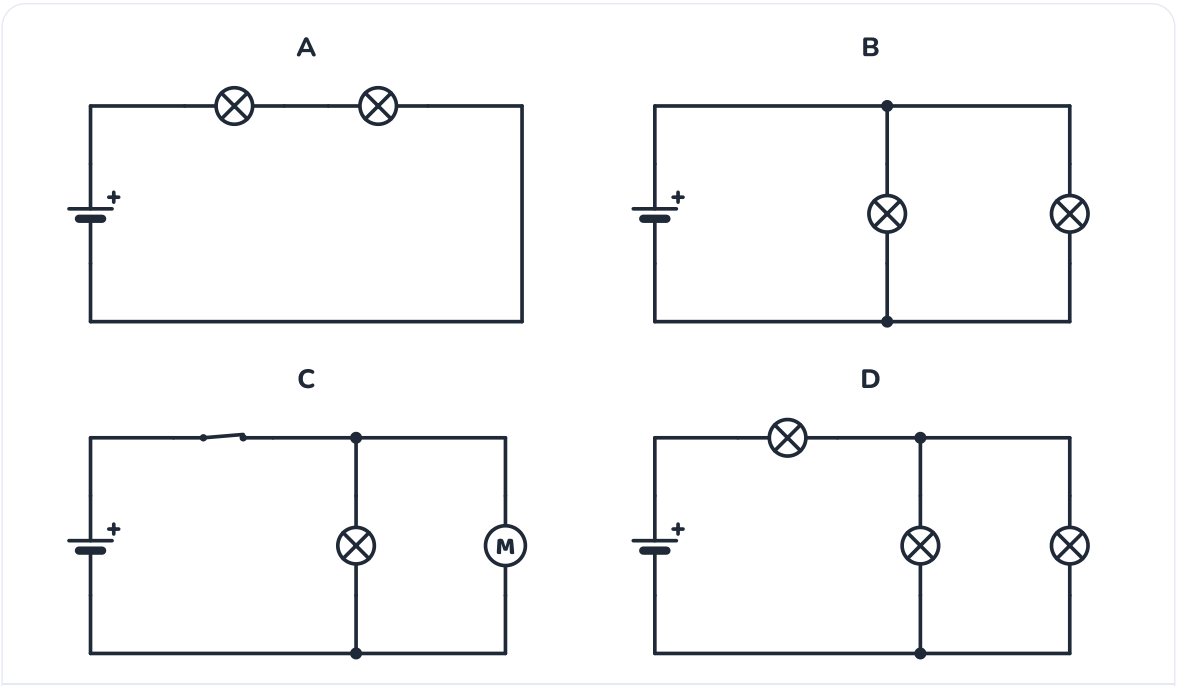
●○○ Oefenen Oefenen

één stap, direct toepassen

20.1 Serie of parallel?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Bekijk de vier schakelingen. Zoek de knooppunten.



Vier schakelingen A tot D.

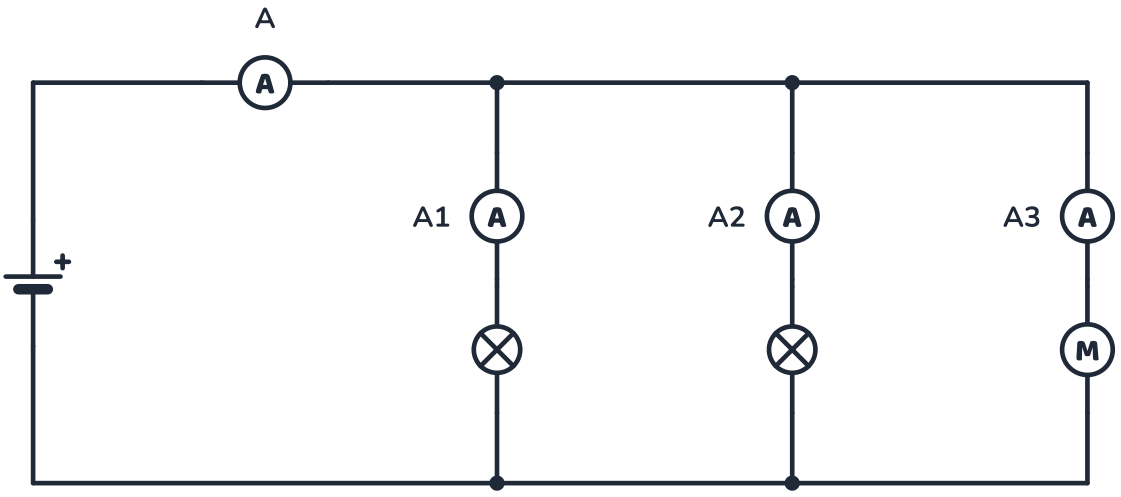
Staan de verbruikers in serie, parallel, of gemengd? Leg telkens kort uit.

A: serie, één weg zonder knooppunten. B: parallel, elke lamp in een eigen tak tussen twee knooppunten. C: lamp en motor parallel; de schakelaar staat in serie met de twee samen (in de hoofdleiding), dus hij zet beide tegelijk aan en uit. D: gemengd: de eerste lamp staat in serie met de twee andere, die parallel staan.

20.2 Wat meten de ampèremeters?

Oefenen · 1 · Rekenen · 10 min

Een bron voedt twee lampjes en een motor, elk in een eigen tak. A meet in de hoofdleiding.



Vier ampèremeters: A in de hoofdleiding, A1 tot A3 in de takken.

a A1 = 0,30 A, A2 = 0,30 A en A3 = 0,60 A. Wat wijst A aan?

$0{,}30 + 0{,}30 + 0{,}60 = 1{,}20\ \text{A}$.

b Later wijst A 1,00 A aan, A1 0,30 A en A2 0,30 A. Hoeveel stroom neemt de motor nu?

✓ $1{,}00 - 0{,}30 - 0{,}30 = 0{,}40\,\text{A}$.

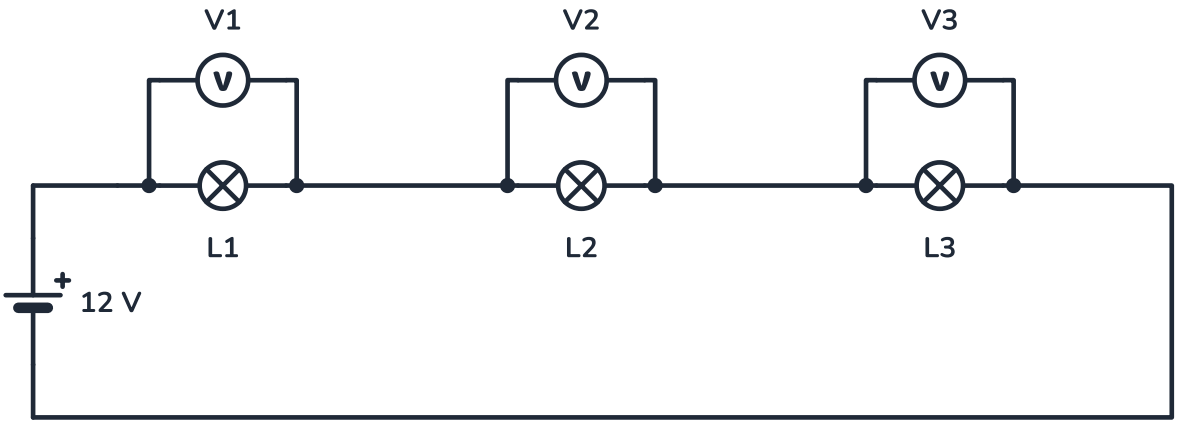
c Wat wijst A aan als lampje 2 doorbrandt (terug met de motor op 0,60 A)?

✓ Tak 2 is open: $0{,}30 + 0 + 0{,}60 = 0{,}90\,\text{A}$. De andere takken merken niets.

20.3 Wat meten de voltmeters?

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Drie lampen staan in serie op 12 V. Over elke lamp hangt een voltmeter.



Drie lampen in serie met een voltmeter over elke lamp.

a V1 wijst 3,0 V aan en V2 4,5 V. Wat wijst V3 aan?

✓ $12 - 3{,}0 - 4{,}5 = 4{,}5\,\text{V}$.

b Welke twee lampen zijn waarschijnlijk dezelfde? Leg uit.

✓ L2 en L3: door alle drie loopt dezelfde stroom (serie), en L2 en L3 krijgen dezelfde spanning. Dan hebben ze dezelfde weerstand.

c Welke lamp heeft de grootste weerstand? En welke brandt het felst?

✓ L2 en L3 hebben de grootste weerstand (zij krijgen het grootste deel van de spanning). Ze branden ook het felst: dezelfde stroom, maar meer spanning, dus meer energie per seconde (hoofdstuk 21).

d Je zet de drie lampen parallel op dezelfde bron. Wat wijst elke voltmeter nu aan?

✓ Elke voltmeter wijst 12 V aan: parallel staat over elke tak de volle bronspanning.

20.4 Vervangingsweerstand

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Bereken de vervangingsweerstand.

a Vul in.

✓ (a) $100 + 220 = 320\,\Omega$; (b) $3 \times 47 = 141\,\Omega$; (c) $100/2 = 50\,\Omega$; (d) $60/4 = 15\,\Omega$; (e) $1000 + 2200 = 3200\,\Omega = 3{,}2\,\text{k}\Omega$.

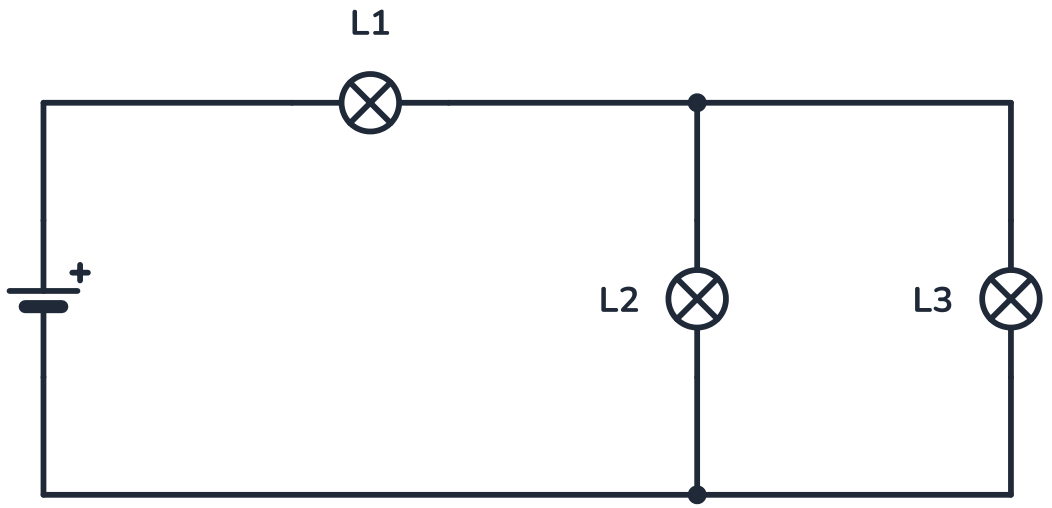
b Zonder te rekenen: is 100 Ω parallel met 220 Ω groter of kleiner dan 100 Ω? Waarom?

Kleiner: parallel is de vervangingsweerstand altijd kleiner dan de kleinste. De tak met 220 Ω is een extra weg naast de 100 Ω. (Met de formule uit I21 is het ongeveer 69 Ω.)

20.5 Wat als er één uitvalt?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

L1 staat in serie met L2 en L3, die onderling parallel staan.



Een gemengde schakeling met drie lampen.

a Welke lampen branden als L2 doorbrandt?

L1 en L3: de tak van L3 blijft gesloten, en L1 zit in de hoofdleiding.

b Welke lampen branden als L1 doorbrandt?

Geen enkele: L1 zit in serie met de rest, dus de hele kring is open.

c Door welke lamp loopt de grootste stroom als alles werkt (drie gelijke lampen)? Leg uit.

Door L1: de hele stroom gaat door L1 en verdeelt zich daarna over L2 en L3 (elk ongeveer de helft). L1 brandt het felst.

Toepassen

Toepassen · meerdere stappen, in een context

20.6 Labo: serie en parallel meten

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Herhaal de proef uit het handboek met twee weerstanden die je van je docent krijgt (bv. 220 Ω en 470 Ω) op een voeding van 6 V of 9 V.

a Teken de twee meetschema's (serie en parallel), met de meters op de juiste plaats.

Serie: bron, R_1, R_2 en ampèremeter in één lus, voltmeter telkens over één weerstand. Parallel: twee takken, ampèremeter in de hoofdleiding en (om beurten) in een tak.

b Noteer je metingen voor de serieschakeling.

✓ Met 220 Ω en 470 Ω op 9,0 V bijvoorbeeld: $I \approx 13\,\text{mA}$ op beide plaatsen, $U_1 \approx 2{,}9\,\text{V}$, $U_2 \approx 6{,}1\,\text{V}$.

c Noteer je metingen voor de parallelschakeling.

✓ Bijvoorbeeld: $I_1 \approx 41\,\text{mA}$, $I_2 \approx 19\,\text{mA}$, samen $\approx 60\,\text{mA}$; beide spanningen 9,0 V.

d Kloppen de vier regels? Bereken de verschillen en verklaar ze.

✓ De regels kloppen binnen enkele honderdsten van een volt of tienden van een mA. Verschillen komen van het afronden van de meter en van de tolerantie van de weerstanden; de meters zelf beïnvloeden de kring ook een klein beetje.

e Bereken met je metingen de vervangingsweerstand van de serieschakeling (deel de bronspanning door de stroom). Vergelijk met $R_1 + R_2$.

✓ $R_v = 9{,}0/0{,}013 \approx 690\,\Omega$, tegenover $220 + 470 = 690\,\Omega$.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schema's	Ampèremeter in serie, voltmeter parallel over het juiste onderdeel; correcte symbolen.
Metingen	Volledige tabellen met eenheden; mA en V correct afgelezen.
Regels	Stroom gelijk in serie, spanningen tellen op; spanning gelijk in parallel, stromen tellen op; verschillen klein en verklaard.
Vervangingsweerstand	Berekend uit de metingen, vergeleken met de som, verschil verklaard (tolerantie).

20.7 De kerstslinger

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Een oude kerstslinger heeft 20 gelijke gloeilampjes in serie en wordt in een stopcontact van 230 V gestoken. Werk er nooit zelf aan terwijl de stekker in het stopcontact zit.

a Welke spanning staat over elk lampje?

✓ $230/20 = 11{,}5\,\text{V}$ per lampje.

b Eén lampje brandt door. Wat zie je? Leg uit.

✓ Alle lampjes gaan uit: in serie is er maar één weg, en die is nu onderbroken.

c Een elektricien meet (veilig, met de juiste meter) de spanning over elk lampje van de uitgevallen slinger. Over één lampje meet hij 230 V, over alle andere 0 V. Welk lampje is kapot? Verklaar de metingen.

✓ Het lampje waarover hij 230 V meet. Er loopt geen stroom, dus over de goede lampjes valt geen spanning (0 V). De open plek zit tussen de twee delen van de kring die aan de plus- en aan de minpool vastzitten: daar meet je de volle spanning.

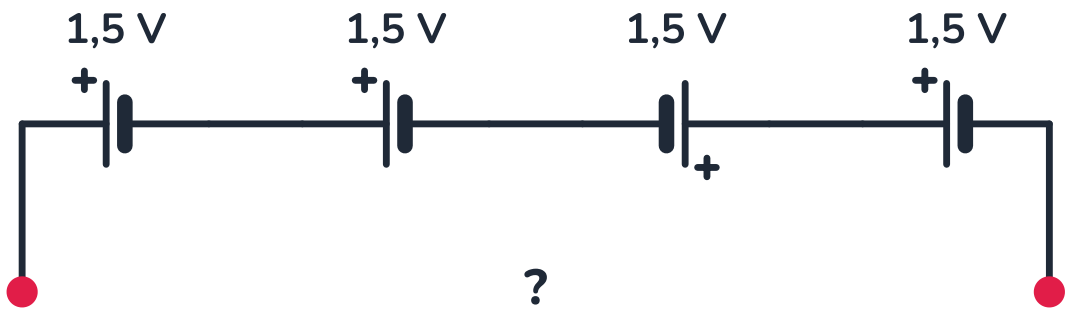
d Iemand vervangt het kapotte lampje door een draadje. Wat gebeurt er met de andere lampjes? Is dat verstandig?

✓ Nu delen 19 lampjes de 230 V: $230/19 \approx 12{,}1\,\text{V}$ per lampje. Ze branden feller, worden heter en branden sneller door; het volgende lampje gaat snel stuk. Geen goed idee.

20.8 Batterijen combineren

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

Je hebt vier AA-batterijen van 1,5 V.



Vier cellen in serie; de derde zit omgekeerd in de houder.

a Welke spanning geven de vier in serie, als ze allemaal juist zitten?

✓ $4 \times 1{,}5 = 6{,}0\ \text{V}$.

b Welke spanning meet je in de figuur, met de derde cel omgekeerd?

✓ De omgekeerde cel werkt tegen: $1{,}5 + 1{,}5 - 1{,}5 + 1{,}5 = 3{,}0\ \text{V}$.

c Welke spanning geven ze als je ze alle vier parallel zet? Wat is dan het voordeel?

✓ 1,5 V: parallel blijft de spanning van één cel. Ze delen het werk, dus ze gaan ongeveer vier keer zo lang mee (of kunnen samen meer stroom leveren).

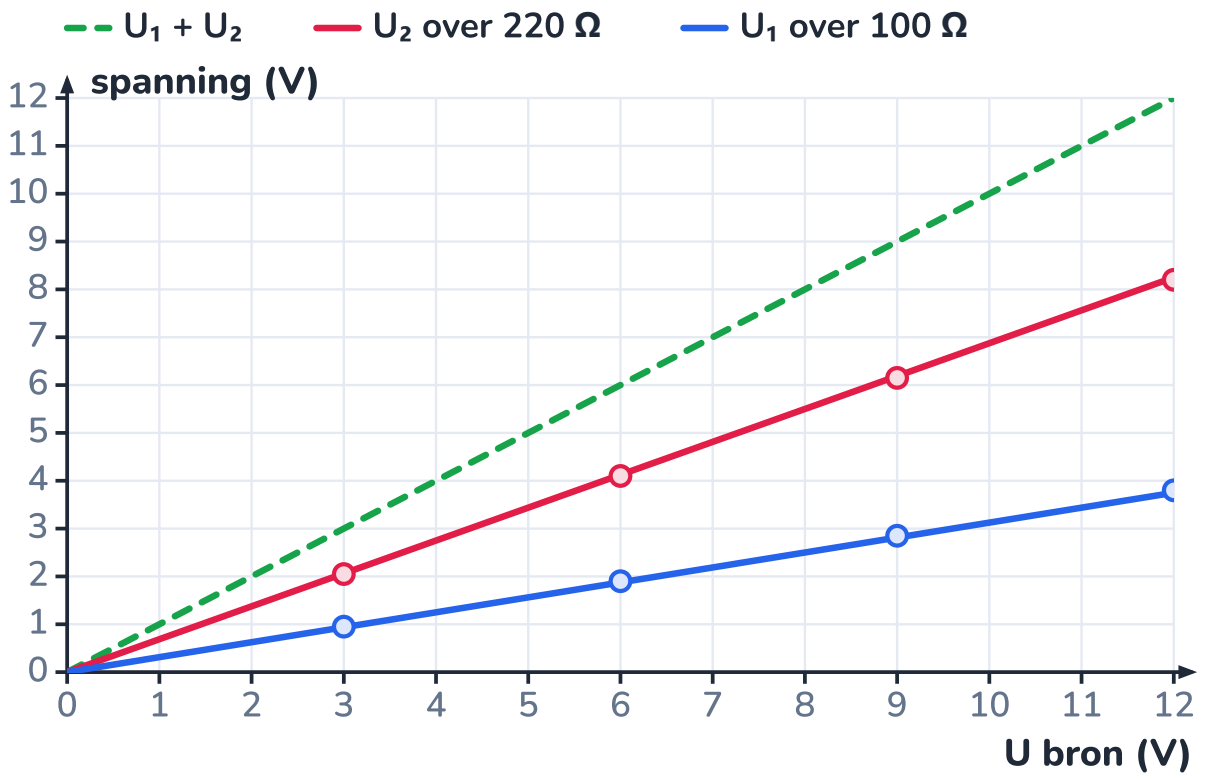
d Een blokbatterij van 9 V: hoeveel cellen van 1,5 V zitten erin, en hoe staan ze geschakeld?

✓ Zes cellen in serie: $6 \times 1{,}5 = 9\ \text{V}$.

20.9 Een meetgrafiek lezen

Toepassen · 3 · Analyseren · 12 min

Gebruik de grafiek van de proef met 100 Ω en 220 Ω in serie.



Spanning over R_1 = 100 Ω en R_2 = 220 Ω in serie, bij verschillende bronspanningen.

a Lees af: U_1 en U_2 bij een bronspanning van 6 V. Tel ze op.

✓ $U_1 \approx 1{,}9\ \text{V}$, $U_2 \approx 4{,}1\ \text{V}$; samen 6 V.

b Waarom is de lijn van U_2 steiler dan die van U_1?

✓ R_2 is groter: in serie krijgt de grootste weerstand het grootste deel van de spanning, bij elke bronspanning.

c Welk deel van de bronspanning komt over R_1? Blijft dat deel hetzelfde bij elke bronspanning?

✓ $100/320 \approx 0{,}31$: ongeveer 31 %. Ja: beide lijnen zijn rechten door de oorsprong, de verdeling blijft gelijk.

d Je vervangt R_2 door een tweede weerstand van 100 Ω. Teken in de grafiek de nieuwe lijn voor U_1.

✓ Met twee gelijke weerstanden krijgt elk de helft: een rechte door de oorsprong en door (12 V; 6 V).

20.10 Hoeveel mag er op de stekkerdoos?

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Een stekkerdoos verdraagt hoogstens 16 A. Ze hangt aan een kring met een automaat van 20 A. De stroom van enkele toestellen op 230 V: stofzuiger 3,5 A, strijkijzer 10,0 A, laptoplader 0,3 A, tv 0,4 A, elektrisch vuurtje 8,7 A, haardroger 7,8 A.

a Strijkijzer en elektrisch vuurtje samen op de stekkerdoos: hoeveel stroom? Mag dat?

✓ $10{,}0 + 8{,}7 = 18{,}7\ \text{A}$: meer dan 16 A, dat mag niet. De automaat van 20 A springt niet: het snoer van de stekkerdoos wordt overbelast.

b Geef een combinatie van drie toestellen die wel mag, en een van twee toestellen die niet mag.

✓ Mag: stofzuiger, laptoplader en tv: $3{,}5 + 0{,}3 + 0{,}4 = 4{,}2\ \text{A}$. Mag niet: strijkijzer en haardroger: $10{,}0 + 7{,}8 = 17{,}8\ \text{A}$.

c Alle zes tegelijk, verdeeld over twee stekkerdozen op dezelfde kring. Wat doet de automaat?

✓ $3{,}5 + 10{,}0 + 0{,}3 + 0{,}4 + 8{,}7 + 7{,}8 = 30{,}7\ \text{A}$: meer dan 20 A, de automaat schakelt de kring uit.

d Waarom mag je stekkerdozen niet in elkaar steken?

✓ Dan gaat de stroom van alle toestellen op beide stekkerdozen samen door het snoer en de stekker van de eerste: de stromen tellen op, en die ene stekker wordt overbelast.

20.11 Waarom branden ze zo zwak?

Toepassen · 3 · Begrijpen · 12 min

Lotte wil twee lampjes van 6 V laten branden op een batterij van 6 V. Ze zet ze achter elkaar in één lus. Beide lampjes gloeien maar zwak oranje.

a Hoe heeft Lotte de lampjes geschakeld? Welke spanning krijgt elk lampje?

✓ In serie: ze delen de 6 V, elk krijgt ongeveer 3 V, de helft van waarvoor ze gemaakt zijn.

b Teken hoe het beter kan.

✓ Parallel: elk lampje in een eigen tak tussen de plus- en de minleiding. Elk krijgt 6 V en brandt fel.

c Na de verbetering is de batterij sneller leeg. Leg uit waarom.

✓ Parallel levert de batterij voor elk lampje een eigen stroom: twee keer zoveel als voor één lampje. Ze geeft dus sneller haar energie af.

d Wanneer zou je twee lampjes toch in serie zetten? Geef een voorbeeld met getallen.

✓ Als de bron twee keer de spanning van één lampje geeft: twee lampjes van 6 V in serie op 12 V krijgen elk 6 V.

Uitdagen

Uitdagen · transfer, open problemen, leerlijnen combineren

20.12 Habitat: de 12 V-verdeling van de meetkas

Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

Je werkt het schema van de meetkas af (zie het voorbeeld in het handboek). Nieuw: er komt een kleine ventilator bij (12 V, 0,20 A) die het dakraam ondersteunt op warme dagen. De voeding levert hoogstens 2 A.

a Teken het volledige schema: voeding, hoofdzekering, ledstrip, pompje, ventilator, omvormer, en op de 5 V-kant de microcontroller met drie sensoren.

✓ Voeding + → hoofdzekering F1 → pluslijn met vier takken naar de minlijn: F2 + S1 + ledstrip; F3 + S2 + pompje; F5 + S3 + ventilator; F4 + omvormer. Aan de 5 V-kant van de omvormer: microcontroller en drie sensoren parallel tussen 5 V en min.

b Bereken de stroom van de voeding als alles tegelijk werkt. Is de voeding nog groot genoeg?

✓ $0{,}40 + 0{,}65 + 0{,}20 + 0{,}15 = 1{,}40\ \text{A}$. Minder dan 2 A: de voeding volstaat nog, met 0,60 A reserve.

c Kies voor elke tak een zekering uit 0,25 A, 0,5 A, 1 A en 2 A, en een hoofdzekering. Motiveer.

✓ Ledstrip 0,40 A → 0,5 A; pompje 0,65 A → 1 A (ruimte voor de aanloopstroom); ventilator 0,20 A → 0,25 A (of 0,5 A als hij hard aanloopt); omvormer 0,15 A → 0,25 A; hoofdzekering 2 A: boven de som van 1,40 A en niet meer dan de voeding kan leveren.

d De bodemvochtsensor krijgt een kortsluiting in zijn kabel. Wat merken de ledstrip en het pompje? Wat de microcontroller?

> De kortsluiting zit op de 5 V-kant: de omvormer schakelt af of de zekering F4 brandt door. De microcontroller en de sensoren vallen uit. De ledstrip en het pompje zitten in andere takken: ze werken gewoon verder (het pompje wordt dan wel niet meer automatisch gestuurd).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schema	Alle verbruikers parallel, elk in een eigen tak met zekering; schakelaars in de juiste tak; sensoren parallel op 5 V.
Stroom	Takstromen correct opgeteld; vergeleken met 2 A.
Zekeringen	Telkens net boven de normale stroom; hoofdzekering boven de som en niet groter dan de voeding verdraagt.
Foutanalyse	Kortsluiting op de 5 V-kant treft alleen die tak (zekering F4 of de omvormer beveiligt); de andere takken werken verder.

20.13 Ontwerp: verlichting voor een maquette

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 45 min

Je bouwt een maquette van het onderzoeksstation met drie kamers: een labo, een slaapkamer en een gang met twee deuren. Je hebt een houder met 4 AA-batterijen (6 V), lampjes van 6 V / 0,10 A, gewone schakelaars en twee wisselschakelaars. Eisen: elke kamer apart aan en uit; het licht in de gang van aan beide deuren; één hoofdschakelaar die alles uitzet.

a Teken het schema.

> Batterij → hoofdschakelaar → knooppunt met drie takken: S1 + lampje labo; S2 + lampje slaapkamer; W1 en W2 met twee schakeldraden + lampje gang. Alle takken terug naar de minpool.

b Waar staat de hoofdschakelaar, en waarom daar?

> In de hoofdleiding, in serie met alle takken samen, vóór de eerste splitsing: open, dan is elke tak onderbroken.

c Hoeveel stroom levert de batterij als alle kamers verlicht zijn? En als alleen de gang brandt?

> Drie lampjes parallel: $3 \times 0{,}10 = 0{,}30\ \text{A}$. Alleen de gang: $0{,}10\ \text{A}$.

d Bouw je ontwerp en test elke eis. Wat zou je verbeteren?

> Bijvoorbeeld: leds met voorschakelweerstand in plaats van gloeilampjes (veel minder stroom), een zekering bij de batterij.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Parallel	Elke kamer in een eigen tak, zodat de lampjes 6 V krijgen en apart schakelen.
Gang	Trappenhuisschakeling met twee wisselschakelaars in de tak van de gang (hoofdstuk 18).
Hoofdschakelaar	In serie in de hoofdleiding, vóór de eerste splitsing.
Berekening en test	Stromen correct opgeteld; alle eisen getest.

20.14 Onderzoek: hoeveel lampjes kan een batterij aan?

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 45 min

Volgens de regels zou elk extra lampje parallel even fel moeten branden, en de stroom van de bron zou telkens met dezelfde stap moeten stijgen. Klopt dat ook met een echte batterij (4,5 V) en lampjes van 3,5 V?

a Formuleer een onderzoeksvraag en een voorspelling (met een getal).

> Bv. 'Stijgt de stroom van de batterij evenredig met het aantal lampjes parallel?' Voorspelling: telkens ongeveer 0,2 A erbij.

b Meet de stroom van de batterij en de spanning over de batterij met 1, 2, 3, 4 en 5 lampjes parallel.

- Typisch: 0,21 A, 0,40 A, 0,57 A, 0,72 A, 0,85 A, met een batterijspanning die daalt van ongeveer 4,4 V naar 3,6 V; de lampjes branden zichtbaar zwakker bij vijf.

c Zet de stroom uit in functie van het aantal lampjes.

- Een stijgende lijn die steeds minder steil wordt.

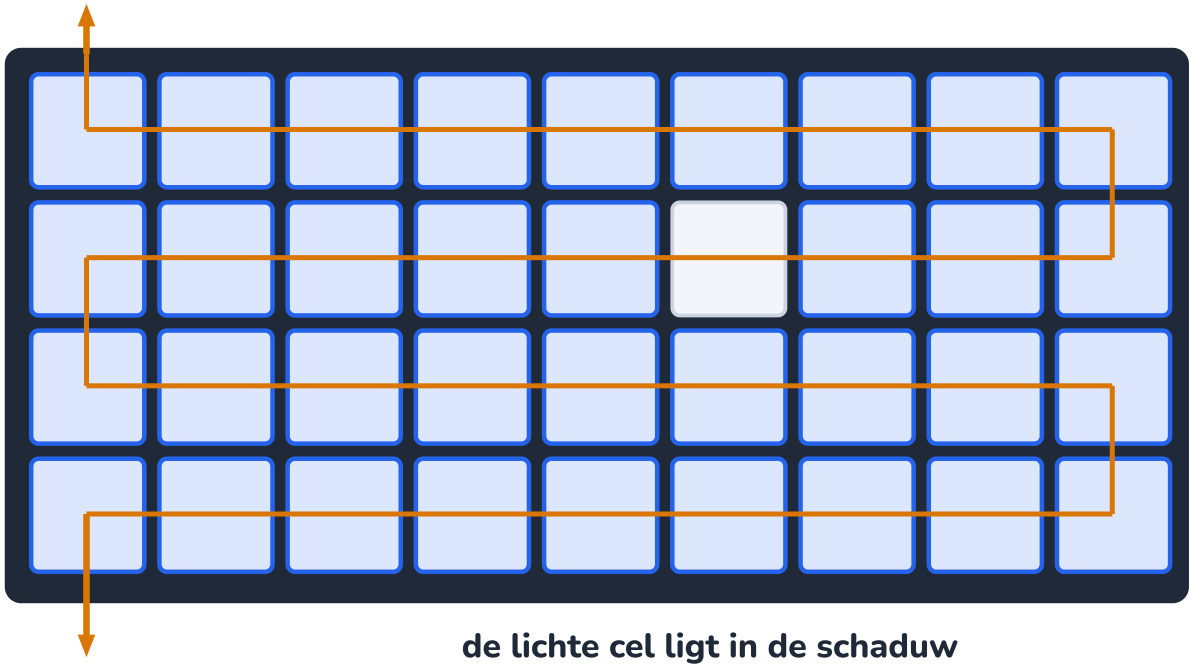
d Wat valt op aan de spanning van de batterij? Formuleer een besluit en een mogelijke verklaring.

- De spanning van de batterij zakt als ze meer stroom moet leveren: ze heeft zelf een kleine inwendige weerstand, waarover een deel van de spanning 'verloren' gaat. De regel 'parallel krijgt elke tak de bronspanning' klopt, maar die bronspanning zakt zelf. Met een stevige voeding zie je het nauwelijks. (Inwendige weerstand: hoofdstukken I16 en I21.)

20.15 Een zonnepaneel in de schaduw

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Het zonnepaneel van de meetkas heeft 36 cellen in serie. In volle zon geeft elke cel ongeveer 0,5 V en laat het paneel 2,8 A door.



36 cellen in serie (de gele lijn volgt de stroom); één cel ligt in de schaduw van een tak.

a Welke spanning geeft het paneel in volle zon?

- $36 \times 0{,}5 = 18\ \text{V}$.

b Eén cel ligt in de schaduw en laat nog maar 0,3 A door. Welke stroom levert het hele paneel ongeveer, als het geen bypassdiodes heeft? Leg uit.

- Ongeveer 0,3 A: in serie moet dezelfde stroom door elke cel, en de beschaduwde cel laat maar 0,3 A door. Eén cel van de 36 kost bijna de hele opbrengst.

c Twee zulke panelen in serie en twee in parallel: welke spanning en welke stroom geven ze samen in volle zon?

- In serie: 36 V en 2,8 A. Parallel: 18 V en $2 \times 2{,}8 = 5{,}6\ \text{A}$.

d Hoe helpt een bypassdiode? Waarom is ze bij de meetkas toch geen reden om schaduw te aanvaarden?

Een bypassdiode geeft de stroom een omweg rond een groep cellen met schaduw: de rest van het paneel levert dan weer bijna zijn volle stroom, alleen met minder spanning. Maar de cellen in die groep leveren niets meer: een deel van het paneel valt weg. Zet het paneel dus op een plaats zonder schaduw (hoofdstuk 17).

20.16 Puzzel: weerstanden van 1 kΩ

Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Je hebt alleen weerstanden van 1 kΩ, zoveel als je wil. Maak de gevraagde vervangingsweerstanden met zo weinig mogelijk weerstanden.

a Teken en verklaar: (a) 2 kΩ; (b) 500 Ω; (c) 250 Ω; (d) 1,5 kΩ.

(a) twee in serie: $1 + 1 = 2\,\text{k}\Omega$. (b) twee parallel: $1/2 = 0{,}5\,\text{k}\Omega$. (c) vier parallel: $1/4 = 0{,}25\,\text{k}\Omega$. (d) één in serie met twee parallel: $1 + 0{,}5 = 1{,}5\,\text{k}\Omega$ (drie weerstanden).

b Maak ongeveer 333 Ω. Hoeveel weerstanden gebruik je?

Drie parallel: $1000/3 \approx 333\,\Omega$.

c Uitdaging: maak 2,5 kΩ. Hoeveel weerstanden heb je minstens nodig?

Twee in serie (2 kΩ) plus een groepje van twee parallel (0,5 kΩ), alles in serie: $2 + 0{,}5 = 2{,}5\,\text{k}\Omega$ met vier weerstanden.

F FUNDAMENTAL · DEEL F5 · ELEKTRICITEIT

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 21

Elektrisch vermogen en energie

Hoeveel een toestel per seconde omzet, wat dat per dag kost, en waarom de led de gloeilamp verving

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 319 min

Elektriciteit en elektronica · Energie · Wiskundig modelleren



Evenveel licht: links voor 60 W, rechts voor 8,5 W.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

één stap, direct toepassen

21.1 P = U · I in een tabel

Oefenen · 1 · Rekenen · 10 min

Vul de ontbrekende waarden in. Schrijf de berekening erbij, met eenheden.

Bereken.

(a) $P = 6 \times 0{,}5 = 3\ \text{W}$; (b) $I = 2300/230 = 10\ \text{A}$; (c) $I = 2{,}5/5 = 0{,}5\ \text{A}$; (d) $U = 7400/32 \approx 231\ \text{V}$ (het net: 230 V); (e) $P = 12 \times 0{,}40 = 4{,}8\ \text{W}$.

21.2 Omzetten: J, Wh en kWh

Oefenen · 1 · Rekenen · 10 min

Gebruik $1\ \text{Wh} = 3600\ \text{J}$ en $1\ \text{kWh} = 1000\ \text{Wh} = 3{,}6\ \text{MJ}$.

a $2{,}5\,\text{kWh} =$ _____ Wh $=$ _____ MJ

✓ 2500 Wh; $2{,}5 \times 3{,}6 = 9\,\text{MJ}$.

b $7200\,\text{J} =$ _____ Wh

✓ $7200/3600 = 2\,\text{Wh}$.

c $450\,\text{Wh} =$ _____ kWh

✓ $0{,}45\,\text{kWh}$.

d Een lamp van 10 W brandt 1 minuut. Hoeveel joule?

✓ $10\,\text{W} \times 60\,\text{s} = 600\,\text{J}$.

e Een kacheltje van 1,5 kW brandt 2 uur. Hoeveel kWh?

✓ $1{,}5\,\text{kW} \times 2\,\text{h} = 3\,\text{kWh}$.

21.3 Typeplaatjes lezen

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Drie typeplaatjes: een haardroger (230 V ~, 1800 W), een stofzuiger (220-240 V ~, 750 W) en een USB-lader (uitgang 5 V ⎓ 2,4 A).

a Welke stroom trekt de haardroger?

✓ $I = 1800/230 \approx 7{,}8\,\text{A}$.

b Welke stroom trekt de stofzuiger bij 230 V?

✓ $I = 750/230 \approx 3{,}3\,\text{A}$.

c Welk vermogen levert de USB-lader hoogstens?

✓ $P = 5 \times 2{,}4 = 12\,\text{W}$.

d Wat betekenen de tekens ~ en ⎓?

✓ ~ is wisselspanning (het stopcontact), ⎓ is gelijkspanning (batterij, adapter-uitgang).

21.4 Energie en kosten van toestellen

Oefenen · 2 · Rekenen · 15 min

Reken met € 0,30 per kWh en 365 dagen per jaar.

a Vul de tabel in.

✓ koelkast: $20 \times 24 \times 365 = 175\,200\,\text{Wh} \approx 175\,\text{kWh}$, € 52,56; tv: $80 \times 3 \times 365 = 87{,}6\,\text{kWh}$, € 26,28; gamepc: $300 \times 2 \times 365 = 219\,\text{kWh}$, € 65,70; router: $8 \times 24 \times 365 \approx 70{,}1\,\text{kWh}$, € 21,02; föhn: $1800 \times \frac{10}{60} \times 365 = 109{,}5\,\text{kWh}$, € 32,85.

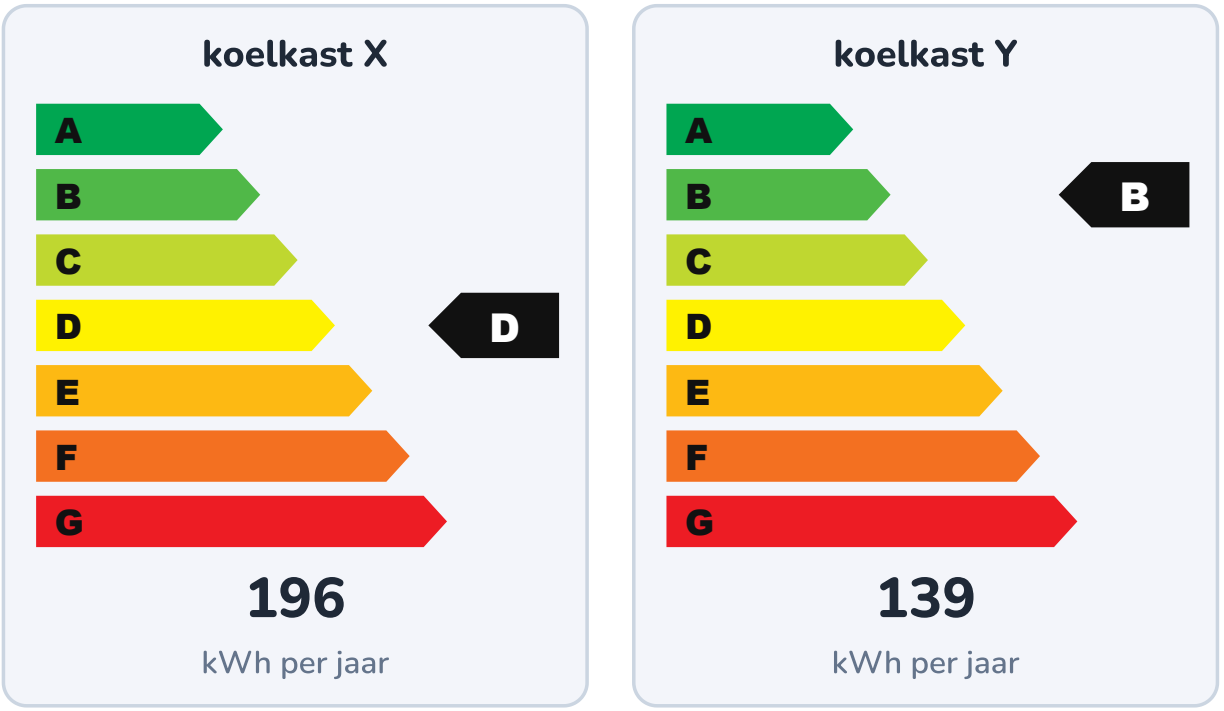
b Welk toestel kost het meest per jaar? Heeft dat ook het grootste vermogen?

✓ De gamepc kost het meest (219 kWh). De föhn heeft het grootste vermogen, maar werkt maar 10 minuten per dag; de koelkast heeft een klein vermogen, maar werkt de hele dag en kost op één na het meest.

21.5 Twee energielabels

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Twee koelkasten van dezelfde grootte. Bekijk hun energielabels.



Vereenvoudigde energielabels van koelkast X en koelkast Y.

a Welke koelkast is zuiniger? Waaraan zie je dat (twee dingen)?

Koelkast Y: klasse B tegenover D, en 139 kWh per jaar tegenover 196.

b Hoeveel kWh en euro spaart de zuinigste per jaar?

$196 - 139 = 57\,\text{kWh}$ per jaar, dus $57 \times 0{,}30 = 17{,}10$ euro per jaar.

c Koelkast Y kost € 150 meer. Na hoeveel jaar is dat terugverdiend? Is dat de moeite, als een koelkast 12 jaar meegaat?

$150/17{,}10 \approx 8{,}8$ jaar. Over 12 jaar spaar je $12 \times 17{,}10 = 205{,}20$ euro: € 55 meer dan de meerprijs, en 684 kWh minder energie. Het loont, maar niet veel; duurt de koelkast korter, dan niet.

Toepassen

meerdere stappen, in een context

21.6 Labo: gloeilampje of ledlampje?

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Je vergelijkt een gloeilampje van 12 V met een ledlampje van 12 V. Meet de spanning en de stroom, bereken het vermogen, en meet het licht met een luxmeter (of een lichtmeter-app) op 20 cm afstand, in een verduisterd lokaal.

a Teken het meetschema: bron, lampje, ampèremeter en voltmeter.

Bron, lampje en ampèremeter in één lus; voltmeter met twee knooppunten over het lampje.

b Noteer je metingen.

Bijvoorbeeld: gloeilampje 12,0 V en 0,42 A (5,0 W), 300 lux; ledlampje 12,0 V en 0,08 A (1,0 W), 380 lux.

c Voel voorzichtig (houd je hand op enkele centimeter) welk lampje het warmst wordt. Verklaar met het woord rendement.

Het gloeilampje wordt het warmst: het zet het grootste deel van zijn energie om in warmte, het heeft een laag rendement. De led zet een groter deel om in licht.

d Hoeveel keer zoveel licht per watt geeft het ledlampje? Vergelijk met de 95 en 12 lm/W uit het handboek.

In het voorbeeld: 60 lux/W tegenover 380 lux/W, ruim zes keer zoveel. Dezelfde grootteorde als 95 tegenover 12 lm/W (acht keer). Lux is niet hetzelfde als lumen (het hangt af van de afstand en hoe het licht gebundeld is), maar de verhouding geeft een goed beeld.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schema	Ampèremeter in serie, voltmeter parallel over het lampje; correcte symbolen.
Metingen	U, I en lux voor beide lampjes, zelfde afstand en zelfde plaats van de meter.
Berekening	P = U · I correct; lux per watt berekend en vergeleken.
Besluit	Led geeft meerdere keren meer licht per watt; gloeilampje zet meer om in warmte (lager rendement).

21.7 De meterstand

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Een gezin noteert elke maand de meterstand van de digitale meter: 1 oktober 31 204 kWh; 1 november 31 452 kWh; 1 december 31 781 kWh; 1 januari 32 148 kWh. Reken met € 0,30 per kWh.

a Hoeveel kWh gebruikte het gezin in oktober, november en december?

Oktober: $31\,452 - 31\,204 = 248\,\text{kWh}$; november: $329\,\text{kWh}$; december: $367\,\text{kWh}$.

b Hoeveel kostte het kwartaal?

$248 + 329 + 367 = 944\,\text{kWh}$; $944 \times 0{,}30 = 283{,}20$ euro.

c Het verbruik stijgt elke maand. Geef twee mogelijke oorzaken.

Kortere dagen (meer licht), kouder (een verwarmingspomp, een elektrisch vuurtje), meer tijd binnen, kerstverlichting.

d Het gezin krijgt een factuur die hoger is dan het aantal kWh maal € 0,30 laat vermoeden. Noem twee dingen die daar nog op kunnen staan.

Een vaste vergoeding, nettarieven (in Vlaanderen deels het capaciteitstarief), heffingen en accijnzen, btw; of de rekenwaarde van € 0,30 is lager dan de echte prijs van het contract.

21.8 Onderzoek: sluipverbruik in je eigen huis

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 40 min

Hoeveel verbruikt je huis als 'alles uit' staat? Methode 1: lees de digitale meter 's avonds laat en 's morgens vroeg af, als niemand iets gebruikt (vraag hulp thuis). Methode 2: meet de toestellen één voor één met een energiemeter.

a Noteer je metingen.

Bijvoorbeeld: 23:00 u 18 402,3 kWh; 07:00 u 18 403,1 kWh.

b Bereken het gemiddelde sluipverbruik in watt. (Methode 1: verschil in kWh gedeeld door het aantal uren, maal 1000.)

✓ $0{,}8\,\text{kWh}$ in 8 uur: $0{,}8/8 = 0{,}1\,\text{kW} = 100\,\text{W}$ (let op: daar zit ook de koelkast en de diepvriezer in, die af en toe draaien).

c Hoeveel kWh en euro is dat per jaar? Welk deel van het jaarverbruik van jullie huis (of van 3500 kWh)?

✓ $100\,\text{W} \times 8760\,\text{h} = 876\,\text{kWh}$, $876 \times 0{,}30 \approx 263$ euro; een kwart van 3500 kWh. Zonder koelkast en diepvriezer (samen gemiddeld misschien 40 W) blijft er 60 W sluipverbruik: 526 kWh, € 158.

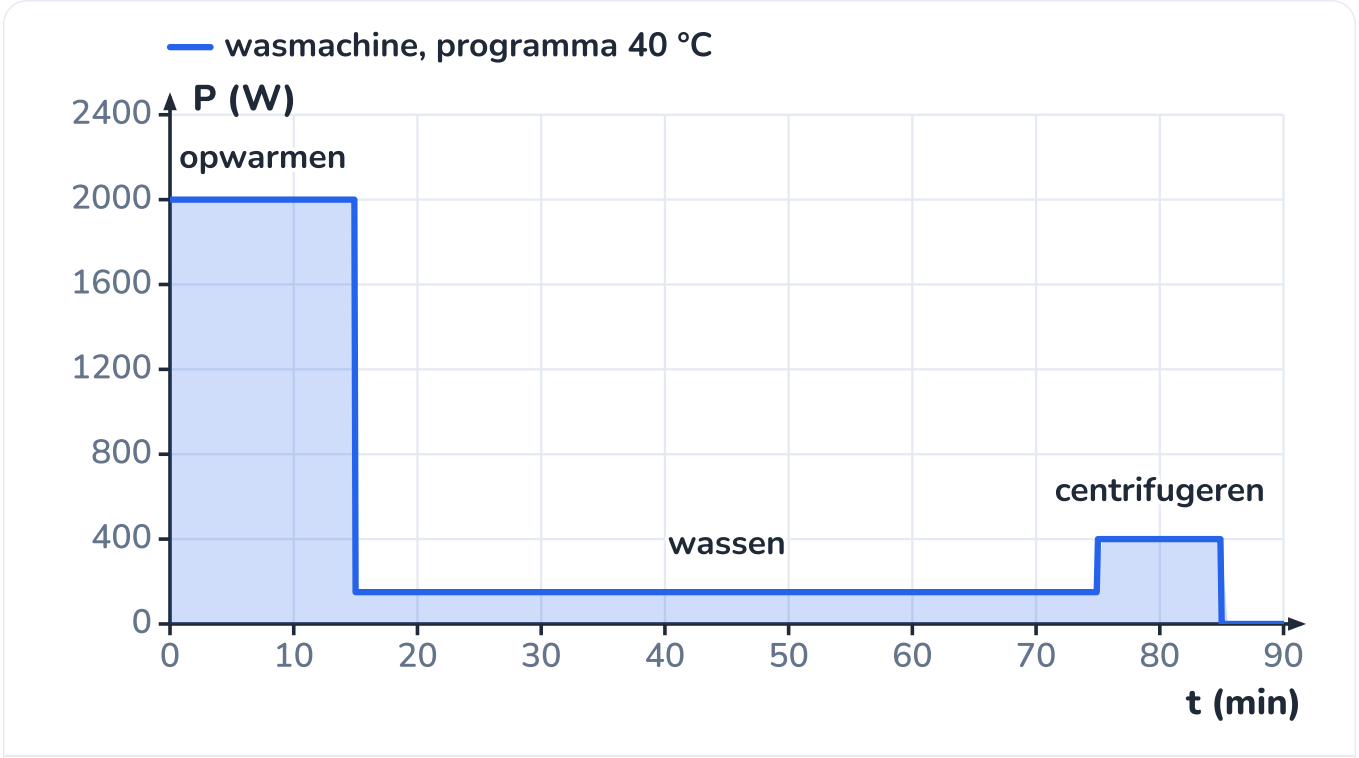
d Welke toestellen kunnen echt uit? Welke niet (koelkast, router)? Wat is je advies?

✓ Koelkast, diepvriezer en router moeten aan blijven. Decoder, spelconsole, printer, tv, opladers en de audio-installatie kan je met een stekkerdoos met schakelaar echt uitzetten.

21.9 Een vermogensgrafiek: de wasmachine

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een energiemeter registreerde het vermogen van een wasmachine tijdens één programma op 40 °C.



Vermogen van een wasmachine: opwarmen, wassen, centrifugeren.

a Lees af: hoe lang duurt elke fase, en met welk vermogen?

✓ Opwarmen: 15 min, 2000 W: $2000 \times 0{,}25 = 500\,\text{Wh}$. Wassen: 60 min, 150 W: $150\,\text{Wh}$. Centrifugeren: 10 min, 400 W: $400 \times \frac{10}{60} \approx 67\,\text{Wh}$.

b Bereken de energie van het hele programma in kWh, en wat het kost.

✓ $500 + 150 + 67 \approx 717\,\text{Wh} \approx 0{,}72\,\text{kWh}$; $0{,}72 \times 0{,}30 \approx 0{,}22$ euro.

c Welke fase gebruikt het meest? Wat leer je daaruit over wassen op 30 °C in plaats van 40 °C?

✓ Het opwarmen van het water: 70 % van de energie. Op een lagere temperatuur moet de machine minder opwarmen: dat spaart het meest. Voor weinig vuile was volstaat 30 °C.

21.10 Hoeveel mag er op de stekkerdoos?

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

Op een stekkerdoos staat: 16 A, 250 V ~. Het stopcontact geeft 230 V.

a Welk vermogen mag er hoogstens op de stekkerdoos (bij 230 V)?

✓ $P = 230 \times 16 = 3680\ \text{W}$.

b Mag je er tegelijk een waterkoker (2000 W), een broodrooster (900 W) en een koffiezet (1000 W) op aansluiten?

✓ $2000 + 900 + 1000 = 3900\ \text{W}$: meer dan 3680 W. Niet doen (of niet alle drie tegelijk).

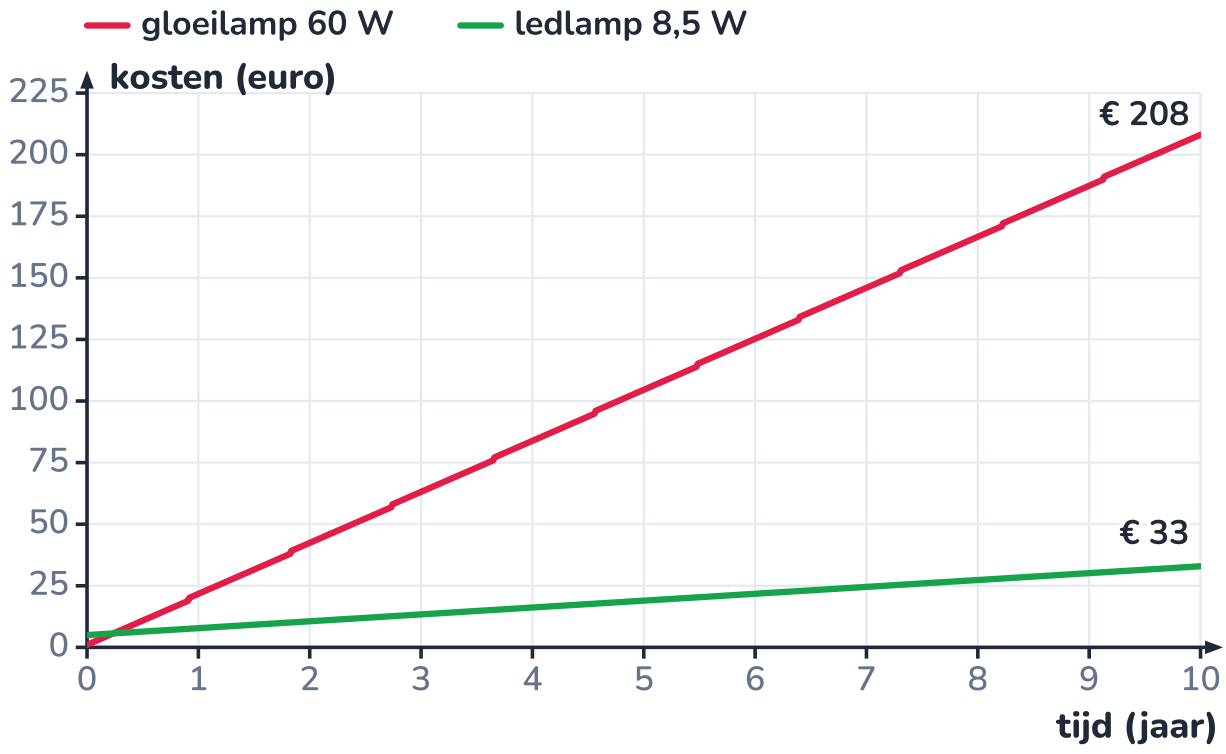
c Een oliebadradiator (2000 W) en een elektrisch vuurtje (2000 W)? Welke stroom zou dat geven?

✓ $4000\ \text{W}$: $I = 4000/230 \approx 17{,}4\ \text{A}$, meer dan 16 A. Nee: verwarmingstoestellen horen elk rechtstreeks in een stopcontact in de muur.

21.11 Led of gloeilamp: de kostengrafiek

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Gebruik de kostengrafiek uit het handboek (3 uur per dag, € 0,30 per kWh, gloeilamp € 1 per 1000 uur, ledlamp € 5).



Cumulatieve kosten van een gloeilamp van 60 W en een ledlamp van 8,5 W.

a Waarom maakt de lijn van de gloeilamp elk jaar een klein sprongetje?

✓ Ongeveer elke 1000 uur (0,91 jaar bij 3 uur per dag) is de gloeilamp op en koop je een nieuwe van € 1.

b Lees af: wat kost elke lamp na 5 jaar? Hoeveel spaar je?

✓ Gloeilamp ongeveer $6 + 5 \times 19{,}71 \approx 105$ euro (zes lampen van € 1); ledlamp $5 + 5 \times 2{,}79 \approx 19$ euro. Je spaart ongeveer € 86.

c Wat is de steilheid van elke lijn (in euro per jaar)? Wat betekent ze?

✓ Gloeilamp ongeveer € 20,80 per jaar (elektriciteit en lampen), ledlamp € 2,79 per jaar: de kosten per jaar. Hoe steiler, hoe duurder in gebruik.

d Hoe zou de grafiek veranderen als de lamp maar 1 uur per dag brandt? Is de led dan nog de beste keuze?

✓ Beide lijnen worden drie keer minder steil; de gloeilamp maakt minder sprongen. Het snijpunt schuift op naar ongeveer 9 maanden, maar de led blijft over de hele levensduur veel goedkoper (en ze gaat dan nog langer mee).

●●● Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

21.12 Habitat: de meetkas zuiniger maken

●●● Uitdagen | 4 | Habitat | 45 min

De microcontroller met sensoren gebruikt 43,2 van de 62,9 Wh op een winterdag. Aan de 5 V-kant van de omvormer meet je 0,30 A. Drie ideeën: (1) de microcontroller slaapt tussen de metingen: gemiddeld nog maar 0,05 A aan de 5 V-kant; (2) de ledstrip brandt alleen als de lichtsensor zegt dat het donker is: gemiddeld 3 in plaats van 4 uur; (3) in plaats van de omvormer een goedkope lineaire regelaar (die neemt aan de 12 V-kant dezelfde stroom op als hij aan de 5 V-kant levert).

a Bereken het vermogen aan de 5 V-kant en het rendement van de omvormer. Hoeveel Wh per dag gaat er in de omvormer verloren?

✓ $P_5 = 5 \times 0{,}30 = 1{,}5\,\text{W}$; aan de 12 V-kant 1,8 W. Rendement $1{,}5/1{,}8 \approx 0{,}83 = 83\,\%$. Verlies $0{,}3\,\text{W} \times 24\,\text{h} = 7{,}2\,\text{Wh}$ per dag: meer dan 14 keer wat het pompje gebruikt.

b Bereken wat idee (1) en idee (2) opleveren in Wh per winterdag. (Neem aan dat de omvormer hetzelfde rendement houdt.)

✓ (1) Aan de 5 V-kant: $5 \times 0{,}05 = 0{,}25\,\text{W}$; aan de 12 V-kant $0{,}25/0{,}83 \approx 0{,}30\,\text{W}$. Per dag $0{,}30 \times 24 = 7{,}2\,\text{Wh}$ in plaats van 43,2: 36 Wh minder. (2) $4{,}8 \times 3 = 14{,}4\,\text{Wh}$ in plaats van 19,2: 4,8 Wh minder.

c Is idee (3) een goed idee? Reken het uit.

✓ Nee. Een lineaire regelaar neemt aan de 12 V-kant dezelfde 0,30 A: $12 \times 0{,}30 = 3{,}6\,\text{W}$, voor 1,5 W nuttig: rendement $1{,}5/3{,}6 \approx 42\,\%$. Dat is 86 Wh per dag in plaats van 43: het dubbele. Goedkoop in aankoop, duur in energie.

d Wat wordt het verbruik op een winterdag met (1) en (2)? Welk zonnepaneel zou in december dan volstaan (1,25 Wh per Wp per dag)? Noteer je voorstel in je portfolio.

✓ Winter: $7{,}2 + 14{,}4 + 0{,}49 \approx 22\,\text{Wh}$ per dag in plaats van 62,9. In december volstaat dan $22/1{,}25 \approx 18\,\text{Wp}$: een paneel van 20 Wp. Of: het paneel van 50 Wp blijft en de kas wordt het hele jaar onafhankelijk van het net, met een ruime reserve voor grijze dagen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rendement	P aan de 5 V-kant, rendement en verlies per dag correct, met eenheden.
Besparingen	Idee 1 en 2 correct doorgerekend in Wh per dag.
Lineaire regelaar	Vermogen aan de 12 V-kant berekend; rendement vergeleken; afgewezen met argument.
Voorstel	Nieuw dagverbruik, gevolg voor het paneel, onderbouwd voorstel in het portfolio.

21.13 Het rendement van een waterkoker

●●● Uitdagen | 4 | Rekenen | 20 min

Een waterkoker van 2000 W brengt 1,0 L water van 15 °C aan de kook (100 °C) in 3 minuten en 20 seconden. Om 1 L water 1 °C warmer te maken, is $4{,}2\,\text{kJ}$ nodig (hoofdstuk 16).

a Hoeveel elektrische energie nam de waterkoker op, in kJ?

✓ $t = 200\,\text{s}$; $E = 2000 \times 200 = 400\,000\,\text{J} = 400\,\text{kJ}$.

b Hoeveel warmte kreeg het water?

✓ $Q = 4{,}2 \times 1{,}0 \times (100 - 15) = 357\,\text{kJ}$.

c Bereken het rendement. Waar ging de rest naartoe?

✓ $357/400 \approx 0{,}89 = 89\,\%$. De rest (43 kJ) verwarmt de waterkoker zelf en de lucht erboven, en een beetje water verdampt.

d Je kookt telkens 1,0 L water terwijl je maar één tas (0,25 L) nodig hebt, drie keer per dag. Hoeveel kWh en euro verspil je per jaar?

✓ Per keer 0,75 L te veel: $0{,}75 \times 357/0{,}89 \approx 300\,\text{kJ} = 0{,}083\,\text{kWh}$. Per jaar: $0{,}083 \times 3 \times 365 \approx 91\,\text{kWh}$, ongeveer € 27.

21.14 Debat: de meetkas op het net of op de zon?

Uitdagen · 4 · Argumenteren · 35 min

Van het net zou de meetkas maar ongeveer € 6 per jaar kosten (19,4 kWh). Het zonnepaneel van 50 Wp, de laadregelaar en de batterij van 250 Wh kosten samen al snel € 150 à € 250, en de batterij moet na enkele jaren vervangen worden. Is zonne-energie voor de meetkas dan wel een goed idee? Bereid in groepjes een debat voor.

a Verzamel argumenten voor 'aan het net' en voor 'op de zon'. Gebruik getallen uit hoofdstuk 17 en 21.

✓ Net: goedkoop (€ 6 per jaar), altijd beschikbaar, geen batterij om te vervangen. Zon: geen kabel naar binnen nodig (alleen 12 V in de buurt van water, hoofdstuk 5), werkt ook waar geen stopcontact is, weinig CO2 per kWh, en vooral: Habitat moet een station worden dat zichzelf van energie voorziet; de meetkas is de oefening op kleine schaal.

b Welke argumenten gaan over geld, welke over CO2, welke over veiligheid, welke over leren en over het doel van Habitat?

✓ Geld: net wint duidelijk. CO2: zon wint (maar de hoeveelheid is klein: 19 kWh). Veiligheid: zon en batterij vermijden 230 V in de buurt van de kas. Leren en doel: zon wint, want dat is net de opdracht van Habitat.

c Wat is jouw standpunt na het debat? Onder welke voorwaarden zou je van mening veranderen?

✓ Een persoonlijk, onderbouwd standpunt. Bijvoorbeeld: 'op de zon, met de adapter als reserve, omdat Habitat zelfvoorzienend moet zijn; aan het net als het alleen om geld ging'.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Minstens drie per kant, met correcte getallen (kWh, euro, Wp, Wh).
Afwegen	Geld, CO2, veiligheid en het doel (een zelfvoorzienend station) apart bekeken.
Luisteren	Reageert op de argumenten van de andere groep.
Standpunt	Helder, onderbouwd, met voorwaarden.

21.15 Een verwarming voor de meetkas?

Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Iemand stelt voor om de meetkas in de winter 's nachts te verwarmen met een verwarmingselement van 12 V en 2,0 A, 12 uur per nacht. De wanden van de kas verliezen ongeveer 14 W per graad verschil met buiten (hoofdstuk 16).

a Welk vermogen heeft het element? Kan de voeding van 2 A dat leveren, naast de rest?

✓ $P = 12 \times 2{,}0 = 24\,\text{W}$. Nee: 2,0 A plus 1,20 A voor de rest is 3,2 A, meer dan de 2 A van de voeding.

b Hoeveel energie per nacht? Vergelijk met de batterij en met het paneel in december.

- $24\,\mathrm{W} \times 12\,\mathrm{h} = 288\,\mathrm{Wh}$ per nacht: meer dan de hele batterij (250 Wh) en ruim vier keer wat het paneel in december per dag levert (62,5 Wh).

c Hoeveel graden warmer dan buiten houdt het element de kas ongeveer?

- Evenwicht: 24 W verwarming = 14 W per graad × verschil, dus het verschil is $24/14 \approx 1{,}7$ °C.

d Wat is je advies? Welke andere manier om de kas 's nachts warmer te houden ken je uit hoofdstuk 16?

- Niet doen: veel energie voor maar 1,7 °C. Beter: warmte bewaren in het waterreservoir als warmtebuffer, een nachtscherm, kieren dichten (hoofdstuk 16), of koudebestendige planten kiezen.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 22

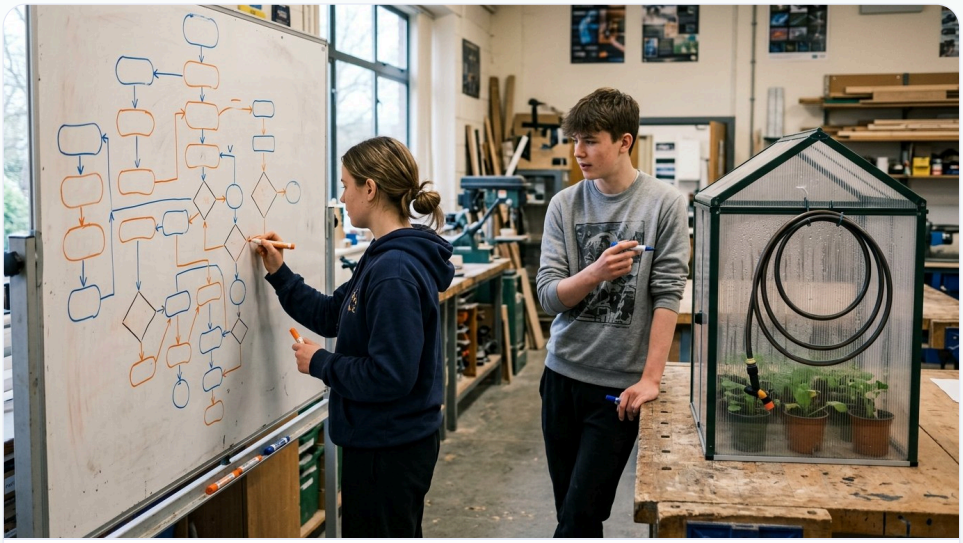
Computationeel denken

Denken als een programmeur, nog voor je één regel code schrijft

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 270 min

P Programmeren en computationeel denken · W Wiskundig modelleren · A Data en AI



Eerst denken, dan programmeren: het algoritme van de meetkas groeit op het bord.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

22.1 Welk gereedschap?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Welk gereedschap van computationeel denken wordt hier vooral gebruikt?

a Je splitst 'een fietstocht plannen' op in route kiezen, eten meenemen en de fiets nakijken.

- A decompositie
- B patroonherkenning
- C abstractie
- D algoritme

✓ Decompositie: één groot probleem in drie deelproblemen.

b Je merkt dat drie huiswerktaken telkens met dezelfde stappen beginnen.

- A decompositie
- B patroonherkenning
- C abstractie
- D algoritme

✓ Patroonherkenning: hetzelfde begin komt telkens terug; je kan het één keer goed uitdenken.

c Een metrokaart toont de stations op rechte lijnen, zonder straten.

- A decompositie
- B patroonherkenning
- C abstractie
- D algoritme

✓ Abstractie: straten en echte afstanden zijn weggelaten omdat ze voor de reiziger niet tellen.

d Een recept voor pannenkoeken met genummerde stappen.

- A decompositie
- B patroonherkenning
- C abstractie
- D algoritme

✓ Algoritme: een stappenplan in een vaste volgorde.

e Voor het water geven let je alleen op het vocht en het reservoir, niet op de soort plant.

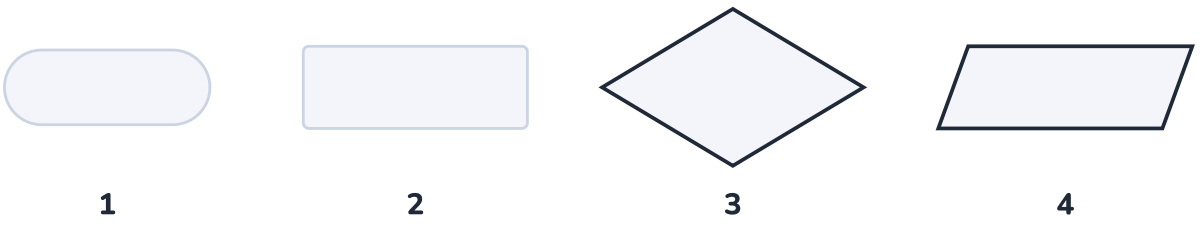
- A decompositie
- B patroonherkenning
- C abstractie
- D algoritme

✓ Abstractie: alleen de gegevens die de beslissing kunnen veranderen, blijven over.

22.2 Symbolen van het stroomdiagram

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Een stroomdiagram gebruikt vaste vormen.



Vier symbolen, genummerd 1 tot 4.

a Wat betekent elk symbool? 1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____

✓ 1: start of stop; 2: handeling; 3: beslissing; 4: invoer of uitvoer.

b Welk symbool gebruik je voor 'Is de knop ingedrukt?', voor 'toon: klaar', voor 'zet de pomp aan' en voor 'Stop'?

✓ 'Is de knop ingedrukt?': ruit (3). 'toon: klaar': parallellogram (4). 'zet de pomp aan': rechthoek (2). 'Stop': ovaal (1).

c Hoeveel pijlen vertrekken er uit symbool 3? Wat schrijf je erbij?

✓ Twee pijlen, met 'ja' en 'nee' erbij.

22.3 Thee zetten in de juiste volgorde

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

De stappen van het algoritme 'thee zetten' zijn door elkaar geraakt. A: giet het water in de tas. B: vul de waterkoker. C: wacht tot het water kookt. D: hang een theezakje in de tas. E: zet de waterkoker aan. F: haal het zakje eruit na 3 minuten.

a Zet de letters in een juiste volgorde.

✓ B, E, C, D, A, F (of B, E, D, C, A, F).

b Welke twee stappen mogen van plaats wisselen zonder dat het resultaat verandert?

✓ D kan op elk moment vóór A (terwijl het water opwarmt, of zelfs helemaal eerst). Niet elke stap hangt van de vorige af.

c Welke stap is eigenlijk een lus met een beslissing? Schrijf ze als een ja/nee-vraag.

✓ C: 'wacht tot het water kookt' is een lus: 'Kookt het water?' nee → wacht even → opnieuw kijken; ja → verder.

22.4 Een eerste trace

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Speel dit algoritme na. (1) Zet x op 3 en s op 0. (2) Herhaal 4 keer: s = s + x, daarna x = x + 2. (3) Toon s.

a Vul de trace-tabel in (waarden aan het einde van elke ronde).

✓ Ronde 1: s = 3, x = 5. Ronde 2: s = 8, x = 7. Ronde 3: s = 15, x = 9. Ronde 4: s = 24, x = 11.

b Wat toont het algoritme?

✓ Het toont 24.

c Wat telt het algoritme eigenlijk op? Beschrijf het in één zin.

✓ De som van de eerste vier oneven getallen vanaf 3: 3 + 5 + 7 + 9 = 24. Let op de volgorde: eerst optellen, dan x verhogen; omgekeerd zou je 5 + 7 + 9 + 11 = 32 krijgen.

22.5 Een klasfeest opdelen

Oefenen · 2 · Tekenen · 12 min

Je klas organiseert een feest op de laatste schooldag. Dat is een groot probleem.

a Teken een decompositieboom met minstens drie deelproblemen, elk opgesplitst in minstens twee taken.

Bijvoorbeeld: 'klasfeest' → eten (boodschappenlijst maken, geld inzamelen), muziek (playlist maken, box lenen), lokaal (tafels schikken, opruimen achteraf), uitnodiging (tekst schrijven, verspreiden).

b Duid één taak aan die je nog verder zou opdelen. Waarom?

Bijvoorbeeld 'geld inzamelen': hoeveel per leerling, wie houdt de lijst bij, wanneer. Een taak is klein genoeg als je ze in één zin met een werkwoord kan beschrijven en weet hoe je ze doet.

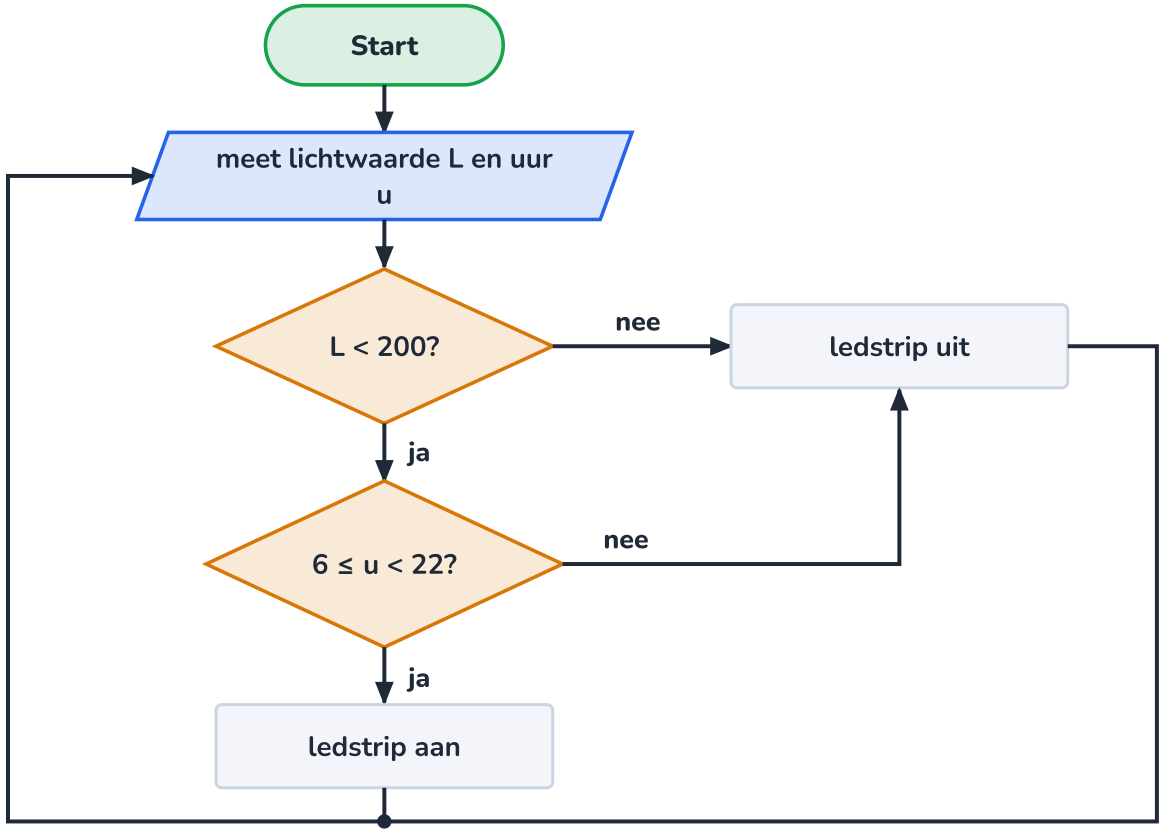
Toepassen

Toepassen — meerdere stappen, in een context

22.6 Een stroomdiagram lezen: de kasverlichting

Toepassen · 2 · Analyseren · 12 min

De microcontroller van de meetkas voert dit algoritme uit.



De ledstrip van de meetkas met een lichtsensor en een klok. L: hoe groter, hoe lichter.

a Is de ledstrip aan of uit bij L = 150 en u = 20? En bij L = 150 en u = 23? En bij L = 500 en u = 12?

L = 150, u = 20: donker en tussen 6 en 22 uur → aan. L = 150, u = 23: donker, maar na 22 uur → uit. L = 500, u = 12: licht genoeg → uit (de tweede vraag wordt niet eens gesteld).

b Waarom staat de tweede ruit er? Wat zou er gebeuren zonder?

✓ Zonder de tweede ruit brandt de ledstrip de hele nacht (het is dan altijd donker). Planten hebben een nachtrust nodig, en het kost energie (hoofdstuk 21).

c Stopt dit algoritme ooit? Is dat een bug?

✓ Nee, na elke keuze loopt de pijl terug naar het meten. Dat is geen bug: een verlichting moet blijven werken.

22.7 Teken het: een wekker met sluimerknop

Toepassen · 3 · Tekenen · 20 min

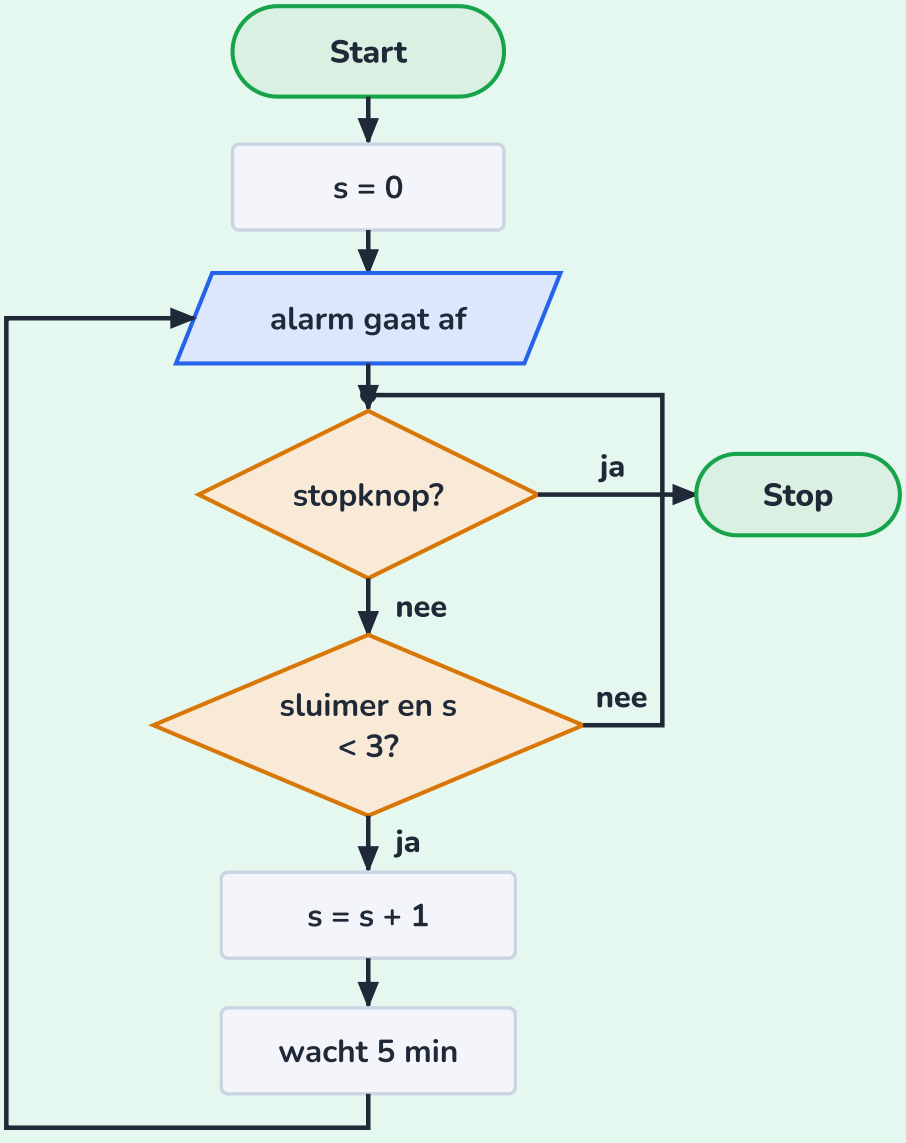
Een wekker gaat af. Druk je op de stopknop, dan is hij uit. Druk je op sluimeren, dan is hij 5 minuten stil en gaat hij opnieuw af. Na 3 keer sluimeren werkt de sluimerknop niet meer: dan helpt alleen de stopknop.

a Welke variabele heb je nodig? Welke beginwaarde krijgt ze?

✓ Een teller s voor het aantal keer sluimeren, met beginwaarde 0 (vóór het eerste alarm).

b Teken het stroomdiagram met de juiste symbolen.

✓ Zie de figuur. Na 'alarm gaat af' eerst de vraag 'stopknop?' (ja → Stop). Bij nee: 'sluimer en s < 3?'. Ja → s = s + 1, wacht 5 min, terug naar het alarm. Nee (geen knop, of al 3 keer gesluimerd) → het alarm blijft klinken: terug naar 'stopknop?'.



c Speel het na: je sluimert 4 keer en drukt dan op stop. Hoe vaak gaat het alarm af?

Het alarm gaat 4 keer af (het begin plus 3 keer na sluimeren). De vierde druk op sluimeren doet niets meer (s = 3); het alarm blijft klinken tot de stopknop.

22.8 Sorteren naspelen

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Sorteer de kaarten 8, 3, 6, 1 met selectiesorteren: zoek in het ongesorteerde deel de kleinste en wissel hem met de eerste kaart van dat deel.

a Schrijf de rij na elke ronde.

Ronde 1: 1 3 6 8 (1 en 8 wisselen). Ronde 2: 1 3 6 8 (3 staat al goed). Ronde 3: 1 3 6 8 (6 staat al goed; 8 blijft over).

b Hoeveel keer vergelijk je twee kaarten in totaal?

3 + 2 + 1 = 6 vergelijkingen. Het algoritme weet niet dat de rij al na ronde 1 gesorteerd is: het vergelijkt toch verder.

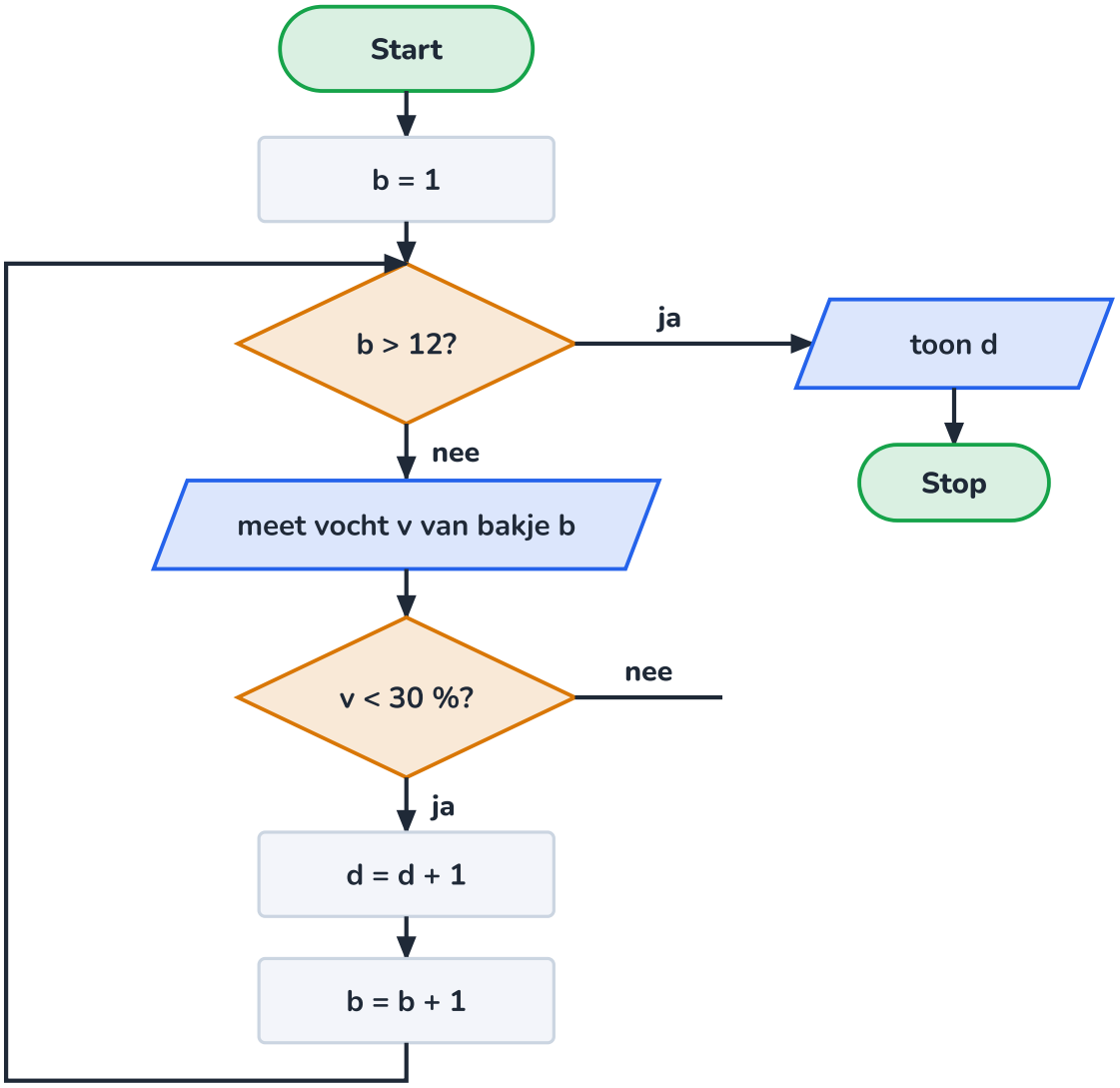
c Hoeveel vergelijkingen zijn er voor 10 kaarten? Welk patroon zie je?

9 + 8 + 7 + … + 1 = 45. Patroon: voor n kaarten is het (n − 1) + (n − 2) + … + 1 = n · (n − 1) / 2. Voor 100 kaarten al 4950.

22.9 Bugs in het tellen van droge bakjes

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Een leerling tekende dit algoritme. De eerste drie bakjes hebben 25 %, 40 % en 28 % vocht.



Dit algoritme moet tellen hoeveel van de 12 bakjes te droog zijn (d).

a Speel het na voor de eerste drie bakjes. Waar loopt het mis?

b = 1: 25 % → ja → d = d + 1 (maar d heeft geen waarde!) → b = 2. Bakje 2: 40 % → nee → de pijl gaat nergens heen: het algoritme loopt vast.

b Er zitten twee fouten in. Welke?

Fout 1: d krijgt geen beginwaarde (d = 0 ontbreekt). Fout 2: de nee-pijl van 'v < 30 %?' gaat nergens heen; ook bij een nat bakje moet b met 1 verhogen, anders bekijk je altijd hetzelfde bakje.

c Beschrijf hoe je het stroomdiagram verbetert.

Maak de eerste handeling 'd = 0 en b = 1'. Laat de nee-pijl van 'v < 30 %?' naar 'b = b + 1' lopen (voorbij 'd = d + 1'). Zo wordt b bij elk bakje verhoogd en telt d alleen de droge.

22.10 Hoe slim is halveren?

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Je raadt een geheim getal met de strategie 'gok telkens het midden' (zie handboek).

a Maak de trace-tabel voor het geheime getal 37.

Poging 1: 1 en 100 → 50 → lager. Poging 2: 1 en 49 → 25 → hoger. Poging 3: 26 en 49 → 37 → juist. Drie pogingen.

b Hoeveel pogingen heb je hoogstens nodig voor een getal van 1 tot 1000? Leg uit met tweemachten.

Elke poging halveert wat overblijft. $2^9 = 512$ is te weinig, $2^{10} = 1024$ is genoeg: hoogstens 10 pogingen.

c Een vriend raadt gewoon 1, 2, 3, ... Hoeveel pogingen heeft hij hoogstens nodig voor 1 tot 1000? Hoeveel gemiddeld?

Hoogstens 1000, gemiddeld ongeveer 500. Halveren is voor 1000 getallen honderd keer sneller dan gewoon tellen.

22.11 Jij bent de computer: een drempel leren

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

De ledstrip moet aan als het te donker is voor de planten. Een tuinier heeft twaalf keer de lichtwaarde L gemeten en telkens gezegd of het te donker was. **Te donker:** 80, 120, 150, 210, 260, 330. **Niet te donker:** 240, 310, 380, 420, 500, 640. De regel is 'ledstrip aan als L < drempel'.

a Tel voor de drempels 200, 300 en 400 hoeveel voorbeelden fout voorspeld worden.

200: fout zijn 210, 260 en 330 (te donker maar niet onder 200) → 3 fouten. 300: fout zijn 330 en 240 → 2 fouten. 400: fout zijn 240, 310 en 380 → 3 fouten.

b Welke drempel 'leer' je? Test ze op vier nieuwe metingen: 180 en 290 (te donker), 350 en 450 (niet te donker).

300 heeft de minste fouten. Test: 180 → aan (juist), 290 → aan (juist), 350 → uit (juist), 450 → uit (juist): 4 van de 4.

c Waarom kan geen enkele drempel alle twaalf voorbeelden juist krijgen?

Het voorbeeld 240 (niet te donker) ligt lager dan 260 en 330 (wel te donker). Een drempel die 240 juist krijgt, maakt 260 of 330 fout. Het oordeel hangt blijkbaar ook van iets anders af dan L alleen (het tijdstip, het weer), of de tuinier was niet consequent.

Uitdagen

Uitdagen — transfer, open problemen, leerlijnen combineren

22.12 Habitat: water geven met een foutdetectie

Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

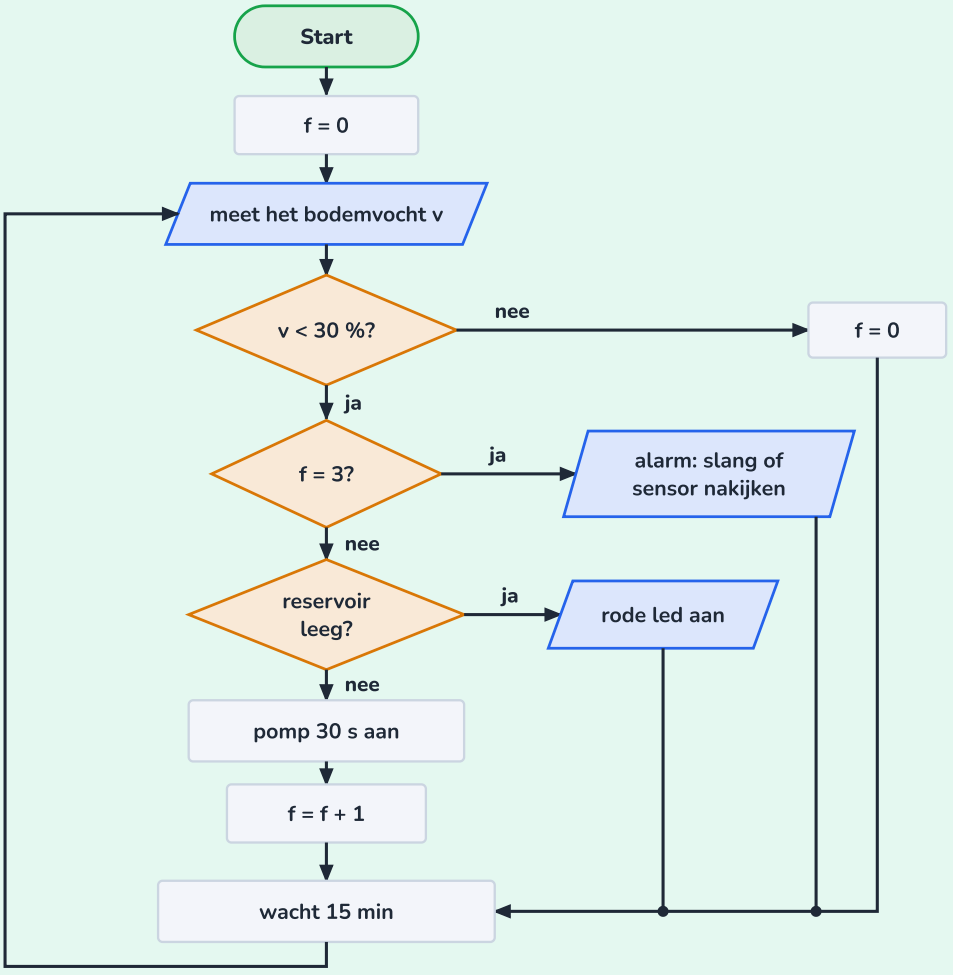
Het algoritme 'water geven' uit het handboek heeft een zwakke plek. Als de slang losschiet of de sensor stuk is, stijgt het vocht na het pompen niet, en de kas blijft elke 15 minuten 240 mL pompen, de hele nacht door, tot het reservoir leeg is. Maak het algoritme slimmer: na **drie beurten na elkaar** waarbij het vocht onder 30 % blijft, stopt de kas met pompen en geeft ze een alarm.

a Welke variabele voeg je toe? Wanneer verhoog je ze, en wanneer zet je ze terug op 0?

Een teller f (mislukte beurten na elkaar), beginwaarde 0. Na elke pompbeurt f = f + 1. Meet je daarna 30 % of meer, dan werkt alles: f = 0.

b Teken het verbeterde stroomdiagram.

Zie de figuur: meet v; v < 30 %? nee → f = 0 → wacht. Ja → f = 3? ja → alarm (geen pompbeurt). Nee → reservoir leeg? ja → rode led; nee → pomp 30 s, f = f + 1 → wacht 15 min → opnieuw meten.



c Speel het na: de slang is los, het vocht blijft op 27 %. Hoeveel water gaat er verloren voor het alarm komt?

Meting 1: 27 %, f = 0 → pomp, f = 1. Meting 2: 27 %, f = 1 → pomp, f = 2. Meting 3: 27 %, f = 2 → pomp, f = 3. Meting 4: 27 %, f = 3 → alarm, geen pomp. Er gaat $3 \times 240 = 720\,\text{mL}$ verloren in plaats van het hele reservoir.

d Waarom mag je de teller niet op 0 zetten bij elke meting? Test je algoritme ook op een gewone dag: gaat het alarm nooit onterecht af?

Op een gewone dag stijgt v na een beurt boven 30 % (bv. 44 %): de nee-tak zet f op 0. Zou je f bij elke meting op 0 zetten, dan kan f nooit 3 worden en komt het alarm nooit. Grensgeval: bij een heel droge grond (bv. 10 %) kan het na één beurt nog onder 30 % zijn; dan telt f door. Drie beurten (720 mL) is ruim genoeg om een droge kas boven 30 % te krijgen, dus een onterecht alarm is onwaarschijnlijk.

e Portfolio: noteer je stroomdiagram en de getallen (drempel 30 %, 30 s pompen, 15 min wachten, alarm na 3 mislukte beurten).

Bijvoorbeeld: 'Water geven: drempel 30 %, 30 s = 240 mL per beurt, 15 min wachten, alarm na 3 beurten zonder resultaat (720 mL).'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Variabele	Een teller met beginwaarde 0, verhoogd na elke beurt, terug op 0 als het vocht weer boven de drempel is.
Stroomdiagram	Juiste symbolen, twee gelabelde pijlen uit elke ruit, alarm vóór het pompen, lus terug naar het meten.
Trace	Drie beurten van 240 mL (720 mL), dan alarm en geen pompbeurten meer.
Test	Ook een gewone dag nagespeeld: na een geslaagde beurt gaat f terug op 0.

22.13 Debat: mag de kas zelf leren?

●●● Uitdagen · 4 · Argumenteren · 30 min

Een bedrijf biedt een 'slimme kas' aan: een AI die uit de metingen van duizenden kassen geleerd heeft wanneer planten water nodig hebben. Je hoeft geen drempel meer te kiezen. Het bedrijf zegt niet welke regel het systeem gebruikt.

a Geef twee voordelen van het lerende systeem tegenover de vaste regel van 30 %.

✓ Bijvoorbeeld: het kan rekening houden met veel gegevens tegelijk (temperatuur, licht, plantensoort, seizoen); het is geleerd uit veel meer ervaring dan één tuinier heeft.

b Geef twee risico's. Denk aan de voorbeelden, de uitleg en de verantwoordelijkheid.

✓ Bijvoorbeeld: de voorbeelden kunnen van heel andere kassen komen (ander klimaat, andere planten); je weet niet waarom het beslist en kan een fout moeilijk vinden; het maakt fouten zonder te waarschuwen; wie is verantwoordelijk als de planten doodgaan?

c Welke vragen stel je aan het bedrijf voor je het systeem vertrouwt?

✓ Bijvoorbeeld: uit welke kassen komen de voorbeelden? Hoe vaak is het systeem fout bij nieuwe kassen (testresultaat)? Kan ik de beslissingen zien? Wat gebeurt er als een sensor stukgaat? Kan ik zelf een grens instellen?

d Neem een standpunt in voor de meetkas en verdedig het in drie zinnen.

✓ Bijvoorbeeld: 'Voor de meetkas kies ik de vaste regel: ze is eenvoudig, ik kan ze controleren en een fout vinden. Een lerend systeem is pas zinvol als ik veel eigen gegevens heb en het kan testen op nieuwe metingen. Wel kan ik de drempel van 30 % laten bijsturen met mijn eigen metingen, zoals in het handboek.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Voordelen	Minstens twee concrete voordelen (bv. rekening houden met meer gegevens, per plantensoort).
Risico's	Minstens twee, gekoppeld aan de voorbeelden, de uitleg of de verantwoordelijkheid.
Standpunt	Duidelijk, met argumenten uit het handboek, en met aandacht voor het tegenargument.

22.14 Ontwerp: het droogste bakje vinden

●●● Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 30 min

In de meetkas staan 12 bakjes. Je wil weten welk bakje het droogst is (het laagste vocht), zodat je daar de sensor zet. Je kan het vocht van één bakje per keer meten.

a Ontwerp het algoritme in genummerde stappen. Welke variabelen gebruik je?

✓ (1) Meet bakje 1; laagste = dat vocht; nummer = 1. (2) Voor b = 2 tot 12: meet het vocht v van bakje b; als v < laagste, dan laagste = v en nummer = b. (3) Toon nummer en laagste. Beginwaarde: het eerste bakje (niet 0, want dan is niets lager).

b Speel je algoritme na voor vijf bakjes met 34, 29, 41, 26 en 31 %.

✓ b = 1: 34 → laagste 34, nr 1. b = 2: 29 < 34 → 29, nr 2. b = 3: 41 → blijft 29, nr 2. b = 4: 26 < 29 → 26, nr 4. b = 5: 31 → blijft 26, nr 4. Uitkomst: bakje 4 (26 %).

c Hoeveel vergelijkingen heb je nodig voor 12 bakjes? Kan het met minder?

✓ 11 vergelijkingen (elk bakje behalve het eerste één keer). Minder kan niet: een bakje dat je niet vergelijkt, kan net het droogste zijn.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Variabelen	Een variabele voor het laagste vocht tot nu en een voor het nummer van dat bakje, met een goede beginwaarde.
Stappen	Lus over alle bakjes, vergelijking met het laagste tot nu, bijwerken als het lager is, uitvoer op het einde.
Trace	Correct nagespeeld; uitkomst bakje 4 met 26 %.

22.15 Scheve voorbeelden

Uitdagen · 4 · Analyseren · 20 min

Een school laat een computer de drempel voor water geven leren, zoals in het handboek. Alle gelabelde voorbeelden komen uit juli, van tomatenplanten in een warme kas. De geleerde drempel is 38 %. In november gebruiken ze dezelfde regel voor slaplantjes in een koele kas.

a Waarom leerde de computer in juli een hogere drempel dan 30 %?

✓ In een warme kas verdampen de planten veel water; de tuinier zag ze al bij een hoger vocht dorst krijgen, en dat heeft de computer overgenomen.

b Wat gaat er in november waarschijnlijk mis? Is de computer 'fout'?

✓ In een koele kas verdampen de slaplantjes weinig; bij 38 % hebben ze nog genoeg. De kas geeft te veel water: natte voeten, schimmel, verspild water. De computer deed precies wat hij moest: de beste drempel voor de voorbeelden die hij kreeg. De voorbeelden waren eenzijdig.

c Hoe verbeter je het leren? Geef twee manieren.

✓ Voorbeelden verzamelen uit alle seizoenen en van alle plantensoorten; een extra gegeven toevoegen (temperatuur of plantensoort) zodat de regel kan verschillen; en altijd testen op nieuwe metingen uit de situatie waarin je het systeem gebruikt.

d Geef een voorbeeld buiten de kas waar een AI-systeem hetzelfde probleem kan hebben.

✓ Bijvoorbeeld een gezichtsherkenning die vooral met foto's van één groep mensen geleerd heeft en anderen slechter herkent, of een systeem dat ziektes herkent op foto's van één ziekenhuis en faalt op foto's van een ander toestel. Dit heet **bias** in de data (Intermediate, hoofdstuk 39).

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 23

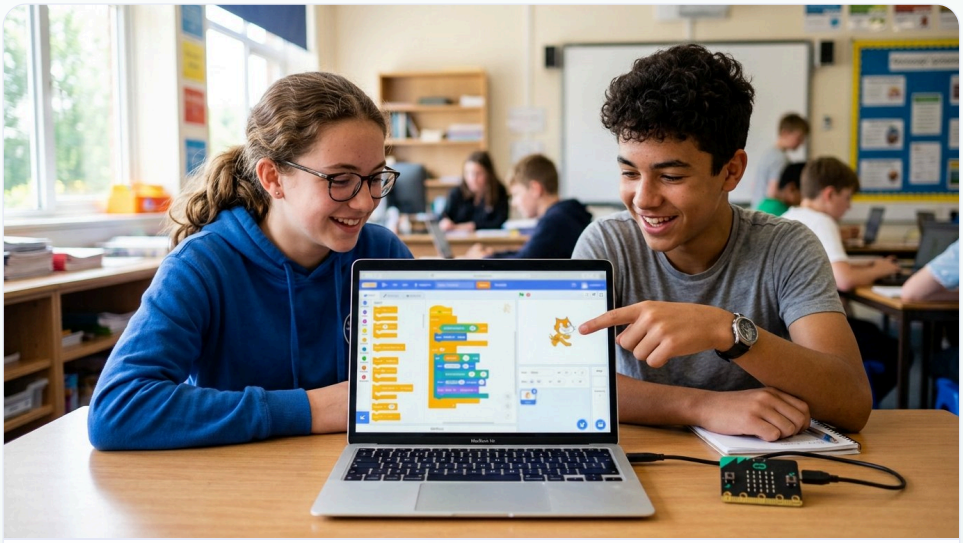
Programmeren met blokken

Sequentie, herhaling, keuze en variabelen: programmeren door blokken te stapelen

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 291 min

P Programmeren en computationeel denken



Blokken stapelen tot een programma: een fout typen kan niet, een fout denken wel.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen — één stap, direct toepassen

23.1 Welke categorie?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

In welke categorie van Scratch vind je elk blok, en welke kleur heeft ze?

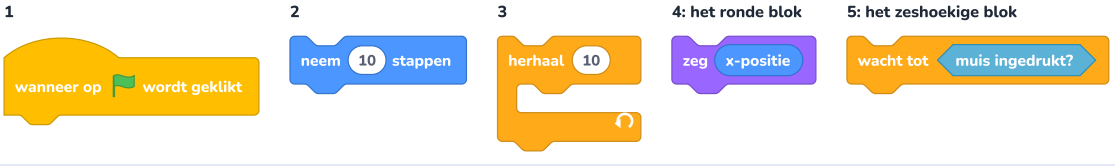
Vul de tabel in.

Beweging (blauw); Uiterlijken (paars); Besturen (oranje); Variabelen (donkeroranje); Gebeurtenissen (geel); Functies (groen); Waarnemen (lichtblauw).

23.2 Vormen benoemen

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Elk blok heeft een vorm die zegt waar het past.



Vijf blokken met een verschillende vorm.

a Geef de naam van de vorm van blok 1, 2 en 3.

✓ 1: hoedblok (start een script). 2: stapelblok (commando). 3: C-blok (met een mond).

b Het ronde blok (x-positie) en het zeshoekige blok (muis ingedrukt?) zitten in een ander blok. Wat is het verschil tussen beide?

✓ Het ronde blok geeft een waarde (een getal of tekst), het zeshoekige blok een voorwaarde (waar of niet waar).

c Kan je het zeshoekige blok in het witte vak van 'neem (10) stappen' slepen? Waarom (niet)?

✓ Nee: in een rond of wit vak past alleen een rond blok. Een voorwaarde is geen aantal stappen.

23.3 Wat zegt de sprite?

Oefenen · 2 · Rekenen · 8 min

Speel het script na.



Een script met twee variabelen.

a Welke waarde hebben a en b na elk blok?

a = 5 (b nog leeg); a = 5, b = 10; a = 6, b = 10.

b Wat zegt de sprite?

6 + 10 = 16.

c Verandert b vanzelf als a verandert? Leg uit.

Nee. Bij 'maak b (a * 2)' wordt de waarde op dat moment berekend (10) en in b gezet. Als a daarna verandert, blijft b 10.

23.4 Hoeveel stappen?

Oefenen · 2 · Rekenen · 8 min

De sprite start op x = 0 en kijkt naar rechts.



Een lus met een lus erin.

a Hoeveel keer wordt 'neem (5) stappen' uitgevoerd?

✓ 3 × 4 = 12 keer.

b Hoeveel stappen zet de sprite in totaal? Waar staat ze op het einde?

✓ Per ronde van de buitenste lus: $10 + 4 \times 5 = 30$ stappen; drie rondes: 90 stappen. Ze staat op x = 90.

23.5 Van zin naar script

●○○ Oefenen · 2 · </> Programmeren · 10 min

Schrijf het script: 'Als je op de groene vlag klikt, zegt de sprite vijf keer telkens 1 seconde Hallo! en daarna 2 seconden Klaar!'

a Teken het script (schrijf de tekst van elk blok; zet de blokken in een mond duidelijk in).

✓ Zie de figuur: groene vlag, herhaal (5) met 'zeg (Hallo!) (1) sec.' erin, daarna 'zeg (Klaar!) (2) sec.'.



b Hoe lang duurt het van de klik tot Klaar! verdwijnt?

✓ 5 × 1 s + 2 s = 7 s.

●●○ Toepassen Toepassen

meerdere stappen, in een context

23.6 Aftellen in stappen van twee

●●○ Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een leerling wil aftellen: 5, 3, 1, klaar. Het script stopt niet.



Een aftelscript dat per twee telt.

a Speel de eerste vier rondes na.

Ronde 1: 5 → nee → 3 → zegt 3. Ronde 2: 3 → nee → 1 → zegt 1. Ronde 3: 1 → nee → −1 → zegt −1. Ronde 4: −1 → nee → −3 → zegt −3.

b Waarom stopt het script nooit? En waarom zegt het nooit 5?

✓ tijd springt van 1 naar −1 en is dus nooit precies 0: 'tijd = 0' wordt nooit waar. En de sprite zegt de nieuwe waarde, want 'verander' staat vóór 'zeg'.

c Geef twee verschillende manieren om het te verbeteren.

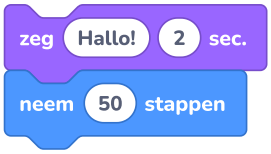
✓ (1) Test op 'tijd < 0' in plaats van 'tijd = 0' (en zet 'zeg' vóór 'verander', dan hoor je 5, 3, 1). (2) Laat tijd bij 6 beginnen: 6, 4, 2, 0 komt wel op 0. De eerste oplossing is robuuster: ze werkt voor elke startwaarde.

23.7 Drie scripts, drie bugs

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Geen van de drie scripts doet wat zijn maker wil.

A: 'hallo zeggen bij de start'



B: 'punten optellen'



C: 'animatie'



Wat de maker wilde, staat erboven.

a Wat gaat er mis in A, en hoe verbeter je het?

✓ A heeft geen hoedblok: het start nooit vanzelf. Zet 'wanneer op de groene vlag wordt geklikt' erboven.

b Wat zegt de sprite in B? Wat had de maker verwacht? Verbeter.

✓ B zegt 10: de beginwaarde wordt in elke ronde opnieuw 0, en dan komt er 10 bij. Verwacht was 50. Zet 'maak [punten] (0)' vóór de lus.

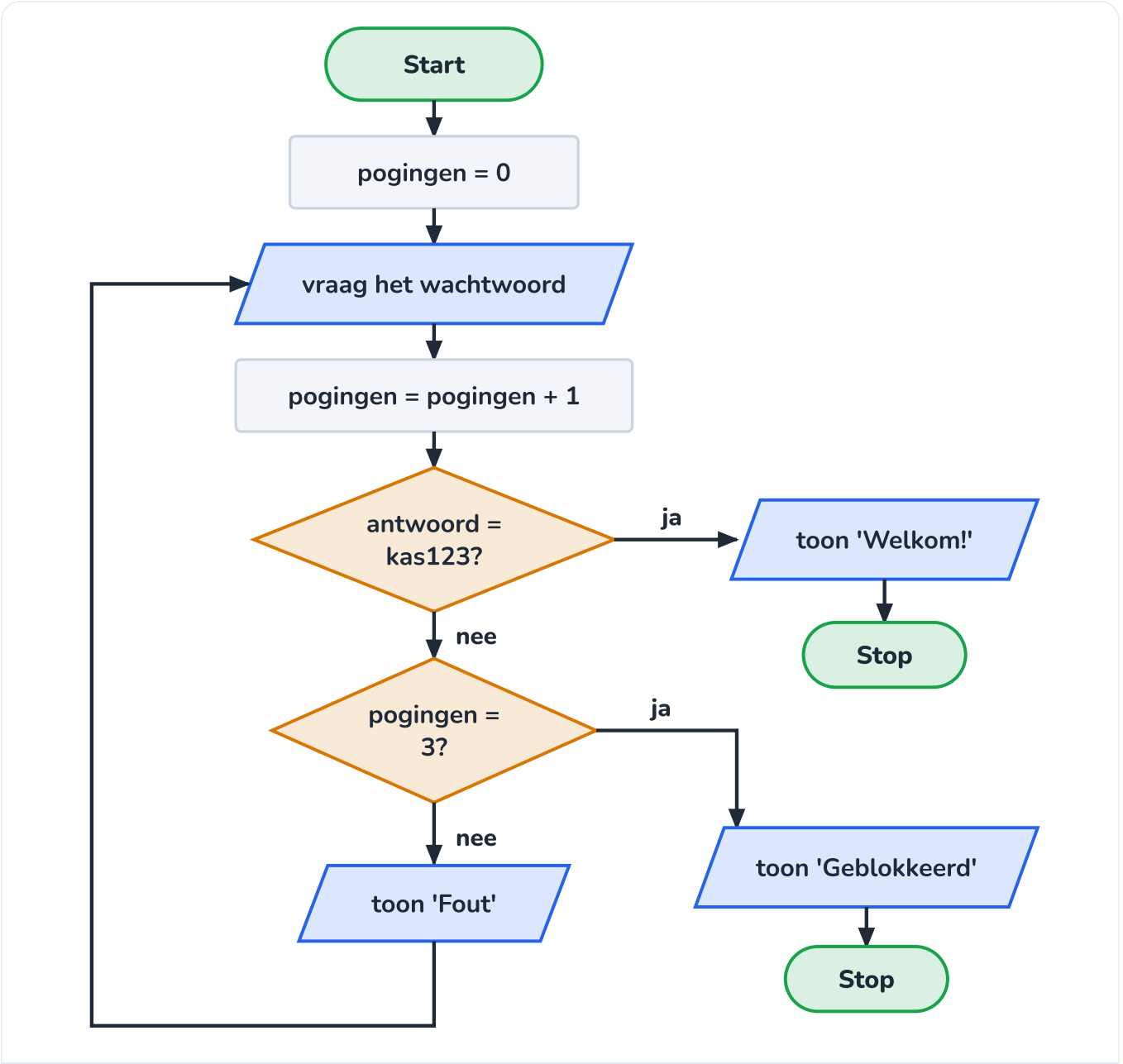
c In C zie je de sprite nauwelijks veranderen. Waarom? Verbeter.

✓ C wisselt 20 keer van uiterlijk zonder te wachten: dat gaat zo snel dat je bijna niets ziet. Zet 'wacht (0.2) sec.' in de lus.

23.8 Een stroomdiagram omzetten: het wachtwoord

Toepassen · 3 · Programmeren · 20 min

Zet het stroomdiagram om in een Scratch-script.



Een wachtwoordcontrole met hoogstens drie pogingen.

a Welke variabele heb je nodig? Welke Scratch-blokken passen bij de twee ruiten?

Een teller pogingen. De ruit 'antwoord = kas123?' wordt 'als <antwoord = kas123> dan ... anders ...'. De ruit 'pogingen = 3?' wordt de lus 'herhaal (3)' (of 'herhaal tot pogingen = 3').

b Teken het script.

Zie de figuur.



c Test je script in je hoofd: de gebruiker typt 'kas12', 'Kas123' en 'kas123'. Wat gebeurt er? (Scratch maakt geen verschil tussen hoofdletters en kleine letters bij '='.)

'kas12': Fout. 'Kas123': Scratch vergelijkt tekst zonder op hoofdletters te letten, dus dit is juist: Welkom! en alles stopt. De derde poging komt er niet. (Een echt wachtwoord moet wel hoofdlettergevoelig zijn.)

23.9 Signalen volgen

Toepassen · 3 · Begrijpen · 12 min

Je klikt op de groene vlag.



Anna en Bo sturen elkaar signalen.

a Zet de tekstballonnen in de juiste volgorde, met het tijdstip waarop ze verschijnen.

0 s: Anna 'Hallo!' (2 s). 2 s: Bo 'Hoi!' (2 s). 4 s: Anna 'Tot straks!' (2 s).

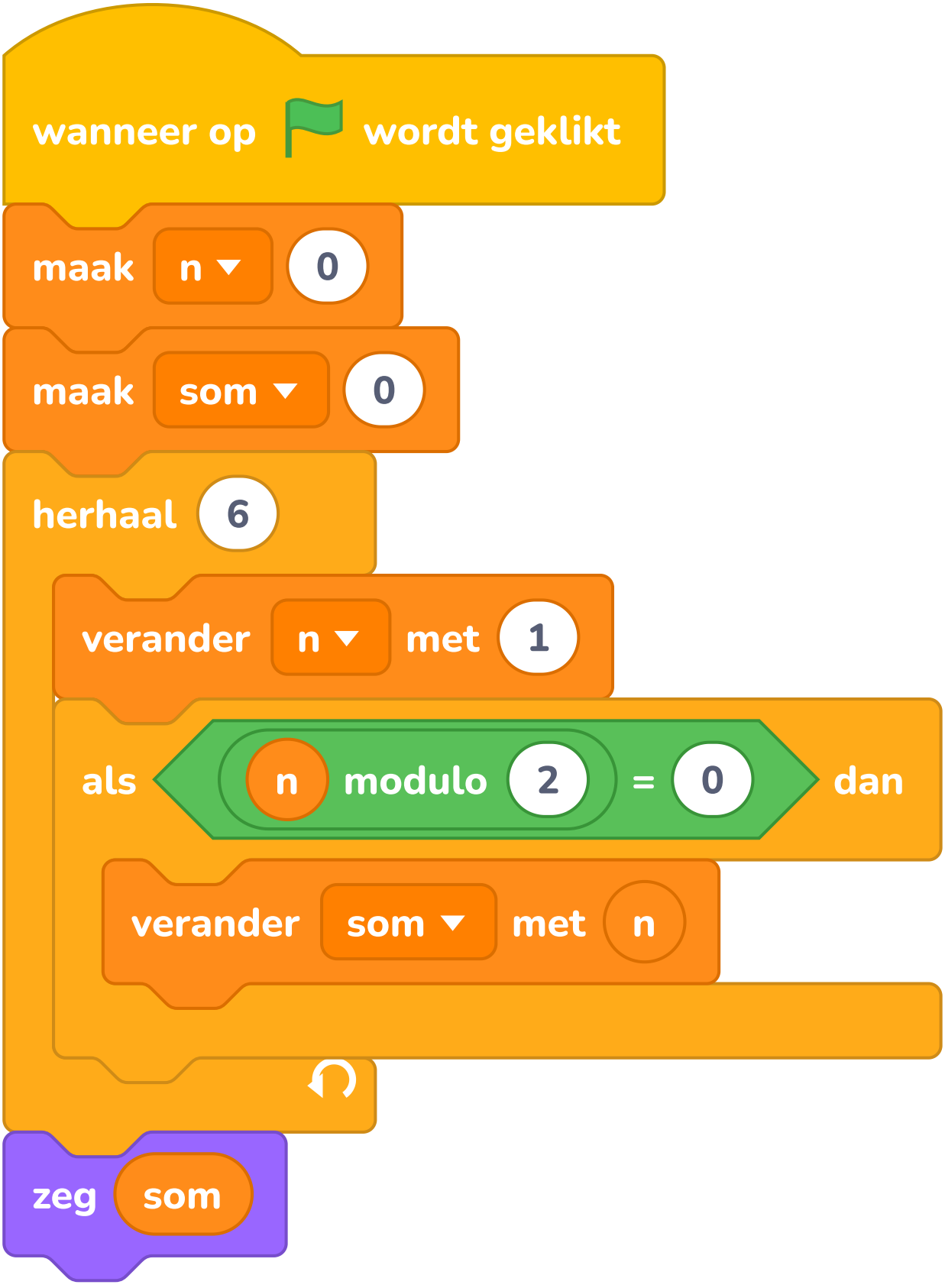
b Wat verandert er als Anna 'zeg (Hallo!)' gebruikt zonder '2 sec.'?

Dan zendt Anna het signaal meteen: Bo zegt 'Hoi!' al op 0 s en Anna 'Tot straks!' op 2 s. Ook 'Hallo!' blijft staan tot de volgende zeg-opdracht van Anna het vervangt.

23.10 Een lus met een keuze

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

Speel het script na.



'n modulo 2' is de rest bij deling door 2.

a Vul de trace-tabel in.

✓ n = 1, 2, 3, 4, 5, 6; rest 1, 0, 1, 0, 1, 0; som 0, 2, 2, 6, 6, 12.

b Wat zegt de sprite? Wat telt het script eigenlijk op?

✓ 12: de som van de even getallen van 1 tot 6 (2 + 4 + 6).

c Wat moet je veranderen om de oneven getallen van 1 tot 9 op te tellen?

✓ herhaal (9) en de voorwaarde '(n modulo 2) = 1': 1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25.

23.11 Maak: een reactietijdmeter met gemiddelde

●●○ Toepassen ▮▮▮▯▯▯▯▯▯ 3 Maken 30 min

Het script uit de proef meet één reactietijd. Breid het uit: het meet vijf keer na elkaar, toont telkens de tijd en op het einde het gemiddelde.

a Welke variabele heb je extra nodig? Waar geef je haar een beginwaarde?

✓ Een variabele totaal (de som van de tijden), beginwaarde 0 vóór de lus.

b Bouw het script in Scratch en teken het hier.

✓ Zie de figuur.



c Meet bij drie klasgenoten. Noteer de gemiddelden.

✓ Typisch tussen 0,2 en 0,4 s. Wie oefent, wordt vaak een beetje sneller.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Variabele	Een variabele totaal met beginwaarde 0 vóór de lus.
Lus	Herhaal (5) rond het meten; de klok wordt bij elke meting op 0 gezet.
Gemiddelde	totaal / 5 na de lus, getoond met zeg.
Werkt	Getest; de willekeurige wachttijd blijft in de lus.

23.12 Habitat: een realistischere simulatie

Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

De simulatie uit het handboek laat het vocht dag en nacht even snel dalen en merkt niet wanneer het reservoir leeg raakt. Maak twee verbeteringen: (1) 's nachts, van 0 tot 6 uur, daalt het vocht maar 2 procentpunt per uur (de planten verdampen minder); (2) zakt het water onder 5 L, dan zegt de sprite 'Reservoir bijvullen!' en stopt de simulatie. Laat de simulatie lopen tot dat gebeurt.

a Welke variabele heb je extra nodig voor de nacht? Hoe weet je met 'modulo' welk uur van de dag het is?

Een variabele uur die elke ronde met 1 verhoogt. 'uur modulo 24' geeft het uur van de dag: bij 30 is dat 6, bij 47 is dat 23. De nacht is 'uur modulo 24 < 6'.

b Teken het verbeterde script.

Zie de figuur.



c Reken eerst zonder de nacht: na hoeveel dagen zakt het reservoir onder 5 L, als de kas 1,8 L per dag gebruikt?

Van 30 L tot 5 L is 25 L. $25 : 1{,}8 \approx 13{,}9$: in de loop van de 14de dag.

d Met de trage nacht gebruikt de kas minder. Schat hoeveel minder per dag, en wat dat betekent voor het aantal dagen.

Zes nachturen met −2 in plaats van −5: 18 procentpunt minder daling per dag, dus $120 - 18 = 102$ per dag. Dat vraagt $102 : 16 \approx 6{,}4$ beurten of ongeveer 1,5 L per dag. Het reservoir houdt dan $25 : 1{,}5 \approx 16$ dagen.

e Portfolio: noteer het model (daling per uur dag/nacht, +16 per beurt, 0,24 L per beurt) en je uitkomst.

> ✓ Bijvoorbeeld: 'Model: −5 per uur overdag, −2 's nachts (0-6 h), +16 en −0,24 L per beurt. Reservoir onder 5 L na ongeveer 16 dagen.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Model	Nacht (uur modulo 24 < 6) met −2, dag met −5; beurt +16 en −0,24 L.
Script	Eindeloze lus of 'herhaal tot water < 5', met de controle op het reservoir en 'stop alle'.
Rekenwerk	25 L : 1,8 L per dag ≈ 13,9 dagen; met de nacht minder verbruik en dus langer.
Kritisch	Beseft dat de getallen uit het model komen, niet uit een meting.

23.13 Onderzoek: welke drempel is het best?

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 25 min

Met de simulatie uit het handboek kan je snel proberen wat er gebeurt met een andere drempel. Een leerling liet het script 48 uur lopen met de drempels 20, 30 en 40 %. Het resultaat:

drempel	beurten in 48 h	water gebruikt	laagste vocht	hoogste vocht (na de eerste dag)
20 %	14	3,36 L	20 %	35 %
30 %	14	3,36 L	30 %	45 %
40 %	15	3,60 L	40 %	55 %

a Welke variabele heeft de leerling veranderd, welke gemeten, welke gelijk gehouden?

> ✓ Veranderd: de drempel. Gemeten: aantal beurten, waterverbruik, laagste en hoogste vocht. Gelijk gehouden: de beginwaarde (50 %), de daling (5 per uur), de beurt (+16, 0,24 L) en de duur (48 h).

b Hangt het waterverbruik af van de drempel? Verklaar met het model.

> ✓ Nauwelijks (14 of 15 beurten). In het model bepalen de planten het verbruik: elke dag verdwijnt 120 procentpunt vocht, en dat moet aangevuld worden, wat de drempel ook is. De drempel beslist alleen wanneer.

c Wat verandert er dan wel? Welke drempel kies je voor planten die geen natte voeten willen maar ook niet mogen verdrogen?

> ✓ Het niveau: bij 20 % schommelt het vocht tussen 20 en 35 %, bij 40 % tussen 40 en 55 %. Voor de meetkas is 30 % (tussen 30 en 45 %) een goed midden.

d Waarom mag je dit besluit niet zomaar op de echte kas toepassen?

> ✓ In het model hangt de daling niet af van het vocht zelf. In het echt verdampt natte grond sneller en kan water wegzakken of weglopen onder in de bakjes: een hoge drempel verspilt dan wel water. Het besluit moet getest worden met metingen (hoofdstuk 25).

23.14 Ontwerp: vang de druppels

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 60 min

Ontwerp een spel in Scratch. Een druppel valt van een willekeurige plaats bovenaan naar beneden. Met de pijltjestoetsen beweeg je een emmer onderaan. Vang je de druppel, dan krijg je een punt. Mis je hem, dan verlies je een leven. Na drie gemiste druppels is het spel voorbij.

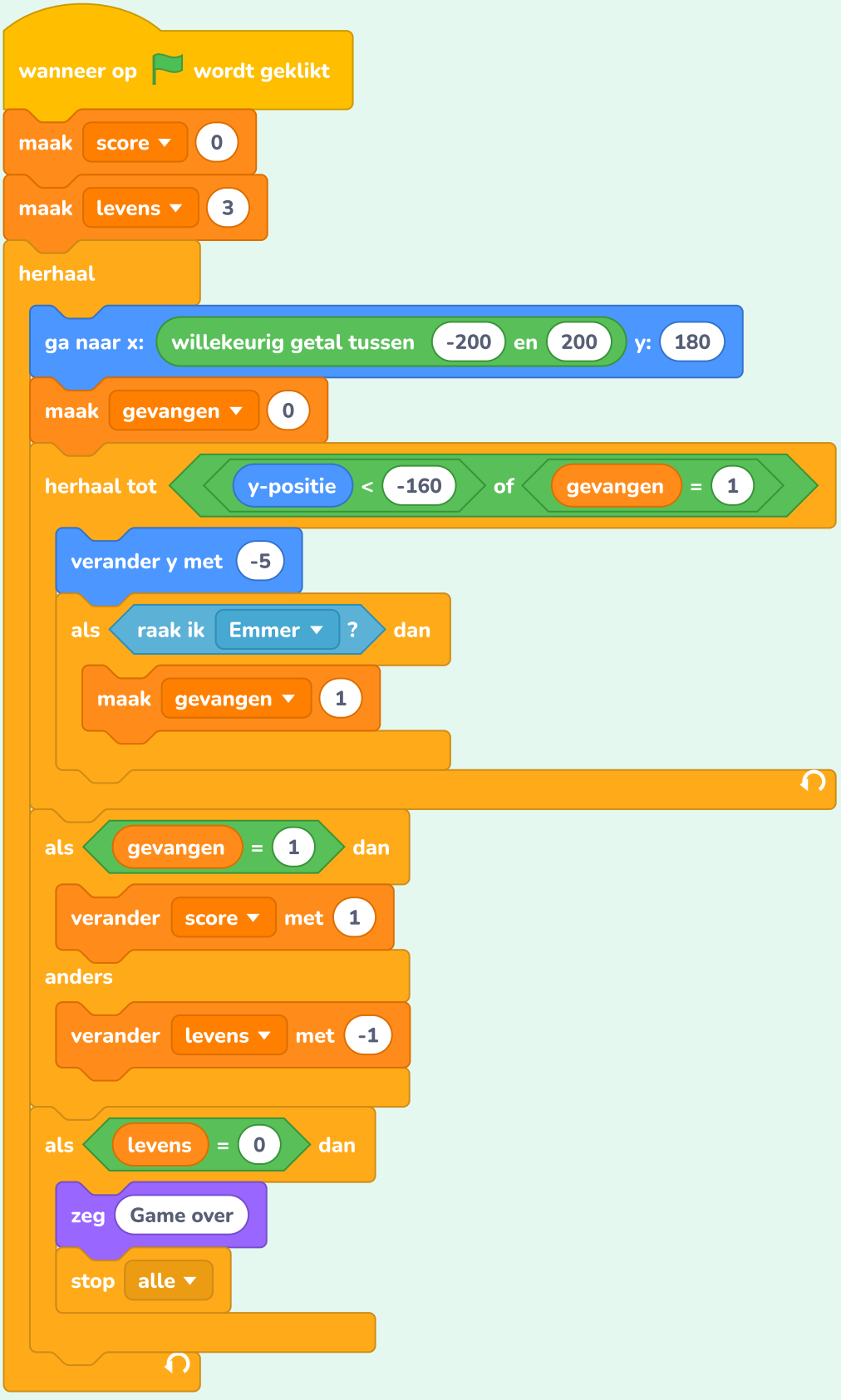
a Decompositie: welke sprites en welke scripts heb je nodig? Welke variabelen?

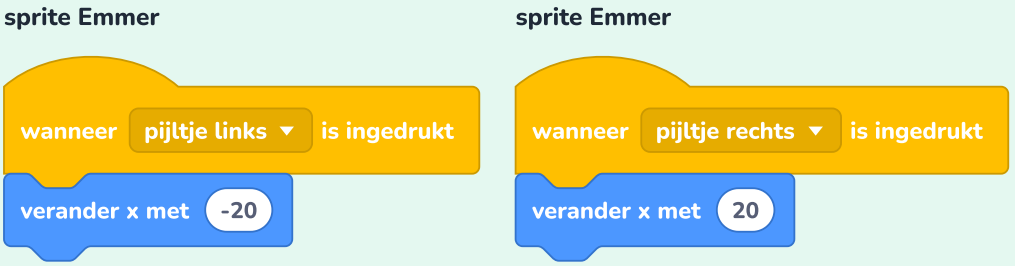
> ✓ Sprites: Druppel en Emmer. Druppel: één script met een eindeloze lus (bovenaan starten, vallen tot de bodem of de emmer). Emmer: twee korte scripts voor de pijltjes. Variabelen: score en levens.

b Bouw het spel. Teken het script van de druppel.

Zie de figuren: de druppel valt in stappen van 5 tot hij onder −160 komt of de emmer raakt. De variabele gevangen onthoudt wat er gebeurde; na de lus krijg je een punt of verlies je een leven.

sprite Druppel





c Test en debug: noteer twee fouten die je vond en hoe je ze verbeterde.

Typische fouten: score en levens niet op hun beginwaarde bij de start; de druppel wordt dubbel geteld omdat hij na het vangen nog even de emmer raakt (daarom stopt de lus meteen als gevangen = 1); de druppel raakt de onderrand nooit, omdat Scratch een sprite altijd een beetje zichtbaar houdt (daarom testen op −160 en niet op −180); de emmer loopt van het speelveld.

d Uitbreiding: laat de druppels sneller vallen naarmate de score stijgt. Welk blok verander je?

In 'verander y met (-5)' zet je in plaats van −5 bijvoorbeeld '0 − (5 + score / 5)': hoe hoger de score, hoe sneller de val.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

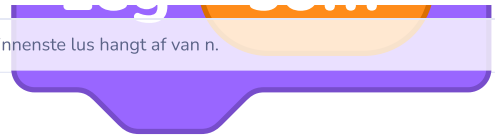
Decompositie	Twee sprites (druppel, emmer), aparte scripts voor vallen en besturen, variabelen score en levens.
Programma	Lus, keuze (raak ik emmer?), tellers met beginwaarden, stop bij 0 levens.
Debuggen	Twee echte fouten beschreven met hun verbetering.
Uitbreiding	Valsnelheid gekoppeld aan de score.

23.15 Lussen in lussen

Uitdagen · 4 · Rekenen · 15 min

Het aantal herhalingen van de binnenste lus is geen vast getal: het is de variabele n.


wanneer op wordt geklikt
maak n 0
maak som 0
herhaal 4
verander n met 1
herhaal n
verander som met 1
zeg som



De binnenste lus hangt af van n.

a Hoeveel keer loopt de binnenste lus bij elke ronde van de buitenste? Wat zegt de sprite?

n = 1, 2, 3, 4; binnen 1, 2, 3, 4 keer; som 1, 3, 6, 10. De sprite zegt 10.

b Wat zegt de sprite als je 'herhaal (4)' vervangt door 'herhaal (10)'? Zoek een snelle manier.

$1 + 2 + \cdots + 10 = 55$. Snel: zet de rij twee keer onder elkaar, omgekeerd: elk paar is 11, tien paren, de helft: $10 \times 11 : 2 = 55$ (hetzelfde patroon als bij selectiesorteren in hoofdstuk 22).

c Voor welke tekening op ruitjespapier kan dit patroon dienen? Schets ze.

Een trap of driehoek van blokjes: 1 blokje in de eerste rij, 2 in de tweede, 3 in de derde, ... Samen 10 blokjes voor 4 rijen.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 24

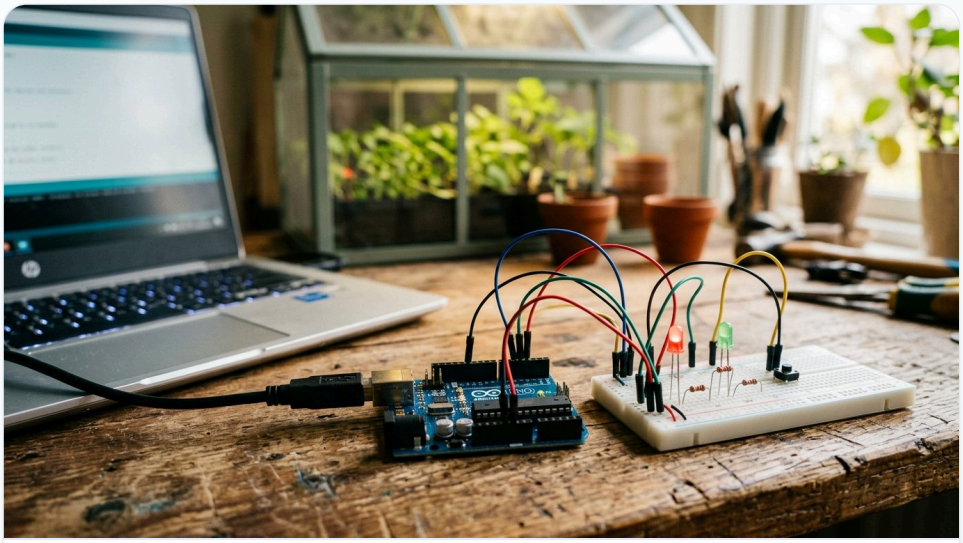
De microcontroller

Een computer van een paar euro die leds, knoppen en later de hele meetkas bestuurt

Uitgewerkte oplossingen bij de 15 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 308 min

P Programmeren en computationeel denken · L Elektriciteit en elektronica · R Regelen en robotica



Een Arduino, een breadboard, twee leds en een knop: het begin van de automatische meetkas.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

24.1 Waar zit een microcontroller?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Niet elk toestel met een stekker heeft een microcontroller.

a Duid aan welke toestellen (bijna zeker) een microcontroller bevatten: gloeilamp, wasmachine, zaklamp met schakelaar, digitale thermostaat, broodrooster met draaiknop, afstandsbediening, elektrische fietsbel met één knop, smartwatch.

✓ Wasmachine, digitale thermostaat, afstandsbediening, smartwatch. De gloeilamp, de zaklamp en een broodrooster met een mechanische draaiknop werken met een gewone kring; een fietsbel met één knop meestal ook.

b Kies één toestel met een microcontroller en noem een input en een output.

✓ Bijvoorbeeld de thermostaat: input = temperatuursensor en knoppen; output = display en het signaal naar de verwarmingsketel.

24.2 Input of output?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 6 min

Voor de meetkas gebruik je deze onderdelen: drukknop, rode led, bodemvochtsensor, zoemer, vlotterschakelaar, relais voor de pomp, lichtsensor.

a Sorteer ze in twee kolommen.

Input: drukknop, bodemvochtsensor, vlotterschakelaar, lichtsensor. Output: rode led, zoemer, relais voor de pomp.

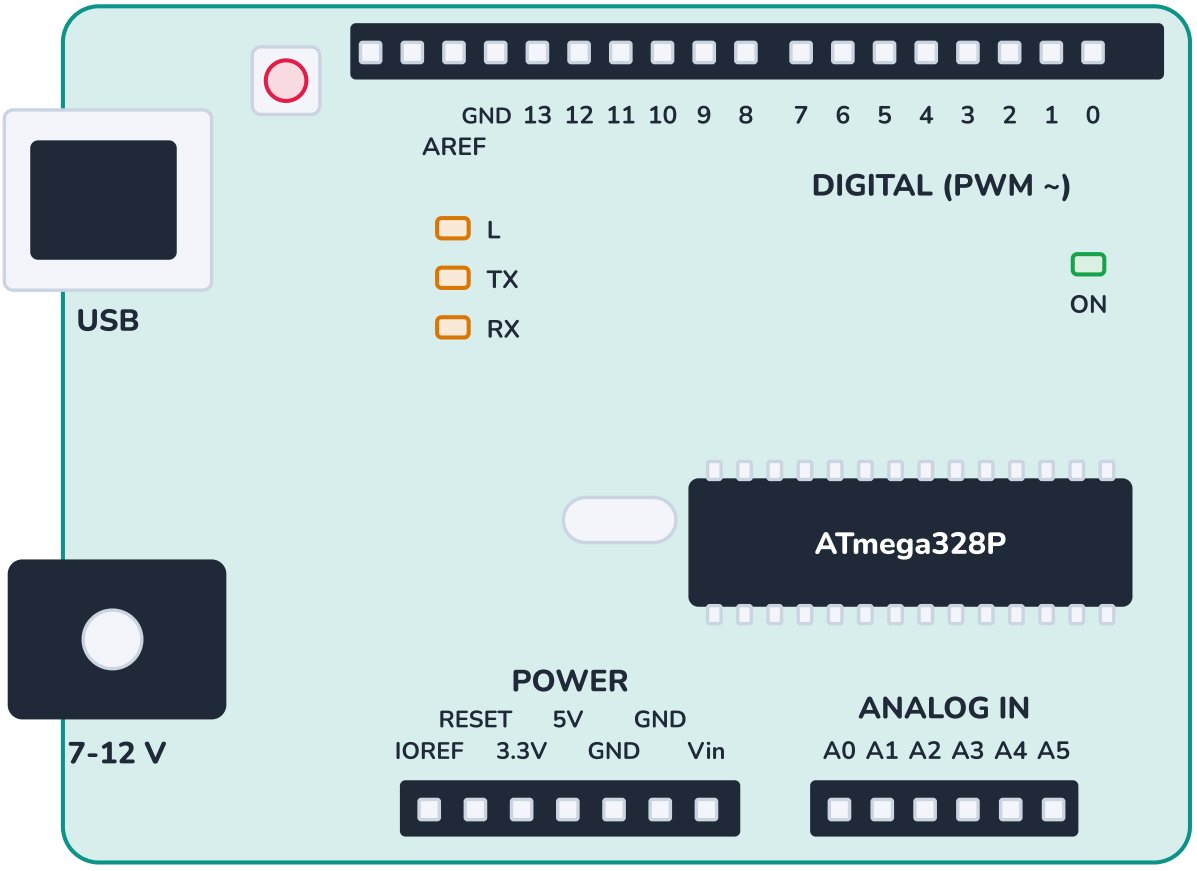
b Waarom staat de pomp zelf niet in je lijst, maar het relais wel?

De pomp trekt 0,65 A op 12 V: veel te veel voor een pin (20 mA, 5 V). De microcontroller stuurt het relais; het relaiscontact schakelt de pomp.

24.3 De pinnen van de Uno

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Gebruik de figuur en het ontleedblad.



De Arduino Uno R3.

a Op welke pinnen sluit je een led aan: bovenaan of onderaan? En een analoge sensor?

Een led op een digitale pin (bovenaan, 2 tot 13); een analoge sensor op A0 tot A5 (onderaan).

b Waarom gebruik je pin 0 en 1 beter niet?

Die gebruikt de USB-verbinding om te uploaden en te communiceren: wat je erop aansluit, kan het uploaden verstoren.

c Een leerling sluit de korte poot van de led aan op 5V in plaats van op GND. Wat gebeurt er als pin 10 HIGH is? En als ze LOW is?

Pin HIGH: beide kanten op 5 V, geen spanningsverschil: de led is uit. Pin LOW: de led staat nu in sperrichting (anode op 0 V, kathode op 5 V): ook uit. Ze brandt dus nooit.

24.4 Weerstanden voor leds

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Bereken de voorschakelweerstand en kies een waarde uit de E12-reeks (10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82, maal 10, 100, ...). Reken daarna de stroom na.

a Bereken en kies.

(a) $2{,}8/0{,}015 = 187\,\Omega \rightarrow 220\,\Omega \rightarrow 2{,}8/220 = 12{,}7\,\text{mA}$. (b) $2{,}0/0{,}010 = 200\,\Omega \rightarrow 220\,\Omega \rightarrow 9{,}1$ mA. (c) $1{,}3/0{,}005 = 260\,\Omega \rightarrow 270\,\Omega \rightarrow 4{,}8$ mA. (d) $10/0{,}020 = 500\,\Omega \rightarrow 560\,\Omega \rightarrow 17{,}9$ mA (en de weerstand krijgt $10 \times 0{,}0179 = 0{,}18\,\text{W}$: net onder 0,25 W).

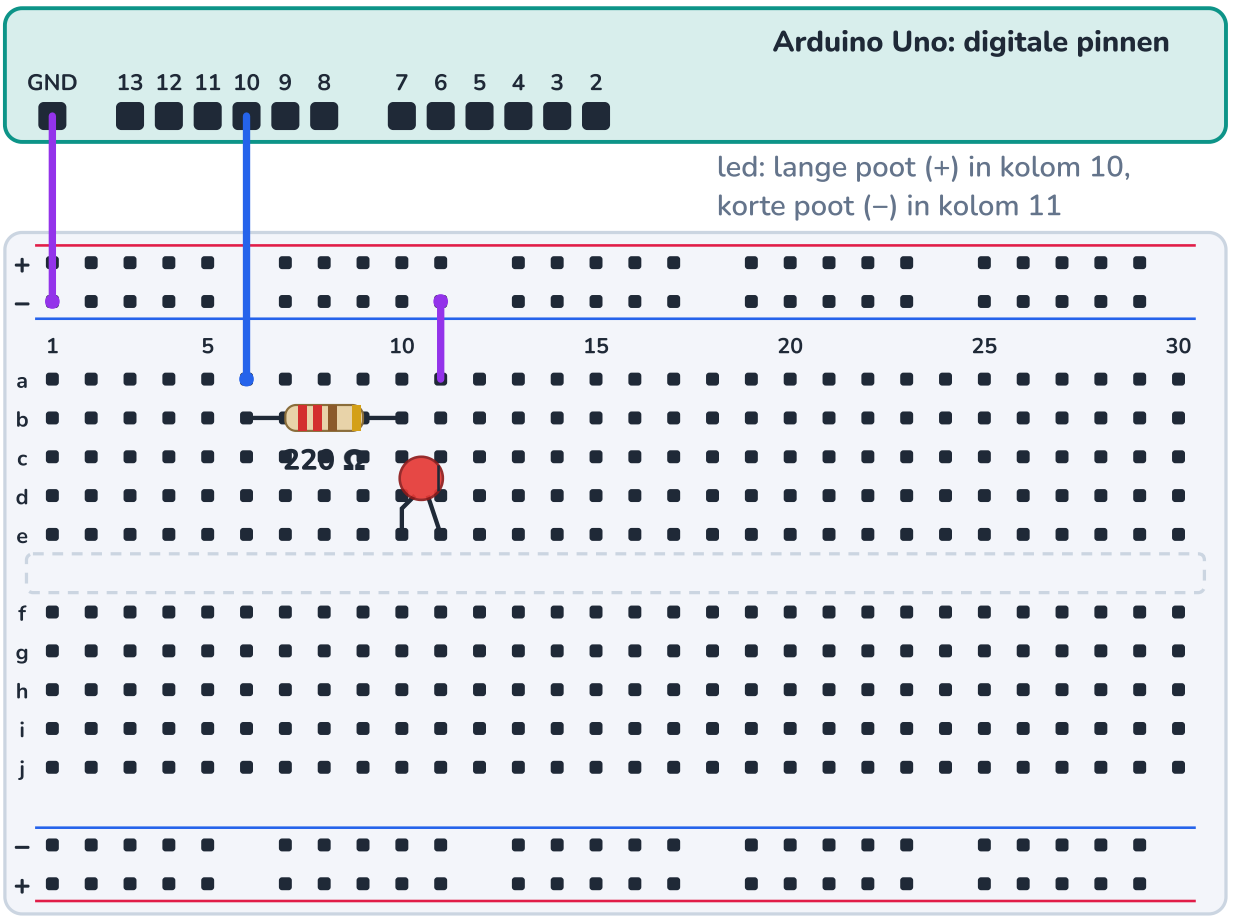
b Waarom kies je bij twijfel de volgende grotere E12-waarde en niet de kleinere?

Een grotere weerstand geeft een iets kleinere stroom: veilig voor de led en de pin. Een kleinere weerstand geeft meer stroom dan gewenst, en kan de led of de pin overbelasten.

24.5 Het breadboard

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Kijk naar de breadboardschets.



De breadboardschets uit het handboek.

a Welke gaatjes zijn verbonden met gaatje c6? Welke met gaatje f6?

✓ c6 is verbonden met a6, b6, d6 en e6 (dezelfde kolom, bovenste helft). f6 is verbonden met g6 tot j6 (onderste helft), niet met c6: de gleuf scheidt ze.

b Een leerling steekt de led met beide pootjes in kolom 10. Brandt ze? Waarom?

✓ Nee: beide pootjes zitten in dezelfde kolom en zijn dus kortgesloten. Er staat geen spanning over de led.

c Waarom loopt er een draad van GND van de Arduino naar de blauwe rail, en niet rechtstreeks naar kolom 11?

✓ Beide kan. Via de rail is handiger: alle onderdelen die GND nodig hebben, halen het uit dezelfde lange rail.

●●○ Toepassen — Toepassen

meerdere stappen, in een context

24.6 Code lezen

●●○ Toepassen · 2 · </> Programmeren · 12 min

Een Arduino voert dit programma uit:

```
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(200);
```

```
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(800);
}
```

a Welke led knippert, en hoe? Hoeveel keer per minuut?

De ingebouwde led L (pin 13): 0,2 s aan, 0,8 s uit. Een cyclus duurt 1 s: 60 keer per minuut.

b Teken de spanning op pin 13 van t = 0 tot t = 3 s.

Een blokgolf: 5 V van 0 tot 0,2 s, 0 V van 0,2 tot 1,0 s, 5 V van 1,0 tot 1,2 s, enzovoort.

c Verander het programma zodat de led twee keer kort flitst en dan 1 s uit is (een 'hartslag').

```
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(1000);
}
```

24.7 Blokken en code naast elkaar

Toepassen · 3 · Programmeren · 15 min

Vertaal het blokprogramma naar Arduino-code. De knop op pin 2 werkt met de interne pull-up.



Een blokprogramma.

a Schrijf de volledige code, met setup() en loop().

Zie het programma 'statuslampje' in het handboek: `pinMode(2, INPUT_PULLUP); pinMode(10, OUTPUT); pinMode(11, OUTPUT);` in setup(); in loop()
`if (digitalRead(2) == LOW) { digitalWrite(10, HIGH); digitalWrite(11, LOW); } else { digitalWrite(10, LOW); digitalWrite(11, HIGH);`

b In blokken stond er geen pinMode. Welke regels moet je in C++ zelf toevoegen, en waarom?

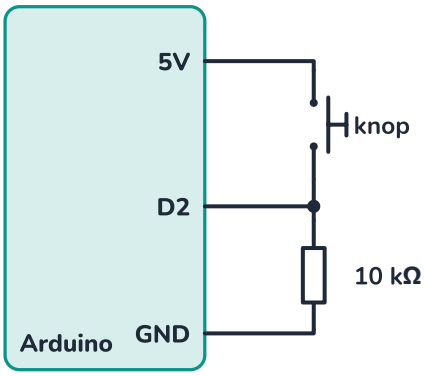
De drie pinMode-regels. Zonder `INPUT_PULLUP` zweeft de ingang; zonder `OUTPUT` kan een pin geen stroom leveren (de led brandt dan hooguit heel zwak).

24.8 Pull-down: wat leest de pin?

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

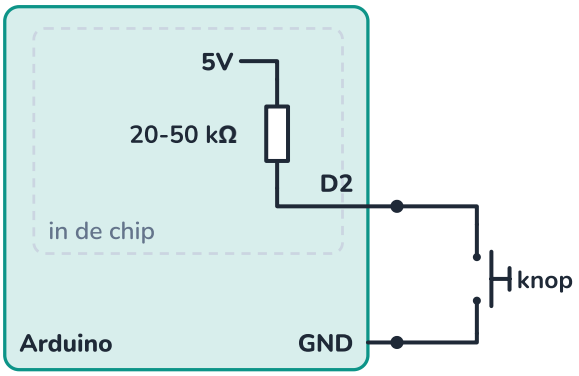
Bekijk de twee schakelingen.

externe pull-down



losgelaten: D2 leest LOW (0)
ingedrukt: D2 leest HIGH (1)

interne pull-up (INPUT_PULLUP)



losgelaten: D2 leest HIGH (1)
ingedrukt: D2 leest LOW (0)

Links een knop met pull-down, rechts met de interne pull-up.

a Vul in wat pin 2 leest.

Pull-down: los LOW, ingedrukt HIGH. INPUT_PULLUP: los HIGH, ingedrukt LOW.

b Hoeveel stroom loopt er door de 10 kΩ als de knop ingedrukt is? Welk vermogen?

$I = 5/10\,000 = 0{,}0005\,\text{A} = 0{,}5\,\text{mA}$; $P = 5 \times 0{,}0005 = 0{,}0025\,\text{W} = 2{,}5\,\text{mW}$.

c Een leerling gebruikt 100 Ω in plaats van 10 kΩ. Werkt het nog? Is het een goed idee?

Het leest nog juist, maar ingedrukt loopt er $5/100 = 50\,\text{mA}$ en $P = 0{,}25\,\text{W}$: de weerstand wordt warm en de 5 V-voeding wordt nodeloos belast. Een pull-down moet groot zijn (typisch 10 kΩ): ze moet de ingang alleen 'vasthouden', niet veel stroom voeren.

24.9 Foutzoeken: de led brandt niet

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een leerling bouwt het knipperlicht. De ON-led van de Arduino brandt, het uploaden lukt, maar de led op het breadboard brandt nooit.

a Geef vijf mogelijke oorzaken.

Bijvoorbeeld: led omgekeerd; weerstand met beide pootjes in dezelfde kolom; kabeltje op een andere pin dan in het programma; GND niet verbonden met de rail; pinMode vergeten (of een tikfout in de pin); een kabeltje of pootje dat niet goed vastzit; led stuk.

b In welke volgorde test je? Maak een stappenplan dat bij het programma begint en bij de draadjes eindigt.

(1) Laat de ingebouwde led L knipperen: werkt het programma? (2) Controleer in de code het pinnummer en pinMode. (3) Meet tussen de pin en GND: wisselt de spanning tussen 0 en 5 V? Zet de wachttijd op 5 s. (4) Volg de draad: pin → kolom 6 → weerstand → kolom 10 → led → kolom 11 → rail → GND. Meet telkens. (5) Draai de led om of vervang ze.

c De multimeter geeft 0 V tussen kolom 6 en GND, ook als het programma 'HIGH' zou moeten geven. Wat weet je nu?

Het signaal komt niet tot op het breadboard: het kabeltje zit op een andere pin of zit los, of het programma zet de pin niet hoog (verkeerd pinnummer, pinMode vergeten). De led zelf is dan niet het probleem.

24.10 Labo: een knipperlicht met drie snelheden

Toepassen · 3 · Labo · 45 min

Bouw het knipperlicht met een led en 220 Ω op pin 10 en een drukknop op pin 2. Het programma knippert langzaam (1 keer per seconde). Zolang je de knop ingedrukt houdt, knippert de led snel (5 keer per seconde).

a Teken het schema.

Led + 220 Ω tussen D10 en GND; knop tussen D2 en GND.

b Schrijf het programma (in blokken of in code).

```
void setup() {
  pinMode(2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(10, OUTPUT);
}

void loop() {
  int wacht = 500;
  if (digitalRead(2) == LOW) {
    wacht = 100;
  }
  digitalWrite(10, HIGH);
  delay(wacht);
  digitalWrite(10, LOW);
  delay(wacht);
}
```

c Meet de spanning over de weerstand en bereken de stroom. Vergelijk met 13,6 mA.

Typisch: pin 4,8-4,9 V, led 1,9-2,0 V, weerstand ±2,9 V, R 215-225 Ω, I ≈ 13 mA.

d Waarom reageert de led soms pas een halve seconde nadat je de knop indrukt?

De knop wordt alleen gelezen aan het begin van loop(). Tijdens delay(500) doet de microcontroller niets anders: druk je net na het lezen, dan duurt het tot 1 s voor het effect (gemiddeld een halve seconde).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schema	Led met weerstand op D10 naar GND; knop tussen D2 en GND (INPUT_PULLUP), of met pull-down.
Programma	Keuze met digitalRead; twee wachttijden (500 en 100 ms); correcte pinMode.
Meting	Spanningen tellen op tot de pinspanning; stroom via Ohm binnen enkele procent van 13,6 mA.
Verklaring	De knop wordt alleen gelezen tussen de wachttijden: delay blokkeert.

24.11 Hoeveel mag er aan één pin?

●●○ Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

Een leerling wil op één pin van een Uno R3 drie rode leds parallel aansluiten, elk met een eigen weerstand van 220 Ω.

a Hoeveel stroom levert de pin dan? Mag dat?

✓ $3 \times 13{,}6 = 40{,}9\,\text{mA}$: boven de aanbevolen 20 mA en zelfs boven het absolute maximum van 40 mA. Niet doen.

b Welke weerstand geef je elke led, zodat de pin samen hoogstens 20 mA levert?

✓ Per led hoogstens $20/3 = 6{,}7\,\text{mA}$: $R = 3{,}0/0{,}0067 = 450\,\Omega \rightarrow 470\ \Omega$ (6,4 mA per led, 19 mA samen).

c Op een Uno R4 mag een pin maar 8 mA leveren. Hoeveel leds van 5 mA kan één pin dan aan? Welke weerstand hoort bij 5 mA?

✓ Eén led van 5 mA (twee zou 10 mA zijn: te veel). $R = 3{,}0/0{,}005 = 600\,\Omega \rightarrow 680\ \Omega$ (4,4 mA). Voor meer leds gebruik je een transistor (Intermediate, hoofdstuk 23).

●●● Uitdagen — Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

24.12 Habitat: het statuslampje met reservoiralarm

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

Breid het statuslampje uit. Een tweede vlotterschakelaar in het reservoir (naast die in serie met de pomp, hoofdstuk 18) meldt aan de microcontroller of er nog water is: hij is **dicht** zolang er water is en **open** als het reservoir bijna leeg is. Is het reservoir leeg, dan moet de rode led **knipperen** (1 keer per seconde), wat het vocht ook is. Anders werkt het lampje zoals eerst.

a Op welke pin sluit je de vlotter aan, hoe (schema), en wat leest de pin als het reservoir leeg is?

✓ Vlotter tussen D3 en GND, met `pinMode(3, INPUT_PULLUP)`. Water: vlotter dicht → D3 LOW. Leeg: vlotter open → de pull-up trekt D3 naar HIGH.

b Waarom kies je een vlotter die *open* gaat als het reservoir leeg is, en niet omgekeerd? Denk aan een losgeschoten draad.

✓ Een losgeschoten draad of een kapotte vlotter geeft ook 'open' → HIGH → alarm. De fout wordt dus opgemerkt. Omgekeerd zou een losse draad 'alles goed' betekenen terwijl het reservoir leeg kan zijn. Een ontwerp dat bij een defect in de veilige toestand valt, heet **fail-safe**.

c Teken het stroomdiagram van het nieuwe programma.

✓ Start → lees D3 → 'D3 HIGH (leeg)?' ja → groen uit, rood 0,5 s aan, 0,5 s uit → terug. Nee → 'D2 LOW (droog)?' ja → rood aan, groen uit; nee → rood uit, groen aan → terug.

d Schrijf het programma.

Zie het programma hieronder.

```
// Statuslampje met reservoiralarm (oplossing opdracht 24.12)
const int DROOG = 2;      // drukknop 'droog' naar GND
const int VLOTTER = 3;    // vlotterschakelaar naar GND: dicht (LOW) = er is water
const int ROOD = 10;
const int GROEN = 11;

void setup() {
  pinMode(DROOG, INPUT_PULLUP);
  pinMode(VLOTTER, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ROOD, OUTPUT);
  pinMode(GROEN, OUTPUT);
}

void loop() {
  if (digitalRead(VLOTTER) == HIGH) {     // vlotter open: reservoir (bijna) leeg
    digitalWrite(GROEN, LOW);
    digitalWrite(ROOD, HIGH);             // rood knippert: 1 keer per seconde
    delay(500);
    digitalWrite(ROOD, LOW);
    delay(500);
  } else if (digitalRead(DROOG) == LOW) { // grond droog
    digitalWrite(ROOD, HIGH);
    digitalWrite(GROEN, LOW);
  } else {                                // alles goed
    digitalWrite(ROOD, LOW);
    digitalWrite(GROEN, HIGH);
  }
}
```

e Portfolio: noteer de pinnen van de meetkas tot nu toe (D2, D3, D10, D11) met hun functie.

D2: drukknop 'droog' (later vervangen door de sensor op A0); D3: vlotter reservoir (INPUT_PULLUP, leeg = HIGH); D10: rode led 220 Ω; D11: groene led 220 Ω.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Aansluiting	Vlotter tussen D3 en GND met INPUT_PULLUP; leeg = open = HIGH.
Veiligheid	Uitgelegd dat een losse draad ook 'open' geeft en dus een alarm: fail-safe.
Programma	Eerst de vlotter, dan de knop; knipperen met twee wachttijden van 500 ms.
Portfolio	Pinlijst D2 knop, D3 vlotter, D10 rood, D11 groen.

24.13 Ontwerp: een verkeerslicht met voetgangersknop

●●● Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 50 min

Aan een zebrapad staat een verkeerslicht voor de auto's (rood, oranje, groen) en een voor de voetgangers (rood, groen). Normaal hebben de auto's groen. Drukt een voetganger op de knop, dan springt het autolicht via oranje naar rood, en krijgen de voetgangers even groen.

a Programma van eisen: schrijf minstens vier eisen, waaronder twee over veiligheid.

Bijvoorbeeld: (1) in rust groen voor de auto's, rood voor de voetgangers; (2) na een druk binnen 3 s oranje; (3) auto's en voetgangers hebben **nooit** tegelijk groen; (4) minstens 1 s alles rood tussen de twee groenen; (5) voetgangers 7 s groen.

b Maak een pinplan en teken het schema (vijf leds, één knop).

Bijvoorbeeld: autolicht rood D11, oranje D12, groen D13; voetgangers rood D8, groen D9; knop D2 naar GND. Elke led met 220 Ω naar GND.

c Teken het tijdsdiagram na een druk op de knop.

✓ t = 0: druk; 0-3 s auto groen; 3-6 s oranje; vanaf 6 s auto rood; 6-7 s alles rood; 7-14 s voetgangers groen; 14-16 s alles rood; daarna auto groen.

d Schrijf het programma.

✓ Zie de code.

```
// Verkeerslicht met voetgangersknop (oplossing opdracht 24.13)
const int ROOD = 11, ORANJE = 12, GROEN = 13;   // autolicht
const int VROOD = 8, VGROEN = 9;                // voetgangerslicht
const int KNOP = 2;                             // knop naar GND

void setup() {
  pinMode(ROOD, OUTPUT); pinMode(ORANJE, OUTPUT); pinMode(GROEN, OUTPUT);
  pinMode(VROOD, OUTPUT); pinMode(VGROEN, OUTPUT);
  pinMode(KNOP, INPUT_PULLUP);
  digitalWrite(GROEN, HIGH);                    // auto's hebben groen
  digitalWrite(VROOD, HIGH);                    // voetgangers rood
}

void loop() {
  if (digitalRead(KNOP) == LOW) {               // iemand wil oversteken
    delay(3000);                                // auto's nog even groen
    digitalWrite(GROEN, LOW);
    digitalWrite(ORANJE, HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(ORANJE, LOW);
    digitalWrite(ROOD, HIGH);
    delay(1000);                                // veiligheidstijd: alles rood
    digitalWrite(VROOD, LOW);
    digitalWrite(VGROEN, HIGH);                 // voetgangers groen
    delay(7000);
    digitalWrite(VGROEN, LOW);
    digitalWrite(VROOD, HIGH);
    delay(2000);                                // alles rood tot het oversteekpad leeg is
    digitalWrite(ROOD, LOW);
    digitalWrite(GROEN, HIGH);
  }
}
```

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Eisen	Minstens vier, meetbaar; veiligheid: nooit tegelijk groen voor auto's en voetgangers, alles-rood-tijd.
Schema	Vijf leds met elk een weerstand, knop met pull-up of pull-down, pinplan klopt met de code.
Tijdsdiagram	Groen → oranje → rood → (alles rood) → voetgangers groen → alles rood → groen.
Programma	Leest de knop, doorloopt de reeks, keert terug naar de rusttoestand.

24.14 Onderzoek: hoe helder brandt een led?

Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 45 min

Je wil weten hoe de helderheid van een led afhangt van de stroom. Je hebt weerstanden van 220 Ω, 470 Ω, 1 kΩ, 2,2 kΩ en 4,7 kΩ, een Arduino die de led aanzet, en een lichtmeter (een app op een smartphone of een luxmeter).

a Onderzoeksvraag, hypothese en variabelen (onafhankelijk, afhankelijk, gecontroleerd).

✓ Vraag: hoe hangt de helderheid van een rode led af van de stroom? Hypothese: meer stroom, meer licht, ongeveer evenredig. Onafhankelijk: de stroom (via de weerstand). Afhankelijk: de verlichtingssterkte. Gecontroleerd: dezelfde led, afstand en hoek van de lichtmeter, donkere ruimte, dezelfde spanning.

b Bereken vooraf de stroom bij elke weerstand (neem 2,0 V over de led en 5,0 V op de pin).

- 220 Ω: 13,6 mA; 470 Ω: 6,4 mA; 1 kΩ: 3,0 mA; 2,2 kΩ: 1,4 mA; 4,7 kΩ: 0,64 mA ($I = 3{,}0/R$).

c Zet de resultaten in een grafiek (helderheid tegenover stroom). Is het verband recht evenredig?

- Bij kleine stromen ligt het ongeveer op een rechte door de oorsprong: de lichtopbrengst is bij benadering evenredig met de stroom. Bij grotere stromen buigt de lijn wat af (de led wordt warm). Let op: ons oog ziet helderheid niet evenredig: 3 mA lijkt al vrij fel.

d Welke weerstand zou je kiezen voor een statuslampje dat 's nachts niet stoort? Waarom?

- Bijvoorbeeld 1 kΩ (3 mA): duidelijk zichtbaar, maar niet verblindend, en zuiniger.

24.15 Een led rechtstreeks op een pin?

Uitdagen · 4 · Analyseren · 15 min

Op internet zie je soms een led zonder weerstand in pin 13 en GND van een Arduino gestoken. 'Het werkt, want pin 13 heeft al een weerstand', schrijft iemand.

a Klopt die uitleg? Kijk naar het ontleedblad: waar zit de weerstand van pin 13 echt?

- Nee. De weerstand op het bord hoort bij de ingebouwde led L, niet bij de pin zelf. Een led die je in de header steekt, staat rechtstreeks tussen pin 13 en GND.

b Wat beperkt de stroom dan wel? Waarom is dat geen goed idee?

- Alleen de interne weerstand van de uitgang van de chip en van de led. De stroom kan dan boven 20 mA of zelfs 40 mA uitkomen: de led wordt overbelast en de pin kan (langzaam) stukgaan. 'Het werkt' is geen bewijs dat het veilig is: gebruik altijd een voorschakelweerstand.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 25

Sensoren en automatisch regelen

Meten, beslissen, doen: de meetkas geeft zelf water en zet zelf haar dakraam open

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 313 min

R Regelen en robotica · P Programmeren en computationeel denken · L Elektriciteit en elektronica



De meetkas regelt zichzelf: het dakraam staat open en de sensor bewaakt het vocht in de grond.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

Oefenen — één stap, direct toepassen

25.1 Sensor of actuator?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 6 min

LDR, servo, TMP36, pomp, relais, bodemvochtsensor, zoemer, drukknop, ventilator, NTC, vlotterschakelaar, duwstang.

a. Sorteer: welke zijn sensoren (of ingangen), welke actuatoren (of uitgangen)?

Sensor of ingang: LDR, TMP36, bodemvochtsensor, drukknop, NTC, vlotterschakelaar. Actuator of uitgang: servo, pomp, relais, zoemer, ventilator, duwstang.

b. Welke van de sensoren geven een analoog signaal, welke een digitaal?

Analoog: LDR, TMP36, bodemvochtsensor, NTC. Digitaal (twee toestanden): drukknop, vlotterschakelaar.

25.2 Meten, beslissen, doen in huis

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Vul voor elk toestel de drie blokken van de regelkring in.

Vul de tabel in.

Koelkast: temperatuursensor binnenin; kouder dan de ingestelde waarde?; compressor aan of uit. Straatlamp: lichtsensor; donker genoeg?; lamp aan. Schuifdeur: bewegings- of aanwezigheidssensor; iemand in de buurt?; motor opent de deur. Strijkijzer: temperatuursensor (vroeger een bimetaal); te koud voor de gekozen stand?; verwarmingselement aan.

25.3 Van spanning naar getal

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Een Uno meet 0 tot 5 V als 0 tot 1023; een micro:bit meet 0 tot 3,3 V als 0 tot 1023.

a Welke ruwe waarde verwacht je?

Uno: 0; 205; 512 (511,5); 675; 1023. micro:bit: 0; 310; 775; 1023; (1023, maar niet doen).

b Waarom geeft de micro:bit bij 5 V geen hoger getal dan bij 3,3 V? (En sluit je 5 V best niet aan op een micro:bit.)

De ADC kan niet verder tellen dan 1023: alles boven 3,3 V geeft 1023. Een spanning boven 3,3 V op een pin van een micro:bit kan de chip bovendien beschadigen.

25.4 Van getal naar spanning

Oefenen · 2 · Rekenen · 8 min

Een Uno leest deze ruwe waarden.

a Bereken de spanning: 0; 205; 512; 818; 1023.

$U = \text{ruw} \times 5/1023$: 0 V; 1,00 V; 2,50 V; 4,00 V; 5,00 V.

b Hoe groot is het kleinste spanningsverschil dat de Uno kan zien?

Eén trapje: 5 V / 1024 ≈ 4,9 mV.

25.5 Open of gesloten lus?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Is dit een open of een gesloten lus?

a Een gazonsproeier die elke avond 10 minuten aangaat.

A open lus

B gesloten lus

Open lus: niemand meet of het gazon water nodig heeft.

b De thermostaat van een verwarming.

- A open lus
- B gesloten lus

✓ Gesloten lus: de thermostaat meet de temperatuur die de verwarming verandert.

c Een buitenlamp die aangaat als een bewegingsmelder iemand ziet.

- A open lus
- B gesloten lus

✓ Open lus.

d Een cruisecontrol die de snelheid van een auto constant houdt.

- A open lus
- B gesloten lus

✓ Gesloten lus: de snelheid wordt gemeten en het gaspedaal bijgestuurd.

e Leg bij de buitenlamp uit waarom je voor open of gesloten koos.

✓ De bewegingsmelder meet iemands beweging, niet het licht van de lamp. Wat de lamp doet, wordt niet teruggemeten: open lus, gestart door een gebeurtenis.

●●○ Toepassen Toepassen

meerdere stappen, in een context

25.6 De TMP36 omrekenen

●●○ Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

TMP36 op een Uno: $U = 0{,}5\,\text{V} + 0{,}010\,\text{V}/^\circ\text{C} \times T$.

a Welke temperatuur hoort bij de ruwe waarde 143?

✓ $U = 143 \times 5/1023 = 0{,}699\,\text{V}$; $T = (0{,}699 - 0{,}5)/0{,}010 = 19{,}9\,^\circ\text{C}$.

b Welke ruwe waarde verwacht je bij 25 °C? En bij −10 °C?

✓ 25 °C: $U = 0{,}75\,\text{V}$, ruw $= 0{,}75/5 \times 1023 \approx 153$. −10 °C: $U = 0{,}40\,\text{V}$, ruw ≈ 82.

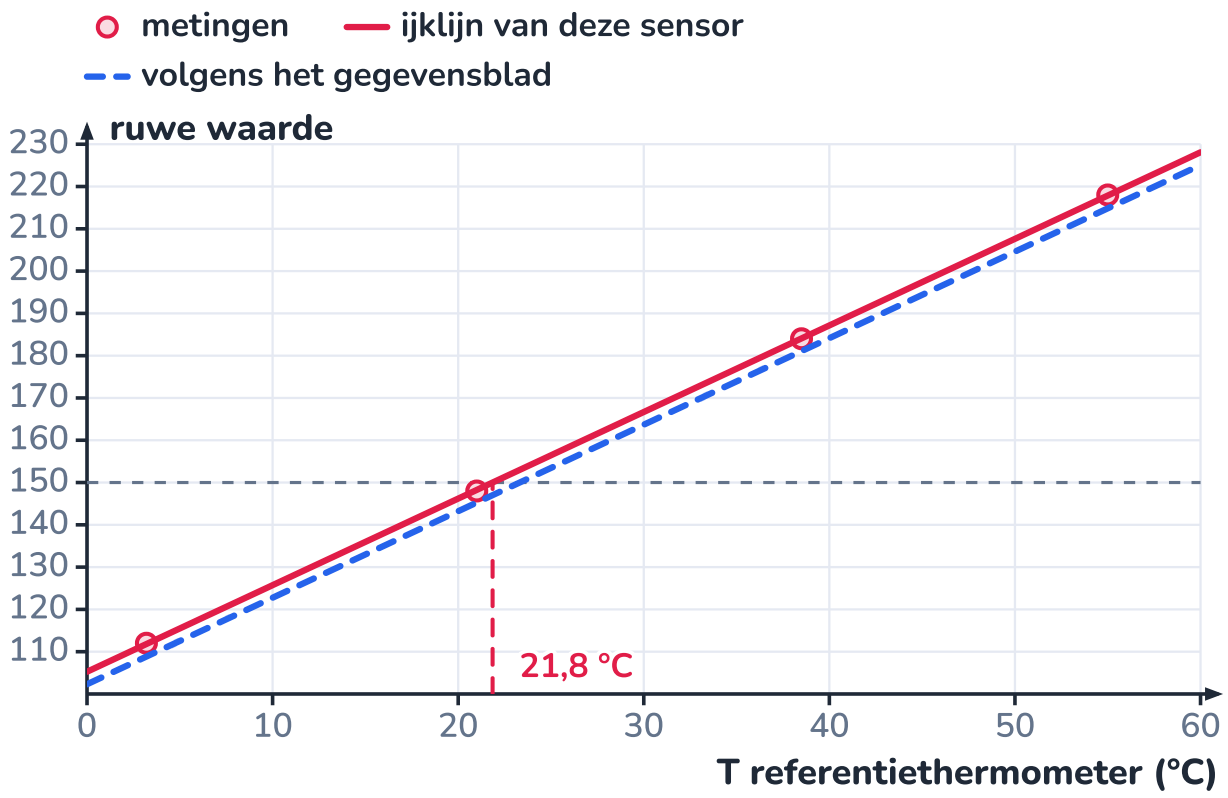
c Een leerling leest 0. Is het −50 °C in de kas? Wat is er waarschijnlijk aan de hand?

✓ Nee: 0 betekent 0 V op de ingang. De TMP36 geeft nooit 0 V in een kas (dat zou −50 °C zijn). Waarschijnlijk is de uitgangsdraad los, zit de sensor op een andere pin, of krijgt hij geen voeding.

25.7 Een ijklijn gebruiken

●●○ Toepassen · 3 · Analyseren · 12 min

Gebruik de ijklijn van de TMP36.



IJklijn van de TMP36 uit het handboek.

a Welke temperatuur hoort volgens de ijklijn bij de ruwe waarden 130, 170 en 200?

✓ Ongeveer 12, 32 en 46 °C (met de formule van de ijklijn: 12,1; 31,6; 46,3 °C).

b Welke temperaturen geeft het gegevensblad voor dezelfde waarden? Wat valt op?

✓ Gegevensblad: 13,5; 33,1; 47,8 °C. Telkens ongeveer 1,5 °C hoger: de sensor heeft een vaste afwijking (offset).

c Mag je de ijklijn gebruiken om −20 °C of 90 °C te meten? Waarom (niet)?

✓ Nee: de ijklijn is alleen gemeten tussen 3 en 55 °C. Daarbuiten zou je extrapoleren (hoofdstuk 4): je weet niet of de sensor daar nog even goed volgt. Wie dat bereik nodig heeft, ijkt ook daar (bv. in een diepvriezer).

25.8 Twee-punts-ijking van een andere sensor

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

Een tweede bodemvochtsensor meet 580 in droge potgrond en 270 in natte potgrond.

a Stel de formule op die de ruwe waarde omrekent naar een vochtigheid van 0 tot 100 %.

✓ $\text{vocht} = \dfrac{580 - \text{ruw}}{580 - 270} \times 100\,\% = \dfrac{580 - \text{ruw}}{3{,}1}\,\%$.

b Hoe vochtig is de grond bij de ruwe waarde 490?

✓ $(580 - 490)/3{,}1 = 29\,\%$.

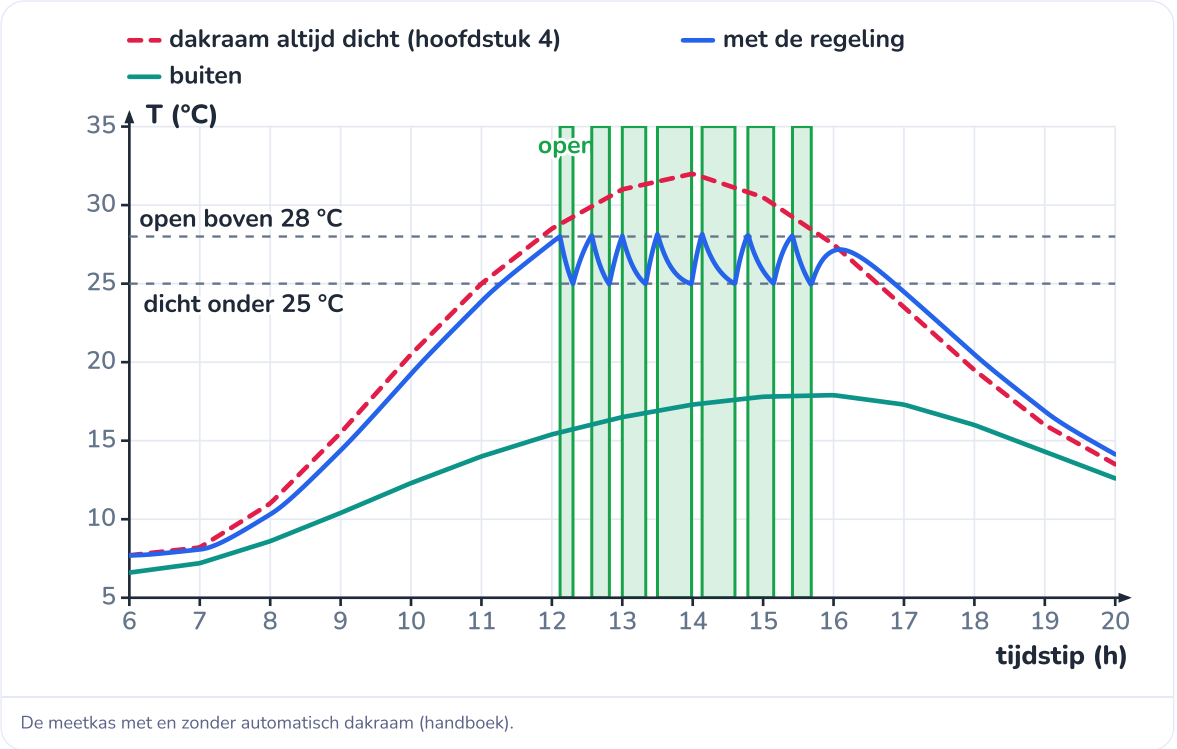
c Bij welke ruwe waarde moet de kas water geven (drempel 30 %)? Waarom mag je niet de 510 van de eerste sensor gebruiken?

✓ $580 - 0{,}30 \times 310 = 487$. Boven 487 is het vocht onder 30 %. Elke sensor heeft zijn eigen ijkpunten: met 510 zou deze sensor pas water geven bij $(580 - 510)/3{,}1 = 23\,\%$.

25.9 De thermostaatgrafiek lezen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Bekijk de grafiek van de meetkas met het automatische dakraam.



De meetkas met en zonder automatisch dakraam (handboek).

a Om welk uur gaat het raam voor het eerst open? Hoe weet je dat uit de grafiek?

✓ Rond 12:07: daar begint de eerste groene strook, en de temperatuurlijn raakt voor het eerst 28 °C.

b Hoeveel keer gaat het raam open? Hoe lang blijft het ongeveer open rond 14 uur?

✓ 7 keer open (7 groene stroken). Rond 14 uur ongeveer een halfuur per keer.

c Waarom daalt de temperatuur met open raam niet tot de buitentemperatuur?

✓ De zon blijft de kas opwarmen. Het open raam voert maar een deel van de warmte af: in het model de helft van het verschil met buiten.

d Na 16 uur blijft het raam dicht, hoewel de gesloten kas om 16 uur nog 27,5 °C haalt. Verklaar.

✓ Het raam gaat pas open boven 28 °C. Na 16 uur komt de kas niet meer boven 28 °C (27,5 °C om 16 uur en dalend), dus blijft het raam dicht.

25.10 Code lezen: water geven

Toepassen · 3 · Programmeren · 15 min

Bekijk het programma `water_geven.ino` in het handboek.

a Wat doet het programma bij de ruwe waarden 450, 520 en 620, als er water in het reservoir is? Reken het vocht uit.

✓ 450: vocht 50 % → groen, geen water. 520: vocht 26 % → rood, 30 s pompen. 620: vocht −6 % (droger dan het ijkpunt) → ook pompen.

b Wat gebeurt er als het reservoir leeg is en de grond droog?

- Het vocht is onder 30 % maar er is geen water: rode led, groene uit, pomp blijft uit.

c Hoeveel water kan de kas hoogstens per uur geven? En per dag?

- Eén beurt met wachttijd duurt 30 s + 15 min = 15,5 min, dus ongeveer 3,9 beurten per uur: $3{,}9 \times 240 \approx 930\,\text{mL}$ per uur, ongeveer 22 L per dag. Genoeg om het reservoir van 30 L op iets meer dan een dag leeg te pompen als de sensor stuk is.

d Een leerling zet de wachttijd op 10 s 'om sneller te testen' en vergeet ze terug te zetten. Wat gebeurt er in de echte kas?

- Na een beurt heeft het water geen tijd om naar de sensor te zakken. De sensor meet nog 'droog' en de kas pompt opnieuw, elke 40 s, tot het vocht eindelijk stijgt: de bakjes lopen over. Een regeling moet rekening houden met de tijd die het proces nodig heeft om te reageren.

25.11 Een straatlamp voor de ledstrip

Toepassen · 3 · Programmeren · 15 min

De ledstrip van de meetkas hangt aan relais K1 op D7 (hoofdstuk 18). De lichtsensor op A2 geeft een hogere waarde als het lichter is. Onder 300 is het te donker voor de planten.

a Teken een blokprogramma dat de ledstrip aanzet als het te donker is en uitzet als het licht genoeg is.

- Zie de figuur: in een eindeloze lus 'als lees analoge pin A2 < 300 dan zet pin 7 hoog, anders laag', en 1 s wachten.



b Bij schemering schommelt de waarde rond 300. Wat merk je aan de ledstrip? Hoe los je het op?

De ledstrip flikkert aan en uit (één drempel). Oplossing: twee drempels, bv. aan onder 280 en uit boven 350 (hysterese), of pas schakelen als de waarde enkele minuten aan dezelfde kant blijft.

c De ledstrip brandt en schijnt op de lichtsensor. Wat gebeurt er? Hoe vermijd je het?

Het licht van de ledstrip laat de sensor 'licht' meten: de strip gaat uit, het wordt donker, ze gaat weer aan, enzovoort. De sensor meet zijn eigen actuator. Zet de sensor zo dat hij het daglicht meet en niet de ledstrip (buiten de kas, of afgeschermd), of combineer met een klok (hoofdstuk 22, opdracht 22.6).

25.12 Labo: ijk je eigen temperatuursensor

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Voer de proef uit het handboek zelf uit met jouw TMP36 (of een andere temperatuursensor) en een referentiethermometer.

a Noteer je metingen bij minstens vier temperaturen.

Bijvoorbeeld zoals in het handboek: 3,2 °C → 112, 21,0 °C → 148, 38,5 °C → 184, 55,0 °C → 218.

b Teken de ijklijn (referentie horizontaal, ruwe waarde verticaal) en de lijn van het gegevensblad.

Een rechte door de punten; de lijn van het gegevensblad loopt er meestal evenwijdig mee, iets hoger of lager.

c Heeft jouw sensor een vaste afwijking, een andere helling, of allebei? Welke correctie zet je in je programma?

Evenwijdig: vaste afwijking (offset), bv. −1,5 °C in het programma. Een andere helling vraagt een correctie die met de temperatuur verandert: gebruik dan de formule van de ijklijn.

d Noem twee oorzaken van meetfouten in deze proef en hoe je ze klein houdt.

Bijvoorbeeld: sensor en thermometer meten niet hetzelfde water (niet roeren) → roer en hang ze dicht bij elkaar; de sensor warmt trager op → wacht tot beide stabiel zijn; afleesfout van de thermometer → digitale referentie; de ADC-stap van 0,5 °C → meerdere metingen uitmiddelen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Metingen	Minstens vier temperaturen, gespreid over het bereik; pas genoteerd als beide waarden stabiel zijn.
Grafiek	Assen met grootheid en eenheid, punten, best passende rechte, lijn van het gegevensblad.
Besluit	Offset en/of helling benoemd, correctie in °C, geldigheidsbereik vermeld.
Meetfouten	Bv. sensor en thermometer niet op dezelfde plaats, water niet geroerd, niet lang genoeg gewacht, sensor niet waterdicht.

Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

25.13 Habitat: het volledige ontwerp van het water geven

Uitdagen · 4 · Habitat · 60 min

Je bouwt het automatische water geven voor de meetkas. Denk aan wat er mis kan gaan. Een sensor die uit de grond getrokken wordt of waarvan de draad losschiet, geeft een waarde die niets met de grond te maken heeft: los aan de lucht meet een capacitieve sensor 'heel droog' (bv. 640), een losse signaaldraad geeft willekeurige waarden of 0.

a Maak het pinplan en teken het volledige schema: sensor, vlotter, relaismodule met pompkring (zekering, K2, vlotter, pomp), statuslampje.

A0 sensor (5V, GND, AOUT), D3 vlotter naar GND, D6 relaismodule (IN, VCC 5V, GND), D10/D11 leds met 220 Ω. Pompkring: 12 V + → zekering F3 1 A → contact K2 → vlotterschakelaar → pomp → 12 V –.

b Wat doet het programma uit het handboek als de sensordraad losschiet en de ingang 0 leest? En als de sensor naast het bakje ligt (640)?

Ruw 0: vocht $= (600 - 0)/3 = 200\,\%$: de kas denkt dat de grond kletsnat is en geeft nooit meer water, zonder alarm; de planten verdrogen. Ruw 640: vocht $= -13\,\%$: de kas pompt elk kwartier 240 mL (bijna 1 L per uur) in een bakje waar de sensor niet in zit, tot het reservoir leeg is (de vlotter stopt het dan wel).

c Bedenk een controle die zulke onmogelijke waarden herkent. Welke grenzen kies je, en wat doet de kas dan?

Bijvoorbeeld: alleen waarden tussen 250 en 620 zijn geloofwaardig (de ijkpunten 300 en 600 met wat speling). Daarbuiten: niet pompen, rode led laten knipperen, en de waarde naar de computer sturen. Een tweede controle: na drie beurten zonder stijging een alarm (opdracht 22.12).

d Schrijf het verbeterde deel van het programma (in code of in blokken).

```
int ruw = analogRead(SENSOR);
if (ruw < 250 || ruw > 620) {        // onmogelijke waarde: sensor stuk of los
  digitalWrite(POMP, LOW);
  digitalWrite(GROEN, LOW);
  digitalWrite(ROOD, HIGH);              // rood knippert
  delay(500);
  digitalWrite(ROOD, LOW);
  delay(500);
  return;                                // loop() begint opnieuw
}
```

e Testplan: beschrijf vijf tests die je doet voor je de kas een week alleen laat.

Bijvoorbeeld: (1) sensor in droge grond → pompt één beurt, wacht 15 min; (2) sensor in natte grond → groen, geen pomp; (3) reservoir leeg (vlotter open) → rood, geen pomp; (4) sensordraad los → knipperalarm, geen pomp; (5) stroom even weg → programma start opnieuw en werkt verder. Telkens: verwacht, gezien, in orde?

f Portfolio: noteer pinplan, ijkpunten, drempel, pomptijd, wachttijd en je foutcontrole.

Bijvoorbeeld: 'A0 sensor (600 droog / 300 nat), drempel 30 % (ruw 510), 30 s pompen = 240 mL, 15 min wachten, D3 vlotter, D6 relais K2, D10/D11 statuslampje; foutcontrole: ruw buiten 250-620 → geen pomp en knipperalarm.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schema	Sensor op A0, vlotter op D3 met pull-up, relaismodule op D6 met K2 in de 12 V-tak samen met zekering en vlotter; leds met weerstand.
Foutanalyse	0 → vocht 200 %: nooit water, planten verdrogen zonder alarm. 640 → vocht –13 %: pompen elk kwartier, tot het reservoir leeg is.
Foutcontrole	Grenzen rond de ijkpunten; bij een onmogelijke waarde niet pompen en een duidelijk alarm (knipperen).
Testplan	Minstens: droog, nat, reservoir leeg, sensor los, stroomuitval; met verwachte en geziene reactie.

25.14 Twee drempels kiezen voor het dakraam

Uitdagen · 4 · Analyseren · 20 min

Met de simulatie uit het handboek vergeleek een leerling vier keuzes van drempels voor het dakraam, op dezelfde zonnige aprildag (6 tot 20 uur).

open boven	dicht onder	schakelingen van 6 tot 20 h	hoogste temperatuur
28 °C	28 °C	166	28,3 °C
28 °C	27 °C	40	28,2 °C
28 °C	25 °C	14	28,2 °C
30 °C	25 °C	6	30,1 °C

a Wat gebeurt er met het aantal schakelingen als je de twee drempels verder uit elkaar legt? En met de hoogste temperatuur als je de bovenste drempel verhoogt?

Hoe verder de drempels uit elkaar, hoe minder schakelingen (166 bij één drempel, 40 bij 28/27, 14 bij 28/25). De hoogste temperatuur volgt de bovenste drempel: met 30/25 wordt het 30,1 °C.

b De duwstang is gemaakt voor 20 000 bewegingen. Hoe lang houdt ze het bij één drempel, en bij 28/25 °C, als elke dag zo zonnig is?

Eén drempel: $20\,000 / 166 \approx 120$ dagen, nog geen vier maanden. Met 28/25: $20\,000 / 14 \approx 1428$ dagen, ruim 3 jaar (in het echt minder zonnige dagen: nog langer).

c Welke keuze beveel je aan voor de planten (boven 30 °C lijden ze)? Verdedig.

28/25 °C: de temperatuur blijft ruim onder 30 °C, en het raam schakelt weinig. 30/25 schakelt nog minder, maar raakt de grens van 30 °C: te krap. 28/27 slijt de duwstang drie keer sneller voor weinig winst.

25.15 Ontwerp: een servo als thermometer

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 40 min

Op het bedieningspaneel van de meetkas wil je een grote wijzer die de temperatuur toont: een servo met een lange arm boven een halve cirkel met een schaal. 0° is 0 °C, 180° is 45 °C.

a Welke hoek hoort bij 20 °C? En bij 32 °C? Hoeveel graden draait de wijzer per °C?

$180 / 45 = 4$ graden per °C. 20 °C → 80°; 32 °C → 128°.

b Teken de schaal (halve cirkel) met streepjes per 5 °C. Waar valt het gebied boven 30 °C (rood)?

Streepjes om de $5 \times 4 = 20°$: 0, 20, 40, ..., 180° voor 0, 5, 10, ..., 45 °C. Boven 30 °C: van 120° tot 180°.

c Schrijf het programma met de TMP36 op A1 (met ijkcorrectie) en de servo op pin 9. Wat gebeurt er als het kouder is dan 0 °C?

Zie de code. Onder 0 °C begrenst `constrain()` de waarde op 0: de wijzer blijft op 0° staan in plaats van tegen de aanslag te duwen.

```
// Servo als wijzer: 0 graden = 0 °C, 180 graden = 45 °C (oplossing opdracht 25.15)
#include <Servo.h>
Servo wijzer;

void setup() {
  wijzer.attach(9);                          // signaaldraad van de servo op pin 9
}

void loop() {
  int ruw = analogRead(A1);
  int t = (ruw * 5.0 / 1023.0 - 0.5) * 100.0 - 1.5;    // TMP36 met ijkcorrectie, afgerond naar beneden
  t = constrain(t, 0, 45);
  wijzer.write(map(t, 0, 45, 0, 180));
  delay(1000);
}
```

d De servo trekt bij het draaien kort een paar honderd milliampère. Waarom sluit je zijn voeding niet aan op een pin?

> Een pin levert hoogstens 20 mA en is een signaaluitgang, geen voeding. De servo krijgt 5V en GND (bij grote servo's een aparte voeding met gemeenschappelijke GND); de pin geeft alleen het stuursignaal.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenen	4 graden per °C; 80° bij 20 °C, 128° bij 32 °C.
Schaal	Halve cirkel met streepjes per 5 °C (0 tot 45 °C), rood gebied van 120° tot 180°.
Programma	Omrekenen, begrenzen tot 0-45 °C, map naar 0-180°, wachttijd.
Voeding	Servo op 5V en GND van het bord (of een aparte voeding), signaal op pin 9.

25.16 De thermostaat in je lichaam

Uitdagen · 4 · Begrijpen · 20 min

Je lichaam houdt zijn kerntemperatuur rond 37 °C. Zenuwcellen in de huid en in de hersenen meten de temperatuur; een deel van de hersenen (de hypothalamus) vergelijkt met 37 °C. Is het te warm, dan ga je zweten en zetten de bloedvaten in de huid open. Is het te koud, dan ga je rillen en vernauwen de bloedvaten in de huid.

a Teken het blokschema meten - beslissen - doen voor je lichaamstemperatuur. Benoem sensor, regelaar, actuatoren, proces en storing.

> Sensor: temperatuurgevoelige zenuwcellen (huid, hersenen). Regelaar: de hypothalamus. Actuatoren: zweetklieren, bloedvaten in de huid, spieren (rillen). Proces: het lichaam. Storing: een warme of koude omgeving, inspanning.

b Is het een open of een gesloten lus? Leg uit.

> Gesloten: de sensoren meten de temperatuur die zweten en rillen veranderen.

c Werkt je lichaam eerder als een aan/uit-regeling of als een regeling die geleidelijk bijstuurt? Geef een argument.

> Eerder geleidelijk: je zweet een beetje of veel, afhankelijk van hoe warm het is, en rillen neemt toe met de kou. Er is ook een zone rond 37 °C waarin je niet zweet en niet rilt, een beetje zoals twee drempels.

d Bij koorts 'verzet' het lichaam de gewenste waarde naar bijvoorbeeld 39 °C. Waarom heb je dan in het begin koude rillingen?

> De regelaar vergelijkt de echte temperatuur (37 °C) met de nieuwe gewenste waarde (39 °C): het lichaam is 'te koud'. Het zet de actuatoren voor kou in: rillen en de huid minder doorbloeden (je voelt je koud), tot de temperatuur 39 °C bereikt. Meer hierover in hoofdstuk 29.

F FUNDAMENTAL · DEEL F7 · LEVEN EN SYSTEMEN

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 26

Cellen en organismen

Waaruit alles bestaat wat leeft, en hoe je het te zien krijgt

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

6× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 308 min

B Leven en systemen · O Onderzoeken en meten



Van plantenbak naar objectglaasje: de bladeren van de meetkas van heel dichtbij bekijken.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen Oefenen

één stap, direct toepassen

26.1 Leeft het?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Beslis voor elk voorwerp of wezen: leeft het nu, heeft het ooit geleefd (dood), of heeft het nooit geleefd?

a Vul de tabel in.

✓ Zaadje: leeft (het ademt traag en kiemt in natte grond). Tafel: dood (hout bestaat uit cellen van een boom). Kaarsvlam: nooit geleefd. Gistkorrel: leeft (de gistcellen 'slapen' en worden actief in lauw water met suiker). Kiezelsteen: nooit geleefd. Herfstblad: dood (het bestaat uit plantencellen die niet meer leven).

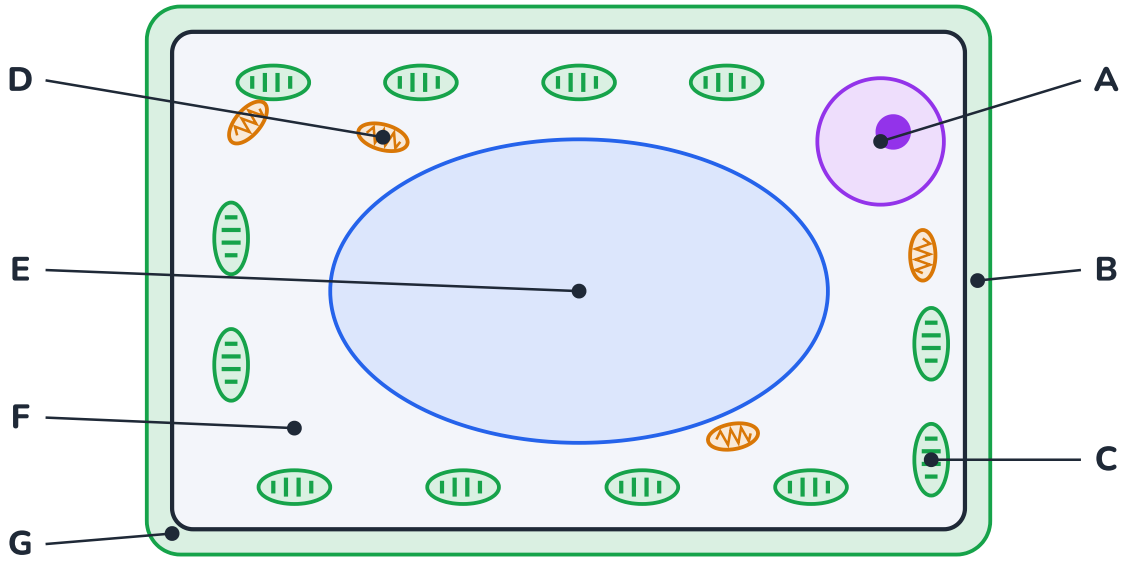
b Een kaarsvlam 'groeit', 'verbruikt zuurstof' en 'beweegt'. Waarom leeft ze toch niet?

✓ Een vlam bestaat niet uit cellen, heeft geen erfelijk materiaal en plant zich niet echt voort: ze heeft de kenmerken niet samen.

26.2 De onderdelen van een plantencel

Oefenen · 1 · Tekenen · 10 min

Een plantencel uit een blad, met zeven onderdelen aangeduid met een letter.



Welk onderdeel hoort bij elke letter?

a Schrijf bij elke letter de naam van het onderdeel.

A kern: bevat het erfelijk materiaal en stuurt de cel. B celwand: stevige wand die vorm en steun geeft. C bladgroenkorrel: maakt suiker met licht. D mitochondrie: maakt energie vrij uit suiker. E vacuole: blaas met celvocht die de cel stevig houdt. F cytoplasma: vulling waarin de onderdelen liggen. G celmembraan: vlies dat bepaalt wat de cel in en uit gaat.

b Welke drie van deze onderdelen vind je niet in een wangcel?

B (celwand), C (bladgroenkorrel) en E (grote vacuole).

26.3 Plantencel of dierencel?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Zet een kruisje bij elke uitspraak: geldt ze voor plantencellen, dierencellen, of voor allebei?

Vul de tabel in.

(a) beide; (b) plantencel; (c) beide; (d) plantencel; (e) beide; (f) plantencel, alleen in de groene delen; (g) dierencel.

26.4 Vergroting berekenen

Oefenen · 1 · Rekenen · 8 min

Bereken de totale vergroting van de microscoop.

a Vul de tabel in.

$10 \times 4 = 40\times$; $10 \times 40 = 400\times$; $15 \times 10 = 150\times$; objectief $200 : 5 = 40\times$; oculair $1000 : 100 = 10\times$.

b Je wil een cel twee keer zo groot zien als bij 200×. Welke vergroting heb je nodig?

✓ $2 \times 200 = 400\times$, bijvoorbeeld oculair 10× met objectief 40×.

26.5 Millimeter, micrometer, nanometer

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Zet om. Denk aan de sprongen van 1000.

a Een bladgroenkorrel is $5\ \mu\text{m}$. Hoeveel mm is dat? _____ mm

✓ $5 : 1000 = 0{,}005\ \text{mm}$

b Een pantoffeldiertje is $0{,}2\ \text{mm}$. Hoeveel µm is dat? _____ µm

✓ $0{,}2 \times 1000 = 200\ \mu\text{m}$

c Een griepvirus is $100\ \text{nm}$. Hoeveel µm is dat? _____ µm

✓ $100 : 1000 = 0{,}1\ \mu\text{m}$

d Een mensenhaar is $70\ \mu\text{m}$ dik. Hoeveel mm is dat? _____ mm

✓ $70 : 1000 = 0{,}07\ \text{mm}$

e Hoeveel bladgroenkorrels van 5 µm passen er achter elkaar op de dikte van dat haar?

✓ $70 : 5 = 14$ bladgroenkorrels.

26.6 Werken met de microscoop

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Sara wil uivlies bekijken bij 400×. Haar stappen staan door elkaar:

A. Door het oculair kijken en de tafel langzaam wegdraaien tot het beeld scherp is.

B. Het kleinste objectief boven het gat draaien.

C. Naar 40× draaien en scherpstellen met de kleine instelschroef.

D. Het preparaat op de tafel leggen en de klemmen vastzetten.

E. Van opzij kijken en het objectief zo dicht mogelijk bij het glaasje brengen.

F. Het uivlies naar het midden schuiven en naar 10× draaien.

a Zet de stappen in de juiste volgorde.

✓ B, D, E, A, F, C.

b Waarom kijk je van opzij bij stap E, en draai je bij stap A de tafel weg van het objectief en niet ernaartoe?

✓ Van opzij zie je hoe dicht het objectief bij het glaasje komt, zodat het niet in het glaasje duwt. Kijk je door het oculair, dan draai je alleen weg: zo kan je nooit iets breken.

c Sara ziet bij 400× alleen een lichte vlek. Noem twee mogelijke oorzaken.

✓ Bijvoorbeeld: het uivlies lag niet in het midden van het gezichtsveld voor ze naar 40× draaide; het beeld is niet scherpgesteld; er is te veel licht (diafragma te open), zodat het doorzichtige vliesje wegvalt.

26.7 Hoe groot is de cel echt?

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Reken telkens de werkelijke grootte uit. Noteer je berekening, met eenheden.

a Op een foto bij 400× is een rode bloedcel 3,2 mm breed. Hoe breed is de cel in µm?

✓ $3{,}2\,\text{mm} : 400 = 0{,}008\,\text{mm} = 8\,\mu\text{m}$. Klopt met de 7 à 8 µm van een rode bloedcel.

b Een pantoffeldiertje is 0,2 mm lang. Hoe lang is het op een foto bij 100×?

✓ $0{,}2\,\text{mm} \times 100 = 20\,\text{mm}$ op de foto.

c Onder een microscoopfoto staat een streepje met '50 µm' erbij. Het streepje is 20 mm lang. Een cel op de foto is 36 mm lang. Hoe lang is de cel echt? Hoe sterk is de foto vergroot?

✓ 20 mm op de foto is 50 µm echt, dus 1 mm op de foto is $50 : 20 = 2{,}5\,\mu\text{m}$. De cel: $36 \times 2{,}5 = 90\,\mu\text{m}$. Vergroting: $20\,\text{mm} = 20\,000\,\mu\text{m}$, en $20\,000 : 50 = 400\times$.

26.8 Het gezichtsveld

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Je microscoop heeft een oculair 10×/18. Bij 100× bekijk je een waterpestblaadje. Over de volle breedte van het gezichtsveld tel je 36 cellen naast elkaar; in de lengterichting van de cellen passen er 10 achter elkaar.

a Hoe groot is het gezichtsveld bij 100×?

✓ $18 : 10 = 1{,}8\,\text{mm}$.

b Hoe breed en hoe lang is één waterpestcel, in µm?

✓ Breedte: $1{,}8 : 36 = 0{,}05\,\text{mm} = 50\,\mu\text{m}$. Lengte: $1{,}8 : 10 = 0{,}18\,\text{mm} = 180\,\mu\text{m}$.

c Hoeveel cellen zie je nog over de breedte als je naar 400× draait?

✓ Het gezichtsveld wordt $18 : 40 = 0{,}45\,\text{mm}$: vier keer kleiner, dus $36 : 4 = 9$ cellen.

d Waarom meet je beter bij 100× dan bij 400× als je de celgrootte zo wil bepalen?

✓ Bij 100× tel je meer cellen over het veld, zodat een foutje van één cel veel minder uitmaakt. En je ziet of de cellen overal ongeveer even groot zijn.

26.9 Labo: ui, waterpest en wangslijmvlies

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Voer de proef uit het handboek uit en maak van elk preparaat een biologische tekening.

a Teken twee uivliescellen bij 400×. Benoem wand, cytoplasma en kern.

✓ Langwerpige cellen met duidelijke wand, kern (bruin gekleurd) vaak tegen de wand; geen bladgroenkorrels.

b Teken één waterpestcel bij 400×. Benoem wat je ziet. Wat zie je gebeuren als je een minuut kijkt?

✓ Rechthoekige cel met veel bladgroenkorrels langs de wand; na een tijd schuiven de korrels langzaam rond (stroming van het cytoplasma).

c Teken twee wangcellen bij 400×. Benoem wat je ziet.

✓ Platte, onregelmatige cellen met een donkerblauwe kern, zonder wand.

d Schat de grootte van een uivliescel en een wangcel met het gezichtsveld (0,45 mm bij 400×).

✓ Uivliescel: bv. twee cellen over de lengte van 0,45 mm, dus ongeveer 0,2 à 0,25 mm = 200 à 250 µm. Wangcel: ongeveer acht over het veld, dus 0,45 : 8 ≈ 0,06 mm = 60 µm.

e Welke onderdelen uit het handboek zag je niet? Geef voor elk een reden.

✓ Mitochondriën: te klein (ongeveer 1 µm). Vacuole: doorzichtig, je ziet alleen dat ze het cytoplasma tegen de wand duwt. Bladgroenkorrels in uivlies: er zijn er geen (ondergronds deel van de plant).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Preparaten	Dun, zonder luchtbellen, gekleurd waar nodig; microscoop correct gebruikt.
Tekeningen	Potlood, duidelijke lijnen, alleen wat je echt ziet, onderdelen benoemd, vergroting erbij.
Grootte	Schatting met het gezichtsveld, uitgerekend in µm, realistisch.
Besluit	Verschillen plantencel en dierencel juist benoemd; niet-zichtbare onderdelen verklaard.

26.10 Van cel tot organisme

Toepassen · 2 · Begrijpen · 10 min

Deze woorden horen bij een van de vijf niveaus: cel, weefsel, orgaan, orgaanstelsel, organisme.

a Rangschik: longen, rode bloedcel, spierweefsel, merel, spijsverteringsstelsel, maag, palissadeweefsel, zonnebloem, wortel, zenuwcel, bloedsomloop, huid.

✓ Cel: rode bloedcel, zenuwcel. Weefsel: spierweefsel, palissadeweefsel. Orgaan: longen, maag, wortel, huid. Orgaanstelsel: spijsverteringsstelsel, bloedsomloop. Organisme: merel, zonnebloem.

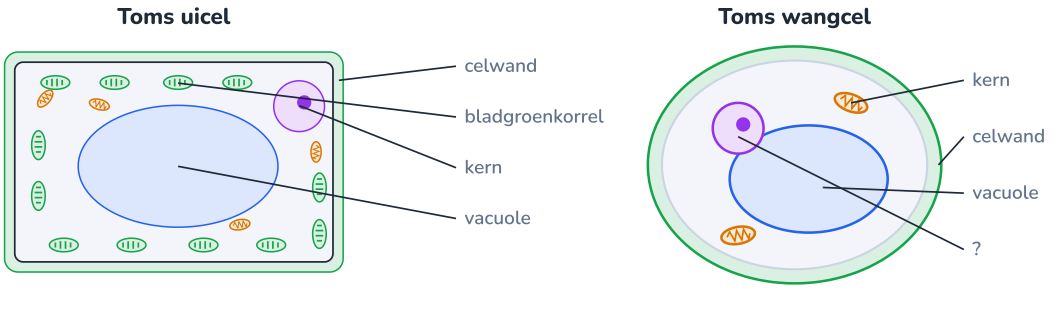
b Een klasgenoot schrijft: 'Het hart bestaat uit hartcellen.' Waarom is dat niet helemaal juist?

✓ Een orgaan bestaat uit verschillende weefsels: het hart heeft hartspierweefsel, maar ook zenuwweefsel en bindweefsel (kleppen, vliezen). Het bestaat dus uit verschillende soorten cellen, georganiseerd in weefsels.

26.11 Foutenjacht in een celtekening

Toepassen · 3 · Analyseren · 12 min

Tom heeft na het labo een uivliescel en een wangcel getekend en benoemd. Er staan minstens vijf fouten in.



De twee tekeningen van Tom, met zijn eigen benamingen.

a Zoek de fouten in de tekening van de uivliescel.

Uivlies heeft geen bladgroenkorrels: de rokken van een ui groeien onder de grond. Tom tekende wat hij in een bladcel verwachtte, niet wat hij zag.

b Zoek de fouten in de tekening van de wangcel.

Een wangcel heeft geen celwand en geen grote vacuole. En het label 'kern' wijst naar een mitochondrie; de echte kern is het paarse bolletje links.

c Wat ontbreekt er bij beide tekeningen, volgens de checklist voor een biologische tekening?

De vergroting (bv. 400×). Ook: een tekening toont alleen wat je echt ziet (mitochondriën zie je niet bij 400×).

d Welk onderdeel duidt Tom aan met het vraagteken?

De kern (met het kernlichaampje).

26.12 Op de schaal

Toepassen · 3 · Tekenen · 15 min

Op deze lege logaritmische schaal is elke streep tien keer groter dan de vorige.



Een logaritmische schaal van 0,1 nm tot 100 m.

a Zet een pijltje met de naam bij: een gistcel (8 µm), een zandkorrel (0,5 mm), een mitochondrie (1 µm), een watermolecule (0,3 nm), een slakrop (25 cm), een olifant (4 m).

Gistcel tussen 1 µm en 10 µm, dicht bij 10 µm; zandkorrel tussen 100 µm en 1 mm, iets voorbij het midden; mitochondrie op 1 µm; watermolecule tussen 0,1 en 1 nm, net voor het midden; slakrop tussen 10 cm en 1 m, iets voor het midden; olifant tussen 1 m en 10 m, iets voorbij het midden.

b Welke van deze zes kan je zien met het blote oog, welke met een lichtmicroscoop, welke alleen met een elektronenmicroscoop?

Blote oog: zandkorrel, slakrop, olifant. Lichtmicroscoop: gistcel, mitochondrie (net aan de grens, als een stipje). Elektronenmicroscoop: watermolecule (en voor details van de mitochondrie).

c Hoeveel keer groter is de olifant dan de gistcel? Hoeveel strepen liggen ze uit elkaar?

$4\,\text{m} = 4\,000\,000\,\mu\text{m}$, en $4\,000\,000 : 8 = 500\,000$ keer. Dat is tussen 5 en 6 strepen (tussen 10^5 en 10^6 keer).

Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

26.13 Habitat: een huidmondjeskaart van de meetkas

Uitdagen · 4 · Habitat · 60 min

Hoeveel huidmondjes hebben de planten in de meetkas, en waar zitten ze? Maak met de nagellakmethode van het handboek afdrukken van de boven- en onderkant van de bladeren van minstens twee soorten planten uit de kas (bijvoorbeeld sla en basilicum), en kies per soort ook een blad uit de zon en een uit de schaduw. Oculair 10×/18, tellen bij 400× (gezichtsveld 0,16 mm²).

a Welke variabelen hou je gelijk als je bladeren vergelijkt? Noem er drie.

✓ Bijvoorbeeld: bladeren van dezelfde leeftijd (volgroeid, niet het jongste), afdruk op dezelfde plaats (midden van het blad, tussen twee nerven), zelfde vergroting en dezelfde manier van tellen (huidmondjes op de rand van het veld: alleen boven en links meetellen).

b Tel op vijf plaatsen per afdruk en bereken het aantal per mm².

✓ Eigen metingen. Rekenvoorbeeld: gemiddelde 38 $\Rightarrow$ $38 : 0{,}16 \approx 240$ per mm².

c Maak een staafdiagram van het aantal per mm² (onderkant en bovenkant naast elkaar per blad).

✓ Per blad twee staven naast elkaar (onder, boven); as met 'huidmondjes per mm²'.

d Formuleer twee besluiten. Klopt 'de meeste huidmondjes zitten onderaan' voor jouw planten?

✓ Typisch: bij de meeste planten onderaan duidelijk meer dan bovenaan (sla en basilicum hebben er ook bovenaan heel wat); bladeren uit de zon hebben er vaak meer per mm² dan bladeren uit de schaduw.

e Een bonenblad heeft onderaan 260 huidmondjes per mm². Hoeveel zijn dat er op een blad van 40 cm²?

✓ $40\,\text{cm}^2 = 4000\,\text{mm}^2$; $4000 \times 260 = 1\,040\,000$: ruim een miljoen huidmondjes.

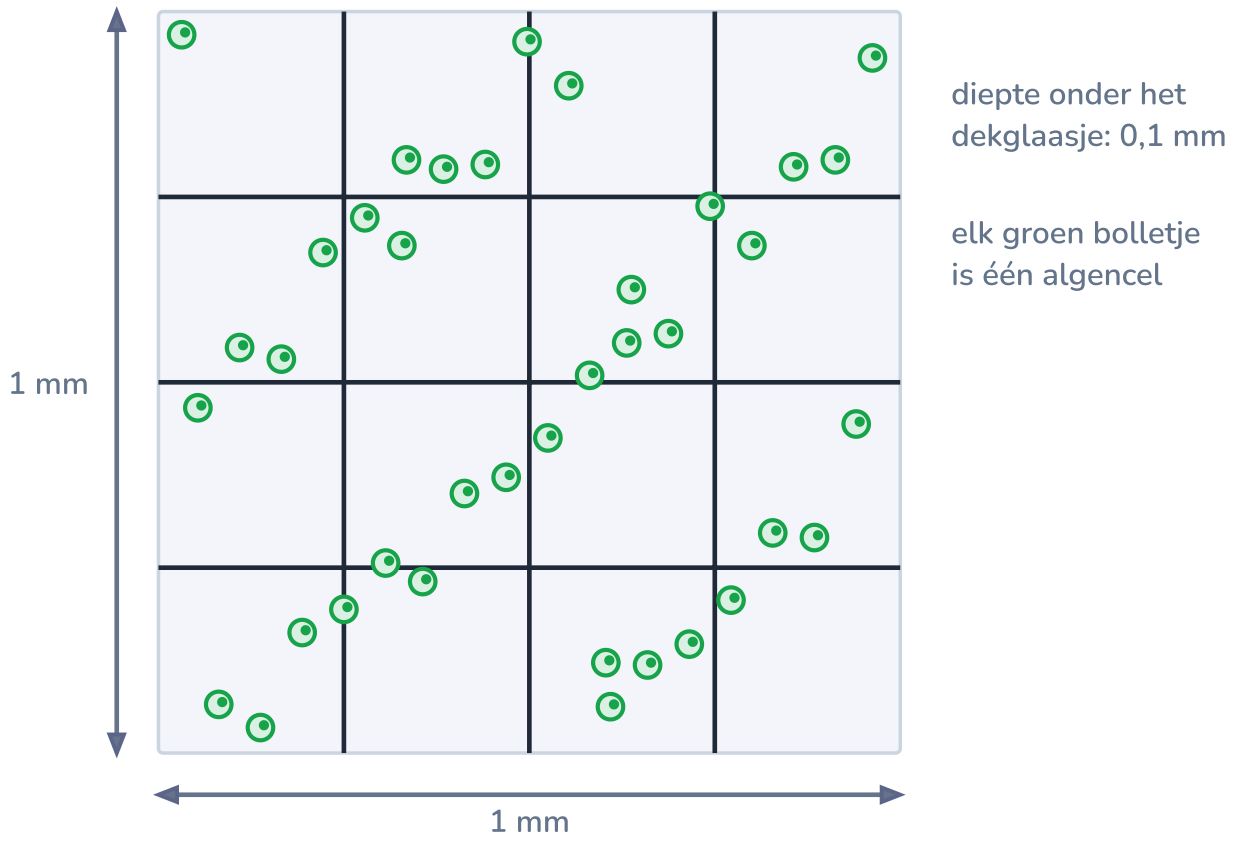
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Afdrukken	Voor elke plant en kant een bruikbare afdruk, correct benoemd op het glaasje.
Tellen en rekenen	Vijf tellingen per afdruk, gemiddelde en aantal per mm² juist berekend.
Eerlijk vergelijken	Bladeren van dezelfde leeftijd, zelfde plaats op het blad, zelfde vergroting.
Besluit	Onderbouwd met de tabel en de grafiek; verschillen zon/schaduw en boven/onder besproken.

26.14 Groen water in het reservoir

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 25 min

Het water in het reservoir van de meetkas ziet er lichtgroen uit. Je neemt een druppel en legt die in een **telkamer**: een dik objectglaasje met een ingekrast rooster. Het grote vak is 1 mm × 1 mm, en onder het dekglaasje staat er precies 0,1 mm water boven. Je telt de algencellen in het grote vak.



Het grote vak van de telkamer bij 100×, met zestien kleine vakjes.

a Tel de algen in de figuur (tel ze per klein vakje, dan vergeet je er geen).

✓ 38 algencellen.

b Hoeveel mm³ water staat er boven het grote vak? Hoeveel mL is dat? (1 mL = 1 cm³ = 1000 mm³.)

✓ $1\,\text{mm} \times 1\,\text{mm} \times 0{,}1\,\text{mm} = 0{,}1\,\text{mm}^3$; en $0{,}1 : 1000 = 0{,}0001\,\text{mL}$.

c Hoeveel algencellen zitten er in 1 mL reservoirwater?

✓ In 1 mL passen $1 : 0{,}0001 = 10\,000$ zulke volumes, dus $38 \times 10\,000 = 380\,000$ algencellen per mL.

d In de klimaatmodule van Intermediate geldt een alarmgrens van 500 000 algencellen per mL. Zit dit reservoir onder of boven die grens? Wat doe je om de algen tegen te houden?

✓ Onder de grens, maar niet ver eronder: algen kunnen zich snel verdubbelen (hoofdstuk 5 van Intermediate). Algen hebben licht nodig voor fotosynthese: het reservoir donker afdekken, de slangen lichtdicht maken, en het reservoir regelmatig reinigen.

26.15 Waarom zijn cellen zo klein?

●●● Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 30 min

Een cel neemt voedingsstoffen en zuurstof op door haar oppervlak, en verbruikt ze in haar hele inhoud (volume). Onderzoek met kubussen wat er gebeurt als een cel groter wordt.

a Bereken voor een kubus met ribbe 1 cm, 2 cm en 4 cm de oppervlakte (6 zijvlakken), het volume, en de verhouding oppervlakte : volume.

✓ 1 cm: 6 cm², 1 cm³, verhouding 6. 2 cm: 24 cm², 8 cm³, verhouding 3. 4 cm: 96 cm², 64 cm³, verhouding 1,5.

b Wat gebeurt er met de verhouding als de ribbe verdubbelt? Wat betekent dat voor een cel die groeit?

✓ Bij een dubbele ribbe halveert de verhouding: het volume groeit sneller (× 8) dan de oppervlakte (× 4). Een grote cel heeft per stukje inhoud te weinig oppervlak om genoeg stoffen op te nemen en af te geven; bovendien moeten stoffen verder diffunderen naar het midden (hoofdstuk 6).

c Je snijdt de kubus van 4 cm in 64 kubusjes van 1 cm. Wat gebeurt er met het totale volume en de totale oppervlakte?

✓ Het volume blijft $64\,\text{cm}^3$, maar de oppervlakte wordt $64 \times 6 = 384\,\text{cm}^2$: vier keer zoveel als 96 cm².

d Leg met je antwoorden uit waarom een olifant niet uit reuzencellen bestaat, maar uit veel meer cellen van gewone grootte.

✓ Veel kleine cellen hebben samen veel meer oppervlak dan één grote met hetzelfde volume. Zo kan elke cel snel genoeg voedsel en zuurstof opnemen. Een groot dier heeft dus meer cellen, niet grotere.

26.16 Debat: leeft een virus?

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 20 min

Een virus heeft erfelijk materiaal en kan zich vermenigvuldigen, maar alleen in een cel van een ander organisme. Buiten een cel doet het niets: het eet niet, ademt niet en groeit niet. Sommige virussen kan je zelfs als kristallen bewaren.

a Geef twee argumenten om een virus levend te noemen, en twee om het niet levend te noemen. Gebruik de levenskenmerken.

✓ Levend: het heeft erfelijk materiaal, het plant zich voort (in een cel), en het verandert (evolueert) zoals levende wezens. Niet levend: het bestaat niet uit cellen, heeft geen eigen voeding of ademhaling, groeit niet en kan zich zonder gastheercel niet voortplanten.

b Wat is jouw standpunt? Welk levenskenmerk weegt voor jou het zwaarst?

✓ Eigen standpunt, bv.: 'Niet levend, omdat het niet uit cellen bestaat en zelf niets kan: de celtheorie is voor mij de grens.'

c Waarom is het zinvol dat wetenschappers afspreken wat 'leven' betekent, ook al passen niet alle gevallen netjes?

✓ Een afspraak maakt duidelijk waarover je praat en waarin virussen verschillen van bacteriën (bv. antibiotica werken tegen bacteriën, niet tegen virussen). Grensgevallen tonen dat de natuur zich niet altijd aan onze indeling houdt.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Voor en tegen, telkens gekoppeld aan een levenskenmerk.
Standpunt	Duidelijk en onderbouwd; tegenargument erkend.

F FUNDAMENTAL · DEEL F7 · LEVEN EN SYSTEMEN

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 27

Planten: fotosynthese en groei

Hoe een plant van lucht, water en licht een krop sla maakt

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 388 min

B Leven en systemen · O Onderzoeken en meten · E Energie



De groeiproef in de meetkas: twaalf bakjes pluksla, sommige onder een schaduwdoek.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

Oefenen

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

27.1 De woordvergelijking

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Vul de woordvergelijking van de fotosynthese aan en beantwoord de vragen.

a _____ + water → _____ + zuurstof (met _____ en _____ bij de pijl)

✓ koolstofdioxide + water → glucose + zuurstof, met licht en bladgroen.

b Welke stof komt uit de lucht? Langs waar komt ze het blad binnen?

✓ Koolstofdioxide, via de huidmondjes.

c Welke stof komt uit de grond? Langs waar komt ze in het blad?

✓ Water, via de wortelharen en de houtvaten (in de nerven).

d Waar in de cel gebeurt de fotosynthese?

In de bladgroenkorrels.

27.2 Fotosynthese of celademhaling?

Oefenen 2 Begrijpen 10 min

Zet een kruisje: geldt de uitspraak voor de fotosynthese, voor de celademhaling, of voor allebei?

Vul de tabel in.

(a) celademhaling; (b) fotosynthese; (c) celademhaling; (d) fotosynthese; (e) celademhaling (wortels krijgen geen licht); (f) allebei; (g) celademhaling; (h) celademhaling.

27.3 Wat gaat er door de huidmondjes?

Oefenen 2 Begrijpen 8 min

Een slaplant in de meetkas, met genoeg water.

a Vul in met 'in', 'uit' of 'bijna niets' (de huidmondjes zijn 's nachts grotendeels dicht).

Middag: koolstofdioxide in, zuurstof uit, waterdamp uit. Nacht: koolstofdioxide uit (ademhaling), zuurstof in (ademhaling), waterdamp bijna niets. Omdat de huidmondjes 's nachts grotendeels dicht zijn, gaat die uitwisseling traag; een deel gebeurt ook door de wortels en de stengel.

b Waarom sluit een plant haar huidmondjes bij droogte? Wat is het nadeel?

Zo verliest ze minder water en verwelkt ze niet. Nadeel: er komt ook geen koolstofdioxide binnen, dus de fotosynthese stopt.

27.4 Juist of fout?

Oefenen 2 Begrijpen 10 min

Verbeter de foute uitspraken.

a (a) Plantenvoeding geeft een plant de energie om te groeien.

Fout: plantenvoeding bevat mineralen (bouwstoffen). De energie komt van het licht, opgeslagen in glucose.

b (b) Het grootste deel van de massa van een boom komt uit de grond.

Fout: vooral uit koolstofdioxide uit de lucht (en water). Uit de grond komt maar ongeveer 1 % (mineralen).

c (c) Planten ademen niet, ze maken alleen zuurstof.

Fout: planten ademen dag en nacht, net als dieren. Overdag maken ze wel meer zuurstof dan ze verbruiken.

d (d) Een plant heeft zuurstof nodig bij haar wortels.

Juist: wortelcellen doen aan celademhaling. In een natte, zuurstofarme grond rotten ze.

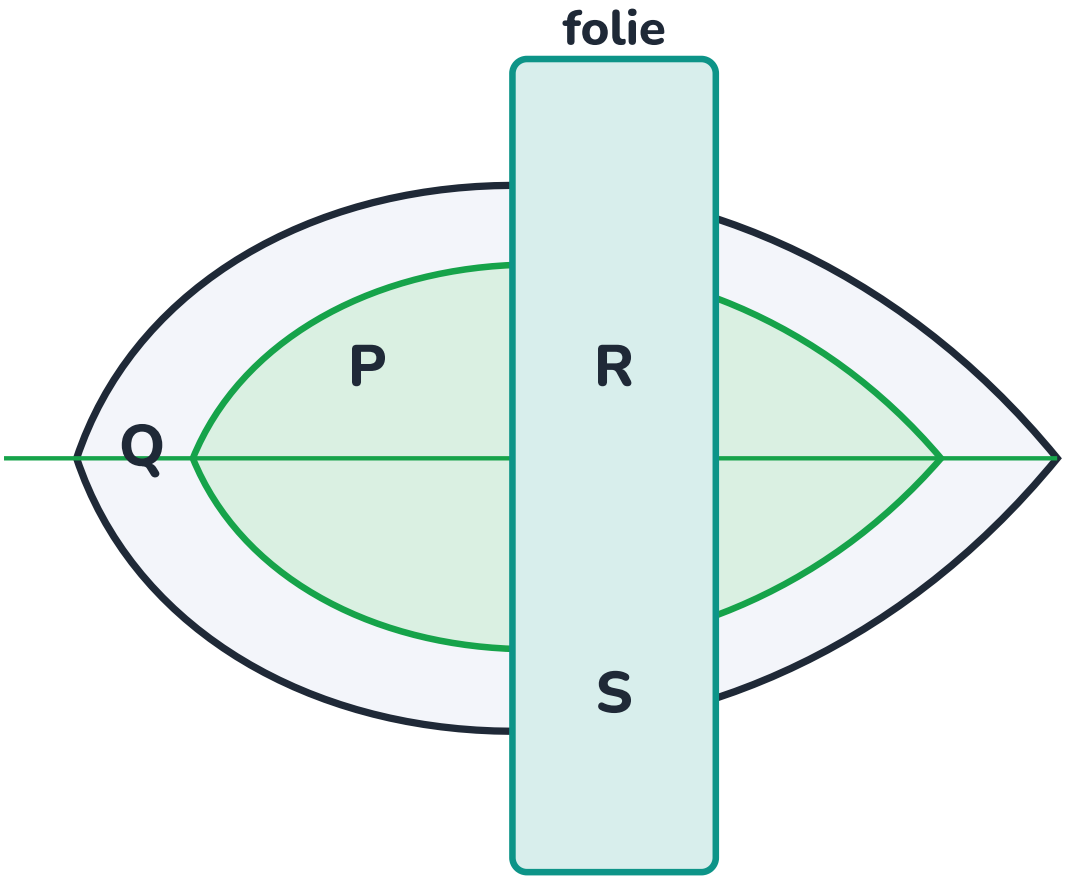
e (e) Groen licht is het nuttigste licht voor een plant.

Fout: bladgroen vangt vooral rood en blauw licht op; groen licht kaatst grotendeels terug, daarom zie je het blad groen.

27.5 Een bont blad met een strook folie

Oefenen · 2 · Tekenen · 10 min

Een bont blad (groen in het midden, wit aan de rand) stond twee dagen in het donker. Daarna kreeg het een strook folie en stond het een dag in de zon. Dan werd het ontkleurd en met jodium getest.



P: groen, in het licht. Q: wit, in het licht. R: groen, onder de folie. S: wit, onder de folie.

a Welke zones kleuren blauwzwart met jodium? Kleur ze in op de tekening.

✓ Alleen P.

b Leg uit met de woordvergelijking waarom de andere zones niet kleuren.

✓ Q heeft geen bladgroen, R en S geen licht. Zonder licht of bladgroen geen fotosynthese, dus geen glucose en geen zetmeel.

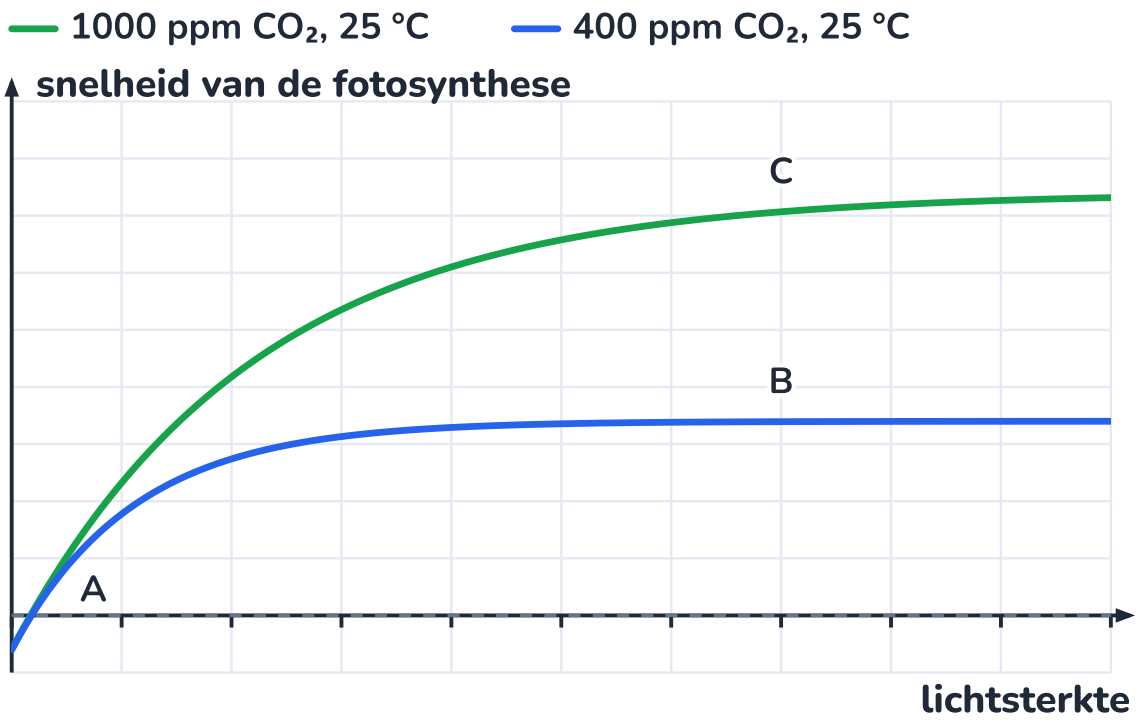
c Waarom moest de plant eerst twee dagen in het donker staan?

✓ Zo is het oude zetmeel eerst verbruikt. Anders kleurt misschien ook R, met zetmeel van vóór de proef, en weet je niet of het nieuw gemaakt is.

27.6 Welke factor remt?

Toepassen · 3 · Analyseren · 12 min

Een onderzoeker meet de fotosynthese van sla bij toenemend licht, bij twee CO_2-gehaltes, telkens bij 25 °C.



Fotosynthese bij 400 en bij 1000 ppm koolstofdioxide (schets).

a Wat is de beperkende factor in punt A? Hoe zie je dat aan de grafiek?

✓ Licht: bij weinig licht liggen beide lijnen op elkaar (meer CO_2 helpt niet), en meer licht doet de snelheid stijgen.

b Wat is de beperkende factor in punt B? Hoe zie je dat?

✓ Koolstofdioxide: de lijn van 400 ppm is vlak (meer licht helpt niet), terwijl de lijn met 1000 ppm bij hetzelfde licht veel hoger ligt.

c In punt C helpt ook meer CO_2 niet meer veel. Noem twee factoren die daar kunnen beperken.

✓ Bijvoorbeeld de temperatuur (25 °C, misschien niet optimaal), het aantal bladgroenkorrels of enzymen, water, of het CO_2 is ook bij 1000 ppm weer beperkend.

d Waarom daalt de lijn onder nul bij lichtsterkte nul?

✓ Zonder licht is er geen fotosynthese, maar de celademhaling gaat door: de plant geeft netto koolstofdioxide af.

27.7 De verdampingsproef met vaseline

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Een klas herhaalt de proef met vaseline met bladeren van een kamerplant. Na 3 dagen:
blad P (geen vaseline): van 3,20 g naar 2,56 g; blad Q (bovenkant): van 3,05 g naar 2,50 g; blad R (onderkant): van 3,30 g naar 3,17 g; blad S

(beide kanten): van 3,10 g naar 3,04 g.

a Bereken voor elk blad het massaverlies in gram en in procent van de beginmassa.

✓ P: 0,64 g = 20 %; Q: 0,55 g = 18 %; R: 0,13 g = 3,9 %; S: 0,06 g = 1,9 %.

b Waarom vergelijk je percentages en niet gewoon de grammen?

✓ De bladeren waren niet even zwaar: een zwaarder blad kan meer water verliezen. In procent vergelijk je eerlijk.

c Wat besluit je over de plaats van de huidmondjes bij deze plant?

✓ Vaseline onderaan remt het verdampen bijna volledig, bovenaan nauwelijks: de meeste huidmondjes zitten aan de onderkant.

d Blad S verliest ook nog 2 %. Geef een verklaring.

✓ Wat water verdampt door de waslaag zelf of door de steel, of de vaseline was niet overal dicht.

27.8 Water in de meetkas

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Het reservoir van de meetkas heeft een inhoud van 30 L; de planten gebruiken in de lente ongeveer 1,8 L per dag. Op een hete dag in juni verdampen ze het dubbele.

a Hoeveel dagen kan de kas in de lente met een vol reservoir?

✓ $30 : 1{,}8 \approx 16{,}7$: ongeveer 16 dagen.

b Stel dat de vlotterschakelaar alarm geeft als er nog 6 L in het reservoir zit. Na hoeveel dagen is dat in de lente? En bij een hittegolf?

✓ Bruikbaar: $30 - 6 = 24\,\text{L}$. Lente: $24 : 1{,}8 \approx 13$ dagen. Hittegolf: $24 : 3{,}6 \approx 6{,}7$, dus na 6 dagen.

c Waarom verbruiken de planten op een hete dag meer water? Gebruik de woorden huidmondjes en verdamping.

✓ Bij warmte en fel licht staan de huidmondjes open en gaat de verdamping sneller: warme, droge lucht neemt meer waterdamp op. De planten koelen zich zo ook af.

d Een klasgenoot stelt voor het dakraam dicht te laten bij hitte 'om water te sparen'. Wat is daar mis mee?

✓ In een dichte kas wordt het nog heter (boven het optimum), de lucht wordt heel vochtig en de koolstofdioxide raakt op. De planten groeien slechter; en met hoge luchtvochtigheid krijgen schimmels een kans.

27.9 Hoeveel koolstofdioxide zit er in een boom?

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Een beuk heeft na 80 jaar een droge massa van 2000 kg (stam, takken en wortels). Droog hout bestaat voor 50 % uit koolstof. Alle koolstof komt uit koolstofdioxide: 1 kg koolstof zat in 3,67 kg koolstofdioxide.

a Hoeveel kg koolstof zit er in de boom?

✓ $0{,}50 \times 2000 = 1000\,\text{kg}$ koolstof.

b Hoeveel kg koolstofdioxide heeft de boom daarvoor uit de lucht gehaald?

✓ $1000 \times 3{,}67 = 3670\,\text{kg}$ koolstofdioxide.

c Hoeveel is dat gemiddeld per jaar?

✓ $3670 : 80 \approx 46\,\text{kg}$ per jaar (in het begin minder, als volwassen boom meer).

d Wat gebeurt er met die koolstof als de boom verbrand wordt of verrot?

✓ Ze komt als koolstofdioxide terug in de lucht: bij verbranden meteen, bij verrotten via de ademhaling van schimmels en bacteriën (hoofdstuk 28).

27.10 Labo: de zetmeelproef

Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Voer de zetmeelproef uit het handboek uit met een bont blad en een strook folie.

a Voorspel met een schets welke delen blauwzwart zullen kleuren.

✓ Blauwzwart waar het blad groen was en licht kreeg; niet onder de folie en niet in de witte rand.

b Teken het resultaat na de jodiumtest.

✓ Eigen resultaat; meestal zoals voorspeld, met een scherpe rand waar de folie zat.

c Waarom kook je het blad eerst, en waarom leg je het daarna in ethanol?

✓ Koken doodt de cellen, zodat de ethanol en daarna het jodium erin kunnen. Ethanol lost het bladgroen op, zodat je de blauwzwarte kleur goed ziet.

d Klopte je voorspelling? Wat besluit je?

✓ Voor zetmeel (en dus glucose) zijn licht en bladgroen nodig: de fotosynthese gebeurt alleen in de groene delen en in het licht.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Veiligheid	Ethanol alleen in een waterbad, nooit bij een vlam; bril en handschoenen.
Uitvoering	Plant vooraf in het donker, folie goed aangesloten, blad volledig ontkleurd.
Tekeningen	Voorspelling en resultaat duidelijk, met de zones benoemd.
Besluit	Licht en bladgroen nodig voor zetmeel, verklaard met de fotosynthese.

27.11 Onderzoek: tuinkers in het donker

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 40 min

Onderzoek hoe licht de groei van tuinkers beïnvloedt. Je hebt twee bakjes met natte watten, tuinkerszaad uit één pakje en een kartonnen doos. Je meet na 7 dagen.

a Schrijf je onderzoeksvraag en een hypothese.

✓ Bv.: 'Hoe hangt de groei van tuinkers na 7 dagen af van licht?' Hypothese: 'In het licht groeit tuinkers beter, omdat ze licht nodig heeft voor fotosynthese.'

b Welke drie variabelen hou je gelijk, en hoe?

✓ Evenveel zaad (bv. 1 theelepel), evenveel water (elke dag 20 mL), zelfde temperatuur (beide bakjes naast elkaar, één onder de doos), zelfde soort watten.

c Meet na 7 dagen per bakje de lengte van 10 plantjes en de massa van 20 afgeknipte plantjes samen. Noteer ook de kleur.

✓ Typisch: donker langer (bv. 45 mm tegenover 30 mm), maar lichter van massa per plantje en geel-wit; licht korter, groen en zwaarder.

d Welk bakje 'groeit het best' volgens de lengte? En volgens de massa? Wat besluit je?

> Volgens de lengte het donkere bakje, volgens de massa het lichte. Lengte is hier een misleidende maat: in het donker 'rekt' de plant zich uit om licht te zoeken (etiolement), met de voorraad uit het zaad.

27.12 Maak: een Kratky-pot

●●○ Toepassen · 3 · Maken · 60 min

Bouw een Kratky-pot voor één slaplantje en volg het drie weken. Materiaal: een ondoorzichtige pot van ongeveer 5 L met deksel, een netpotje, kleikorrels, voedingsoplossing van 1,0 g/L (5 mL plantenvoeding per liter, hoofdstuk 8), een slaplantje zonder aarde aan de wortels.

a Maak een schets van je ontwerp met de maten en het niveau van de oplossing bij de start.

> Schets: pot, deksel met gat, netpotje met kleikorrels, oplossing tot 1 à 2 cm onder de bodem van het netpotje (de wortels hangen erin).

b Hoeveel mL plantenvoeding meng je voor 5 L oplossing?

> $5 \times 5\,\text{mL} = 25\,\text{mL}$ plantenvoeding.

c Meet elke week het niveau van de oplossing en het aantal bladeren.

> Eigen metingen: het niveau zakt, sneller naarmate de plant groter wordt; er komen bladeren bij.

d Waarom moet de pot ondoorzichtig zijn, en waarom vul je hem niet tot aan het netpotje bij?

> Licht bij de oplossing doet algen groeien, die voeding verbruiken en de wortels hinderen. De luchtlaag moet blijven: de bovenste wortels halen daar hun zuurstof. Bijvullen tot aan het netpotje zou ze verdrinken; vul hoogstens een beetje bij.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Ontwerp	Schets met maten; lichtdicht; netpotje raakt de oplossing bij de start.
Oplossing	Juiste concentratie, correct afgemeten.
Opvolging	Drie metingen met eenheid en opmerkingen (kleur, wortels, algen).
Uitleg	Rol van de luchtlaag en van het donker juist verklaard.

●●● Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

27.13 Habitat: ontwerp je eigen groeiproef voor de meetkas

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 60 min

In het handboek werd een groeiproef met schaduwdoek ontworpen. Ontwerp nu zelf een groeiproef voor de twaalf bakjes van de meetkas, met een **andere** onafhankelijke variabele. Kies bijvoorbeeld: de zaaidichtheid, de sterkte van de voedingsoplossing, 's avonds extra licht van de ledstrip in maart, of de soort pluksla. Hou rekening met wat de kas kan: één reservoir en één druppelslang voor alle bakjes, twee helften ledstrip (één per rij), sensoren voor temperatuur, licht en bodemvocht.

a Onderzoeksvraag en hypothese (met een reden uit dit hoofdstuk).

> Bijvoorbeeld: 'Hoe hangt de oogst van pluksla af van de zaaidichtheid?' Hypothese: 'Als ik dichter zaai, dan wordt de oogst per plant kleiner, omdat de planten elkaar licht wegnemen (licht wordt beperkend).'

b Variabelen: onafhankelijk (met de waarden), afhankelijk (hoe gemeten), en minstens vier gecontroleerde.

> Onafhankelijk: 5, 10, 20 of 40 plantjes per bakje (na uitdunnen). Afhankelijk: versgewicht per bakje en per plant na 5 weken. Gecontroleerd: zelfde zaad, potgrond, druppelaar per bakje, voedingsoplossing, zaai- en oogstdag, ledstrip voor alle bakjes gelijk (uit).

c Teken het plan van de twaalf bakjes (twee rijen van zes) en leg uit hoe je de plaatsen verdeelt.

✓ Bv. vier groepen van drie bakjes, elke groep minstens één keer voor en achter, plaats per rij geloot.

d Welke eigenschap van de kas maakt jouw variabele moeilijk om eerlijk te testen? Hoe los je dat op?

✓ Voorbeelden: de voedingsoplossing kan je niet per bakje variëren (één reservoir): dan moet je die groepen met de hand gieten en de druppelslang voor die bakjes afsluiten. Extra licht kan alleen per rij (twee ledstriphelften): dan is de rij zelf een tweede variabele; oplossing: de bakjes halverwege van rij wisselen, of de proef herhalen met de rijen omgekeerd.

e Maak de lege resultatentabel.

✓ Kolommen bv.: groep | bakje | plaats | aantal planten | versgewicht (g) | gewicht per plant (g) | opmerkingen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Vraag en hypothese	Eén onafhankelijke variabele, meetbaar, hypothese met een biologische reden.
Eerlijk	Controlegroep, herhaling (minstens 3 bakjes per groep), geloten plaatsen over beide rijen.
Haalbaar in de kas	Houdt rekening met het ene reservoir, de druppelslang en de twee ledstriphelften.
Meten	Zinvolle afhankelijke variabele (versgewicht of drooggewicht), tabel met eenheden, sensoren benut.

27.14 Waterpest onder de lamp

●●● Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Een takje waterpest in een proefbuis met water maakt in het licht belletjes zuurstof. Een leerling telt de belletjes per minuut met de lamp op verschillende afstanden, eerst in gewoon kraanwater en dan in water met een snuifje natriumwaterstofcarbonaat, dat extra koolstofdioxide in het water brengt. Elke waarde is het gemiddelde van drie tellingen. Een ledlamp gebruiken, en de buis in een bekerglas water zetten, houdt de temperatuur gelijk. Het licht neemt af met de afstand: op 20 cm is het 4 keer zwakker dan op 10 cm.

afstand tot de lamp (cm)	lichtsterkte (% van 10 cm)	bellen per minuut, gewoon water	bellen per minuut, met extra CO_2
10	100	14	38
20	25	13	23
30	11	10	10
40	6	6	5

a Zet beide reeksen in één grafiek: lichtsterkte (%) horizontaal, bellen per minuut verticaal.

✓ Twee stijgende reeksen: gewoon water vlakt af rond 13-14 bellen per minuut vanaf 25 % licht; met extra CO_2 stijgt het tot 38.

b Bij welke afstanden is licht de beperkende factor? Hoe zie je dat aan de tabel?

✓ Op 30 en 40 cm: daar geven beide waters hetzelfde aantal belletjes (10 en 6, 5): extra CO_2 helpt niet, alleen meer licht helpt.

c Wat is de beperkende factor in gewoon water op 10 en 20 cm? Leg uit.

✓ Koolstofdioxide: van 20 naar 10 cm wordt het licht 4 keer sterker, maar het aantal bellen blijft 13-14. Met extra CO_2 stijgt het wel (23 naar 38): CO_2 was de kortste duig.

d Waarom is het belangrijk dat de temperatuur gelijk blijft? Wat zou een gewone gloeilamp dicht bij de buis veranderen?

✓ De temperatuur beïnvloedt de fotosynthese ook. Een gloeilamp verwarmt het water dichtbij veel meer: dan verander je twee variabelen tegelijk (licht en temperatuur).

e Het aantal belletjes is maar een ruwe maat voor de fotosynthese. Noem een reden, en een betere manier van meten.

✓ Belletjes zijn niet even groot, en er zit ook opgeloste zuurstof en ander gas in. Beter: het gas opvangen in een maatbuisje en het volume meten, of een zuurstofsensor in het water gebruiken.

27.15 Ontwerp: een blad voor de woestijn

●●● Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 30 min

Een blad moet twee dingen tegelijk: veel licht en koolstofdioxide opvangen, en zo weinig mogelijk water verliezen. Een sla- of bonenblad is plat, dun en groot, met duizenden huidmondjes. Een cactus heeft helemaal geen gewone bladeren: zijn dikke groene stam doet de fotosynthese, en zijn huidmondjes gaan vooral 's nachts open.

a Waarom is een plat en dun blad goed voor de fotosynthese? Denk aan licht en aan de weg die CO_2 moet afleggen.

✓ Een groot plat vlak vangt veel licht; omdat het dun is, zit elke cel dicht bij een huidmondje en bij het licht: CO_2 en licht bereiken alle cellen snel.

b Waarom zou zo'n blad in een woestijn een slecht ontwerp zijn?

✓ Een groot oppervlak met veel open huidmondjes verliest in hete, droge lucht heel veel water: de plant zou uitdrogen.

c Ontwerp een blad voor een woestijnplant. Beschrijf of schets minstens drie aanpassingen en zeg wat elke aanpassing kost.

✓ Bijvoorbeeld: een dikke waslaag (minder verdamping, maar ook iets minder licht); weinig huidmondjes, verzonken in kuiltjes met haartjes (minder waterverlies, maar ook trager CO_2); kleine of opgerolde bladeren (minder verdamping, minder lichtopvang); dikke bladeren die water opslaan (vetplant, kost bouwmateriaal).

d Waarom is het slim dat een cactus zijn huidmondjes 's nachts opent, terwijl de fotosynthese licht nodig heeft? (Tip: hij kan CO_2 's nachts opslaan.)

✓ 's Nachts is het koel en is de lucht minder droog: met open huidmondjes verliest hij dan veel minder water. Hij slaat de CO_2 op in zijn cellen en gebruikt die overdag, met de huidmondjes dicht, voor de fotosynthese.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Begrip	Verband tussen oppervlak, licht, CO_2-opname en waterverlies juist gelegd.
Ontwerp	Minstens drie aanpassingen met een duidelijke functie.
Afweging	Bij elke aanpassing een nadeel of kost benoemd.

27.16 Debat: planten in je slaapkamer

●●● Uitdagen · 3 · Argumenteren · 20 min

Een oma zegt: 'Zet 's nachts geen planten in je slaapkamer, ze nemen je zuurstof af!' Een influencer zegt: 'Een paar kamerplanten zuiveren de lucht in je kamer.' Enkele getallen: een grote kamerplant geeft 's nachts ongeveer 1 g koolstofdioxide af; een slapende mens ongeveer 20 g per uur; de lucht van een slaapkamer van 30 m³ bevat ongeveer 8 kg zuurstof.

a Hoeveel koolstofdioxide geeft een slapende mens af in een nacht van 8 uur? Vergelijk met de plant.

✓ $8 \times 20\,\text{g} = 160\,\text{g}$: ongeveer 160 keer meer dan de plant.

b Heeft oma gelijk? Gebruik de getallen en wat je weet over fotosynthese en ademhaling.

✓ Nee: de plant ademt 's nachts inderdaad, maar zo weinig dat het niets uitmaakt naast je eigen ademhaling, en de 8 kg zuurstof in de kamer raakt niet op. Een raam op een kier doet veel meer.

c Wat denk je van de uitspraak van de influencer? Wat zou je willen weten of meten voor je het gelooft?

Twijfelachtig: een paar planten nemen maar heel weinig stoffen op in verhouding tot het volume van een kamer; verluchten werkt veel sterker. Je zou moeten meten: bv. CO_2 of een geurstof in een kamer met en zonder planten, bij dezelfde verluchting, meerdere keren.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Vergelijking mens en plant correct, met eenheden.
Argumentatie	Gebruikt fotosynthese en ademhaling juist; onderscheidt mening en meetbaar feit.

F FUNDAMENTAL · DEEL F7 · LEVEN EN SYSTEMEN

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 28

Ecosystemen en kringlopen

Wie wie eet, waar de energie heen gaat, en waarom een gesloten wereld zo moeilijk is

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 5× uitdagen · ± 322 min

B Leven en systemen · M Materie en chemie



Een gesloten fles met planten: licht gaat erin, warmte eruit, en al de rest gaat rond.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen Oefenen

één stap, direct toepassen

28.1 Producent, consument of reducent?

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Deel de organismen in.

Vul de tabel in: producent, planteneter, vleeseter, alleseter, afvaleter of reducent.

eik: producent; konijn: planteneter; paddenstoel: reducent; vos: vleeseter (eigenlijk ook wat bessen: alleseter); zeewier: producent; regenworm: afvaleter; bacterie in compost: reducent; mens: alleseter; watervlo: planteneter.

28.2 Voedselketens maken

●○○ Oefenen · 1 · Tekenen · 10 min

Maak met de gegeven organismen telkens een voedselketen, met pijlen in de juiste richting.

a rups, koolmees, eikenblad, sperwer

✓ eikenblad → rups → koolmees → sperwer

b stekelbaars, algen, reiger, watervlo

✓ algen → watervlo → stekelbaars → reiger

c vos, gras, konijn

✓ gras → konijn → vos

d Duid in de eerste keten de producent, de planteneter en de vleeseters aan.

✓ Producent: eikenblad (de eik). Planteneter: rups. Vleeseters: koolmees en sperwer (toprover).

28.3 Biotisch of abiotisch?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 6 min

Een slaplant in de meetkas wordt door veel factoren beïnvloed.

a Schrijf B (biotisch) of A (abiotisch): (a) de temperatuur, (b) bladluizen, (c) de hoeveelheid licht, (d) een schimmel op de bladeren, (e) het bodemvocht, (f) de buurplant die schaduw geeft, (g) de koolstofdioxide in de lucht.

✓ (a) A, (b) B, (c) A, (d) B, (e) A, (f) B, (g) A.

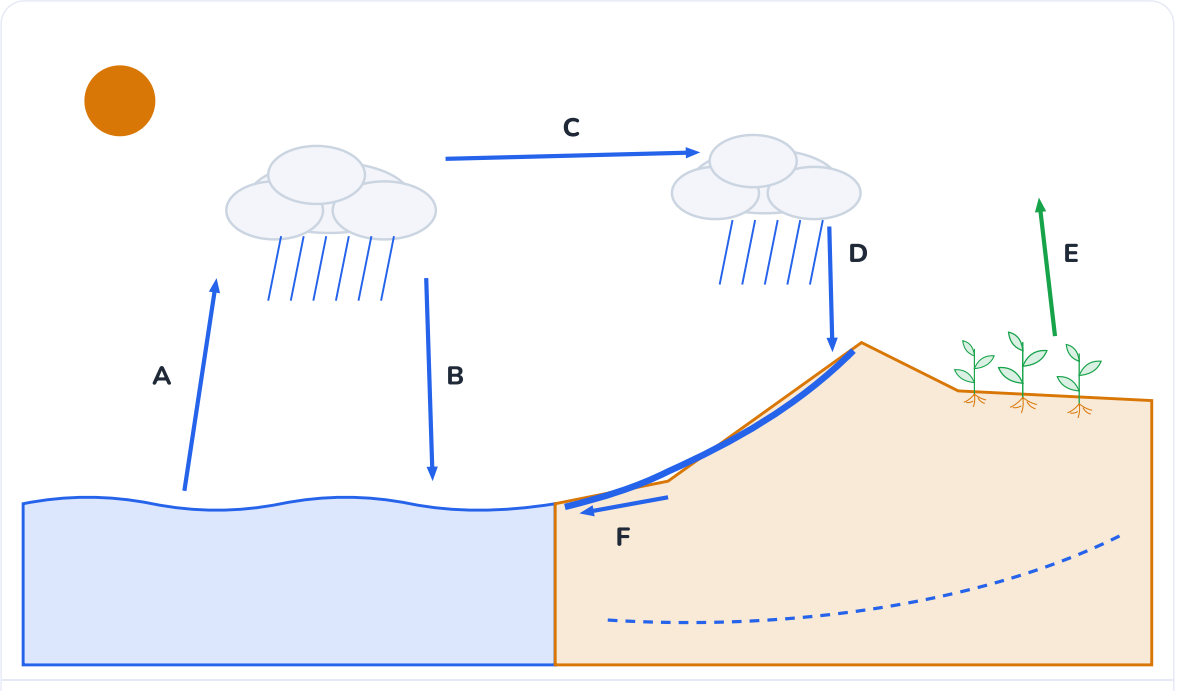
b De buurplant geeft schaduw: waarom noem je dat een biotische factor, hoewel het over licht gaat?

✓ De oorzaak is een levend wezen: de buurplant concurreert om licht. Het licht zelf is abiotisch, de concurrentie biotisch.

28.4 De waterkringloop benoemen

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

In de figuur staan zes pijlen van de waterkringloop, met een letter.



De waterkringloop, met de processen A tot F.

a Schrijf bij elke letter het proces.

A verdamping uit de zee; B neerslag op zee; C de wind brengt waterdamp (wolken) naar het land; D neerslag op het land; E verdamping en transpiratie door planten; F afvoer via rivieren en grondwater naar zee.

b Bij welke letters verandert water van toestand? Welke faseovergang is het (hoofdstuk 6)?

A en E: verdampen (vloeibaar naar gas). Bij de wolkvorming (vóór B en D): condenseren (gas naar vloeibaar), bij sneeuw ook rijpen of stollen.

28.5 Stroom of kringloop?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Juist of fout? Verbeter de foute uitspraken.

a (a) Een koolstofatoom in je lichaam kan vroeger in een dinosaurus gezeten hebben.

Juist: koolstof gaat rond in een kringloop, al miljoenen jaren.

b (b) De energie in een konijn wordt, als het konijn sterft, door de reducenten teruggegeven aan de planten.

Fout: de reducenten geven de stoffen (CO_2, mineralen) terug, niet de energie; die wordt warmte.

c (c) Zonder zon zou er in een ecosysteem na een tijd niets meer leven.

Juist: energie moet voortdurend binnenkomen.

d (d) Er zijn minder vossen dan konijnen omdat vossen trager zijn.

Fout: bij elke stap in de keten blijft maar ongeveer 10 % van de energie over; er is dus veel minder voedsel voor vossen dan voor konijnen.

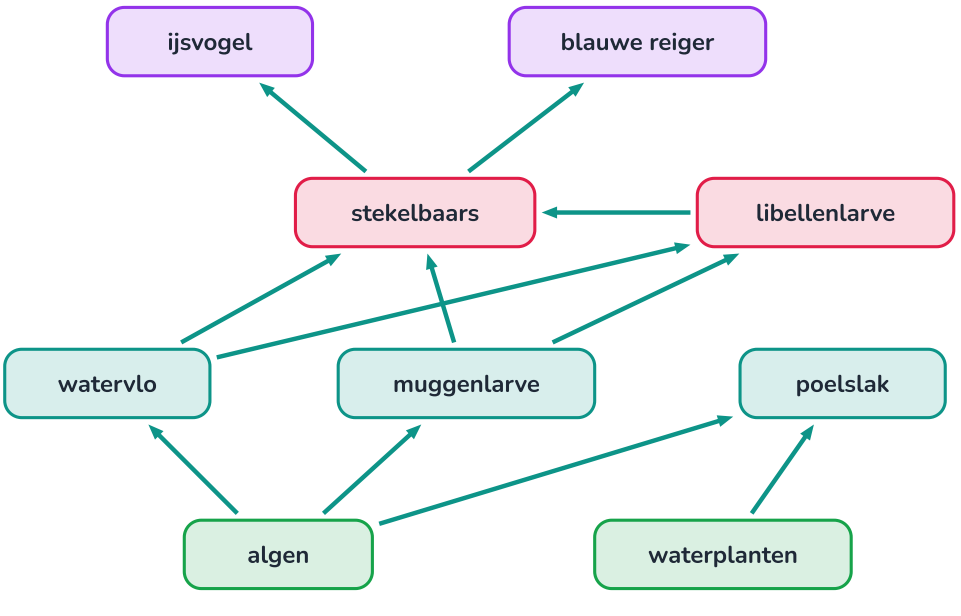
Toepassen

Toepassen · meerdere stappen, in een context

28.6 Het voedselweb van een poel

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Bekijk het voedselweb van een poel.



Een voedselweb in een poel.

a Noem de producenten en de toprovers.

✓ Producenten: algen en waterplanten. Toprovers: ijsvogel en blauwe reiger.

b Schrijf de langste voedselketen uit het web.

✓ algen → muggenlarve → libellenlarve → stekelbaars → ijsvogel (of reiger); ook met watervlo in plaats van muggenlarve.

c Van welke organismen leeft de stekelbaars? Op welke voedingsniveaus staat hij?

✓ Van watervlooien, muggenlarven en libellenlarven. Hij is consument van de tweede orde (als hij watervlooien eet) én van de derde orde (als hij libellenlarven eet).

d Een insecticide doodt alle muggenlarven. Wat gebeurt er met de watervlooien en met de algen? Leg uit.

✓ De stekelbaars en de libellenlarve eten dan meer watervlooien: die nemen af. Er zijn ook geen muggenlarven meer die algen eten. Beide effecten maken dat er minder algen gegeten worden: de algen nemen toe, het water kan groen worden.

e Welk organisme heeft in dit web geen rover? Wat zegt dat over het web?

✓ De poelslak. Het web is onvolledig: in werkelijkheid eten bijvoorbeeld eenden, vogels of bloedzuigers slakken.

28.7 De energiepiramide

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

In een bos leggen de eiken op een jaar 2 000 000 kJ vast. Rupsen eten eikenbladeren, koolmezen eten rupsen, sperwers eten koolmezen. Gebruik de vuistregel van 10 %.

a Hoeveel energie per jaar komt terecht in de rupsen, de koolmezen en de sperwers?

✓ Rupsen: $200\,000\,\text{kJ}$; koolmezen: $20\,000\,\text{kJ}$; sperwers: $2000\,\text{kJ}$.

b Stel dat een sperwerpaar met zijn jongen per jaar 400 000 kJ nodig heeft. Hoeveel energie moeten de eiken dan vastleggen? Waarom heeft een sperwerpaar een groot jachtgebied nodig?

✓ $400\,000 \times 10 \times 10 \times 10 = 400\,000\,000\,\text{kJ}$: tweehonderd keer meer dan dit bos. Het paar moet jagen in een gebied met veel bos of bomen.

c Waar gaat de 90 % die niet in het volgende niveau terechtkomt naartoe? Noem er twee.

✓ Warmte (ademhaling, bewegen, warm blijven) en onverteerde resten en uitwerpselen (voor afvaleters en reducenten). Ook: delen die niet opgegeten worden (hout, botten).

28.8 De reis van een koolstofatoom

Toepassen · 3 · Begrijpen · 15 min

Een koolstofatoom zit in de koolstofdioxide van de lucht boven de meetkas. Een jaar later zit het opnieuw in de lucht, na een tocht via de sla, een slak, een merel en de bodem.

a Beschrijf de tocht in stappen. Noem bij elke stap het proces (fotosynthese, eten, ademhaling, afsterven, afbraak ...).

✓ Lucht → (fotosynthese) → glucose en cellulose in de sla → (eten) → in de slak → (eten) → in de merel → (ademhaling van de merel, of: de merel sterft) → dode resten in de bodem → (afbraak door reducenten, hun ademhaling) → koolstofdioxide in de lucht.

b Geef een kortere weg van hetzelfde atoom terug naar de lucht.

✓ Lucht → sla (fotosynthese) → dezelfde nacht terug in de lucht door de ademhaling van de sla.

c Geef een heel lange weg, van miljoenen jaren.

✓ Lucht → plant → de plant sterft in een moeras zonder zuurstof → onder druk steenkool → miljoenen jaren later verbrand in een centrale → lucht.

28.9 De Keelingcurve lezen

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

Gebruik de twee grafieken van Mauna Loa in het handboek.

a Lees af: in welk jaar werd voor het eerst 400 ppm (jaargemiddelde) overschreden?

✓ In 2015 (401,01 ppm; in 2014 was het 398,81 ppm).

b Hoe groot was het verschil tussen mei 2024 (426,90 ppm) en september 2024 (422,03 ppm)? Waarom ligt het maximum in het late voorjaar (mei-juni)?

✓ 4,87 ppm. Tot in mei overheerst de afbraak en ademhaling van de winter; vanaf mei groeien de bossen en velden van het noordelijk halfrond volop en nemen ze meer CO_2 op dan er vrijkomt, tot in september.

c Op het zuidelijk halfrond is de schommeling veel kleiner. Geef een verklaring.

✓ Op het zuidelijk halfrond ligt veel minder land (en dus minder bos en veld) en veel meer oceaan: het seizoenseffect van de planten is er kleiner.

d Stel dat de stijging van 2,6 ppm per jaar gelijk blijft. In welk jaar wordt 450 ppm bereikt (vertrek van 427,35 ppm in 2025)?

✓ $450 - 427{,}35 = 22{,}65\ \text{ppm}$; $22{,}65 : 2{,}6 \approx 8{,}7$ jaar: rond 2034. (Als de stijging versnelt, eerder.)

28.10 Maak: een flessentuin

Toepassen · 3 · Maken · 50 min

Bouw een flessentuin in een grote glazen pot met deksel: een laag kiezels, een laag potgrond, kleine plantjes die van vocht en halfschaduw houden, wat mos. Bevochtig, sluit, en zet hem bij een raam, maar niet in de volle zon. Volg hem vier weken.

a Maak een schets van je flessentuin met de lagen en de organismen.

Kiezels onderaan (drainage), potgrond, plantjes, mos; deksel dicht.

b Welke organismen zijn producenten, welke reducenten? Zijn er ook consumenten?

Producenten: de plantjes en het mos. Reducenten: schimmels en bacteriën in de potgrond. Consumenten: misschien springstaartjes of mijten die met de grond meekwamen.

c Noteer elke week wat je ziet (condens, groei, schimmel, verkleuring).

Eigen waarnemingen: condens vooral 's ochtends, nieuwe blaadjes, soms een beetje schimmel op een dood blad.

d Verklaar het condens op het glas met de waterkringloop. Waarom zet je de pot niet in de volle zon?

Het water verdampt uit de grond en de bladeren, condenseert op het koelere glas en druppelt terug: een waterkringloop. In de volle zon wordt de pot een broeikas (hoofdstuk 16): te warm voor de plantjes, en ze verbranden.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Bouw	Lagen correct, plantjes gezond, pot goed gesloten.
Rollen	Producenten, reducenten en eventuele consumenten juist benoemd.
Opvolging	Vier waarnemingen, zonder interpretatie in de waarneming zelf.
Verklaring	Waterkringloop en energie (licht erin, warmte eruit) correct uitgelegd.

28.11 De pijl klopt niet

Toepassen · 2 · Begrijpen · 8 min

Noah tekende deze voedselketens:
(1) vos → konijn → gras
(2) gras → konijn → vos → bacteriën
(3) merel → regenworm → dode bladeren
(4) zon → sla → slak

Welke fouten maakte Noah? Verbeter elke keten.

(1) Pijlen omgekeerd: gras → konijn → vos. (2) Correct als keten, maar bacteriën zijn reducenten: ze eten de dode vos, geen levende; je tekent ze beter apart. (3) Omgekeerd: dode bladeren → regenworm → merel. (4) De zon is geen organisme: een keten begint bij een producent (sla → slak); het licht teken je hoogstens apart.

Uitdagen Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

28.12 Habitat: de balans van jouw teelt

Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

In het handboek werd de balans van de meetkas gemaakt voor pluksla. Maak nu de balans voor een teelt in de zomer: 8 weken, de planten verbruiken gemiddeld 2,4 L water per dag, en je oogst 12 × 150 g basilicum (90 % water, droge stof voor 40 % koolstof). Voedingsoplossing 1,0 g/L.

a Bereken de stromen: water in, water in de oogst, waterdamp uit, voedingszouten in.

Water in: $2{,}4 \times 56 = 134{,}4\,\text{L}$. Oogst: $12 \times 150 = 1800\,\text{g}$, water $0{,}90 \times 1800 = 1620\,\text{g} \approx 1{,}6\,\text{L}$. Waterdamp: $134{,}4 - 1{,}6 \approx 132{,}8\,\text{L}$. Voedingszouten: $134{,}4 \times 1{,}0 \approx 134\,\text{g}$.

b Bereken de opgenomen koolstofdioxide en de afgegeven zuurstof (1 g koolstof uit 3,67 g CO_2; 0,73 g O_2 per g CO_2).

✓ Droge stof $1800 - 1620 = 180\,\text{g}$; koolstof $0{,}40 \times 180 = 72\,\text{g}$; CO_2 $72 \times 3{,}67 \approx 264\,\text{g}$; zuurstof $264 \times 0{,}73 \approx 193\,\text{g}$.

c Teken het balansschema (in/uit) met je getallen.

✓ In: licht, 134,4 L water, ±134 g voedingszouten, ±264 g CO_2. Uit: ±133 L waterdamp, ±193 g O_2, warmte, 1,8 kg basilicum.

d Welke kringlopen zijn in de meetkas niet gesloten? Stel twee maatregelen voor om er één meer te sluiten, en zeg wat ze kosten.

✓ Water: de damp verlaat de kas. Maatregel: condens opvangen op een koude plaat en terug naar het reservoir leiden (kost een koelelement of een koude wand, en energie). Mineralen en koolstof: de oogst en de resten verlaten de kas. Maatregel: plantenresten composteren en de compost terug in de bakjes (kost tijd; risico op ziektes). CO_2: verse lucht is nodig; een gesloten kas zou CO_2 tekortkomen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Berekeningen	Alle stromen juist, met eenheden, en de massabalans klopt.
Schema	Duidelijk onderscheid in en uit, met getallen.
Kringlopen	Water, koolstof en mineralen besproken; open plekken juist benoemd.
Maatregelen	Twee haalbare maatregelen met hun nadeel of kost.

28.13 Biosphere 2 onder de loep

●●● Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Lees het verhaal over Biosphere 2 en bekijk de grafiek van het zuurstofgehalte. De lucht in het gebouw was ongeveer 200 000 m³.

a Met hoeveel procentpunt per maand daalde het zuurstofgehalte?

✓ $(20{,}9 - 14{,}5) : 16 = 0{,}4$ procentpunt per maand.

b Hoeveel m³ zuurstof verdween er in zestien maanden? (Tip: 20,9 % van 200 000 m³ is zuurstof.)

✓ $6{,}4\,\%$ van $200\,000\,\text{m}^3$ is $0{,}064 \times 200\,000 = 12\,800\,\text{m}^3$ zuurstof.

c Bij ademhaling wordt zuurstof koolstofdioxide. Waarom steeg de koolstofdioxide dan niet evenveel? Waar zat ze?

✓ De koolstofdioxide reageerde met de kalk in het onafgewerkte beton en zat daar vast (als kalksteen). Samen met de koolstof verdween ook de zuurstof uit de lucht.

d Welke twee ontwerpfouten zou jij vermijden bij een nieuw gesloten station? Motiveer met wat je over producenten en reducenten weet.

✓ Bijvoorbeeld: (1) geen bodem met zoveel compost: de reducenten ademden meer zuurstof in dan de jonge planten maakten; begin met een bodem in evenwicht, of met veel groeiende planten. (2) Geen beton dat met de lucht in contact staat: afdichten, of vooraf laten uitreageren. Ook: meten en een reserve zuurstof voorzien.

28.14 Zuurstof voor één bewoner uit de meetkas?

●●● Uitdagen · 4 · Rekenen · 20 min

Volgens het handboek geeft één teelt pluksla in de meetkas (6 weken, 42 dagen) ongeveer 77 g zuurstof af. Een bewoner van het station verbruikt ongeveer 0,84 kg zuurstof per dag (hoofdstuk 29). De meetkas neemt 0,72 m² grond in.

a Hoeveel zuurstof geeft de meetkas gemiddeld per dag?

✓ $77 : 42 \approx 1{,}8\,\text{g}$ zuurstof per dag.

b Hoeveel meetkassen heb je nodig voor één bewoner? Hoeveel m² grond is dat?

✓ $840 : 1{,}8 \approx 460$ meetkassen. Grond: $460 \times 0{,}72 \approx 330\,\text{m}^2$.

c In de sovjetproef BIOS-3 was 8 m² algenkweek genoeg voor de zuurstof van één persoon. Geef twee redenen waarom dat zoveel minder is dan jouw antwoord.

✓ Algen groeien heel snel en bestaan bijna volledig uit groene cellen (geen wortels of stengels); ze kregen de hele dag sterk kunstlicht. De meetkas heeft jonge plantjes die maar een deel van de tijd groeien, weinig licht in de lente en een lage plantdichtheid.

d Wat besluit je voor het station van Habitat?

✓ Met gewone kasplanten lukt dat niet: het station heeft technische zuurstof (water splitsen) of een snelle, sterk belichte algenreactor nodig (Expert, hoofdstuk 31).

28.15 Onderzoek: wat rot het snelst?

●●● Uitdagen · 4 · Onderzoeken · 50 min

Reducenten breken dode resten af. Onderzoek welke materialen ze het snelst afbreken: een stukje appel, een vers blad, papier, karton en plastic, telkens in een potje met vochtige potgrond uit de tuin. Na vier weken graaf je ze op.

a Onderzoeksvraag, hypothese, en de variabelen die je gelijk houdt.

✓ Bv.: 'Hoe hangt de afbraak na 4 weken af van het soort materiaal?' Hypothese: appel het snelst (zacht, veel suiker en water), plastic niet. Gelijk: dezelfde grond, even vochtig, zelfde temperatuur, even grote stukjes, zelfde diepte.

b Hoe meet je 'hoeveel is afgebroken'? Beschrijf een meetbare methode.

✓ Voor en na drogen (bv. een nacht op de verwarming) en wegen; afgebroken % = (massa begin − massa na) : massa begin × 100. Liefst droge massa voor en na.

c Noteer je resultaten.

✓ Typisch: appel grotendeels weg of beschimmeld, blad deels afgebroken, papier zacht en aangevreten, karton minder, plastic onveranderd.

d Besluit en bespreking. Wat zegt je resultaat over plastic in de natuur?

✓ Materialen uit levende wezens worden afgebroken (reducenten 'kennen' ze), in verschillende tempo's. Plastic wordt in vier weken (en ook in jaren) nauwelijks afgebroken: het stapelt zich op in de natuur.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Eerlijke proef	Zelfde grond, vochtigheid, temperatuur, grootte van de stukjes; controlepotje.
Meten	Massa voor en na, na drogen; herhaald per materiaal.
Besluit	Onderbouwd met de tabel; beperkingen genoemd.

28.16 Debat: bomen planten tegen de opwarming

●●● Uitdagen · 4 · Argumenteren · 25 min

Iemand zegt: 'We moeten gewoon genoeg bomen planten, dan is het klimaatprobleem opgelost.' Rekenwaarden (orde van grootte): een groeiende boom legt ongeveer 20 kg CO_2 per jaar vast; een Belg stoot ongeveer 8 ton CO_2 per jaar uit; in een bos staan ongeveer 300 volwassen bomen per hectare; België is ongeveer 3 miljoen hectare groot en telt ongeveer 12 miljoen inwoners.

a Hoeveel bomen zijn nodig voor de uitstoot van één Belg? En voor alle Belgen? Hoeveel hectare bos is dat, vergeleken met de oppervlakte van België?

✓ Eén Belg: $8000 : 20 = 400$ bomen. Alle Belgen: $12\,000\,000 \times 400 = 4{,}8$ miljard bomen. Oppervlakte: $4\,800\,000\,000 : 300 = 16$ miljoen hectare: meer dan vijf keer België.

b Wat gebeurt er met de koolstof in de bomen als het bos later afbrandt of de bomen verrotten?

✓ Dan komt de koolstof weer vrij als koolstofdioxide (verbranding of ademhaling van reducenten). Een bos slaat koolstof maar op zolang het blijft staan en groeit.

c Is bomen planten zinvol? Formuleer een genuanceerd standpunt.

✓ Bv.: 'Bomen planten helpt, en is ook goed voor de biodiversiteit en tegen hitte, maar het kan nooit genoeg koolstof opnemen voor onze uitstoot. De uitstoot zelf moet dalen: minder fossiele brandstoffen verbranden.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Correct en met eenheden; vergelijking met de oppervlakte van België.
Kringloop	Tijdelijke opslag van koolstof juist uitgelegd.
Standpunt	Genuanceerd: bomen helpen, maar vervangen minder uitstoot niet.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 29

Het lichaam als systeem

Hoe longen, hart en bloed je in leven houden, en wat een bewoner van het station nodig heeft

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

6× oefenen · 6× toepassen · 4× uitdagen · ± 296 min

B Leven en systemen · O Onderzoeken en meten · E Energie



Twee vingers op de pols en een klok met secondewijzer: meer heb je niet nodig om je hart te meten.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

29.1 De weg van de lucht

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Zet de delen van de luchtwegen in de volgorde waarin de lucht ze passeert: bronchiolen, luchtpijp, neusholte, longblaasjes, bronchiën, keelholte.

a Volgorde: _____ → _____ → _____ → _____ → _____ → _____

✓ neusholte → keelholte → luchtpijp → bronchiën → bronchiolen → longblaasjes

b Waar gaat de zuurstof het bloed in?

✓ In de longblaasjes, door hun dunne wand naar de haarvaten.

c Welke spier zorgt vooral voor het inademen, en wat doet ze?

✓ Het middenrif: het trekt samen en wordt platter, de borstkas wordt groter en er stroomt lucht in.

29.2 Ingeademde en uitgeademde lucht

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Gebruik de tabel met de samenstelling van de lucht uit het handboek.

a Hoeveel liter zuurstof zit er in 1 L ingeademde lucht, en hoeveel in 1 L uitgeademde lucht?

✓ Ingeademd: $0{,}21\ \text{L}$; uitgeademd: $0{,}16\ \text{L}$. Per liter houd je dus ongeveer 0,05 L zuurstof.

b Hoeveel keer meer koolstofdioxide zit er in uitgeademde lucht?

✓ $4 : 0{,}04 = 100$ keer meer.

c Waarom verandert het percentage stikstof bijna niet?

✓ Het lichaam gebruikt de stikstof uit de lucht niet: ze gaat erin en er weer uit.

29.3 Het hart benoemen

Oefenen · 2 · Tekenen · 10 min

Bekijk het schema van het hart in het handboek (RB, RK, LB, LK).

a Vul de tabel in.

✓ RB: van de holle aders (lichaam), naar de RK, zuurstofarm. RK: van de RB, via de longslagader naar de longen, zuurstofarm. LB: van de longaders (longen), naar de LK, zuurstofrijk. LK: van de LB, via de aorta naar het lichaam, zuurstofrijk.

b Waarom heeft de linkerkamer een veel dikkere wand dan de rechterkamer?

✓ Ze moet het bloed door het hele lichaam pompen, tot in je tenen en je hersenen: daarvoor is veel meer kracht nodig dan voor de korte weg naar de longen.

c Waarom staat de rechterhelft van het hart links op de tekening?

✓ Het hart is getekend zoals je het ziet bij iemand die tegenover je staat: zijn rechterkant is jouw linkerkant.

29.4 Slagader, ader of haarvat?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 8 min

Welk soort bloedvat is het?

a (a) de aorta; (b) een bloedvat met kleppen in je been; (c) het bloedvat waarin zuurstof naar een spiercel gaat; (d) de longslagader; (e) het bloedvat waarin je de pols voelt; (f) de longaders.

✓ (a) slagader; (b) ader; (c) haarvat; (d) slagader (met zuurstofarm bloed); (e) slagader; (f) aders (met zuurstofrijk bloed).

b Welk bloedvat vervoert het meest zuurstofrijke bloed? En het meest zuurstofarme?

✓ Zuurstofrijkst: de longaders en de aorta (net uit de longen). Zuurstofarmst: de holle aders en de longslagader (net terug uit het lichaam).

29.5 Kilojoule en kilocalorie

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

Reken om met 1 kcal = 4,184 kJ. Rond af op een geheel getal.

a Een appel: 220 kJ. Hoeveel kcal?

✓ $220 : 4{,}184 \approx 53\,\text{kcal}$

b Een snoepreep: 230 kcal. Hoeveel kJ?

✓ $230 \times 4{,}184 \approx 962\,\text{kJ}$

c De referentie-inname is 8400 kJ. Hoeveel kcal?

✓ $8400 : 4{,}184 \approx 2008$, afgerond 2000 kcal.

d Hoeveel snoeprepen van 230 kcal zijn samen 8400 kJ?

✓ $8400 : 962 \approx 8{,}7$: bijna 9 repen (maar dan heb je geen eiwitten, vezels of vitaminen).

29.6 Pols tellen

●○○ Oefenen · 1 · Rekenen · 6 min

Reken om naar slagen per minuut.

a 18 slagen in 15 s

✓ $18 \times 4 = 72$ per minuut

b 40 slagen in 30 s

✓ $40 \times 2 = 80$ per minuut

c 11 slagen in 6 s

✓ $11 \times 10 = 110$ per minuut

d Waarom is 6 s tellen minder nauwkeurig dan 30 s?

✓ Eén slag te veel of te weinig geeft bij 6 s al 10 slagen per minuut verschil, bij 30 s maar 2.

●●○ Toepassen Toepassen

meerdere stappen, in een context

29.7 Labo: hartslag en ademhaling bij inspanning

●●○ Toepassen · 3 · Labo · 50 min

Voer de proef uit het handboek uit, en tel nu ook je ademhalingen (een halve minuut, × 2).

a Schrijf je onderzoeksvraag en je hypothese.

✓ Bv.: 'Hoe veranderen hartslag en ademhaling na een minuut springen?' Hypothese: beide stijgen en dalen daarna geleidelijk, omdat de spieren meer zuurstof nodig hebben.

b Noteer je metingen.

✓ Eigen metingen; typisch hartslag van ±75 naar 130-160, ademhaling van ±15 naar 30-40.

c Zet hartslag en ademhaling in één grafiek (twee reeksen, dezelfde tijdas).

✓ Twee dalende curven na de piek; de ademhaling daalt vaak iets sneller.

d Na hoeveel minuten was je hartslag terug binnen 10 slagen van je rustwaarde?

> Typisch na 3 à 7 minuten.

e Verklaar waarom hart en ademhaling samen versnellen. Gebruik de woorden zuurstof, koolstofdioxide en celademhaling.

> De spiercellen doen meer celademhaling: ze verbruiken meer glucose en zuurstof en maken meer koolstofdioxide. Het hart pompt sneller om meer bloed (met zuurstof) aan te voeren en CO_2 af te voeren; de ademhaling versnelt (gestuurd door het CO_2-gehalte) om meer zuurstof op te nemen en CO_2 af te geven.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Metingen	Rust drie keer gemeten; na de inspanning op vaste tijdstippen; eenheid per minuut.
Grafiek	Tijd horizontaal, assen met grootheid en eenheid, twee reeksen herkenbaar.
Verklaring	Spieren hebben meer energie nodig; meer zuurstof aanvoeren en CO_2 afvoeren; hart en longen werken samen.
Veilig	Inspanning aangepast aan wie het niet mag of kan.

29.8 Chocolademelk narekenen

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Op een pakje chocolademelk van 200 mL staat per 100 mL: vetten 1,5 g, koolhydraten 10 g (waarvan suikers 9,5 g), vezels 0,6 g, eiwitten 3,4 g. De energie is weggevallen door een vlek.

a Bereken de energie per 100 mL in kJ en in kcal (4, 4, 9 en 2 kcal per gram).

> $17 \times 10 + 17 \times 3{,}4 + 37 \times 1{,}5 + 8 \times 0{,}6 = 170 + 57{,}8 + 55{,}5 + 4{,}8 \approx 288\,\text{kJ}$; in kcal $40 + 13{,}6 + 13{,}5 + 1{,}2 \approx 68\,\text{kcal}$.

b Hoeveel energie levert het hele pakje? Welk deel van de referentie-inname is dat?

> $2 \times 288 = 576\,\text{kJ}$; $576 : 8400 \approx 7\,\%$.

c Hoeveel gram suiker drink je met het pakje? Een suikerklontje weegt ongeveer 4 g: hoeveel klontjes?

> $2 \times 9{,}5 = 19\,\text{g}$ suiker: bijna 5 klontjes.

29.9 Een zak chips verbranden

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Een zakje chips van 40 g bevat per 100 g: vetten 33 g, koolhydraten 50 g, vezels 4,5 g, eiwitten 6 g. Gebruik het staafdiagram van het handboek (energieverbruik van een persoon van 50 kg).

a Hoeveel kJ zit er in het zakje?

> Per 100 g: $37 \times 33 + 17 \times 50 + 8 \times 4{,}5 + 17 \times 6 = 1221 + 850 + 36 + 102 = 2209\,\text{kJ}$. Voor 40 g: $0{,}4 \times 2209 \approx 884\,\text{kJ}$.

b Hoeveel minuten moet je fietsen (24 kJ per minuut) en hoeveel wandelen (12 kJ per minuut) om evenveel energie te verbruiken?

> Fietsen: $884 : 24 \approx 37$ minuten. Wandelen: $884 : 12 \approx 74$ minuten.

c Bij fietsen verbruik je ook de energie die je in rust (zitten: 4,5 kJ per minuut) al zou verbruiken. Hoeveel minuten fietsen zijn nodig voor de extra energie? Is 'die chips verbrand je wel' een goede redenering?

> Extra verbruik bij fietsen: $24 - 4{,}5 = 19{,}5\,\text{kJ}$ per minuut, dus $884 : 19{,}5 \approx 45$ minuten. Een klein zakje kost al drie kwartier fietsen: snacks bevatten veel energie op weinig gewicht.

29.10 Een bloedcel op reis

Toepassen · 3 · Begrijpen · 12 min

Een rode bloedcel vertrekt uit een haarvat in je grote teen en komt uiteindelijk terug in datzelfde haarvat.

a Beschrijf haar weg: welke bloedvaten en delen van het hart passeert ze, in welke volgorde?

✓ Haarvat in de teen → aders van het been → onderste holle ader → rechterboezem → rechterkamer → longslagader → haarvaten van de longen → longaders → linkerboezem → linkerkamer → aorta → slagaders van het been → haarvat in de teen.

b Duid aan waar ze zuurstof opneemt en waar ze zuurstof afgeeft.

✓ Zuurstof opnemen: in de haarvaten van de longen. Zuurstof afgeven: in de haarvaten van de teen (en andere organen).

c Hoe vaak passeert ze het hart? Waarom noem je dat een dubbele bloedsomloop?

✓ Twee keer: één keer in de rechterhelft (naar de longen), één keer in de linkerhelft (naar het lichaam). Het zijn twee kringen die allebei door het hart gaan.

29.11 Een regelkring bij hitte

Toepassen · 3 · Tekenen · 15 min

Je fietst op een warme zomerdag de heuvel op. Je kerntemperatuur dreigt te stijgen.

a Teken het blokschema van de regelkring (sensoren, regelaar, actuatoren, proces, terugkoppeling) voor deze situatie. Duid de storing aan.

✓ Sensoren (temperatuurzintuigen in huid en hersenen) → regelaar (hypothalamus, gewenst 37 °C) → actuatoren (zweetklieren, bloedvaten in de huid) → proces (lichaamstemperatuur) → terugkoppeling naar de sensoren. Storing: de warmte van de spieren en van de zon.

b Welke twee actuatoren werken hier? Wat doen ze precies?

✓ Zweetklieren: zweet verdampt op de huid en neemt daarbij warmte op. Bloedvaten in de huid worden wijder: meer warm bloed naar de huid, die warmte afgeeft aan de lucht.

c Waarom is drinken belangrijk om deze regeling te laten werken?

✓ Zweet is water uit je lichaam. Drink je niet, dan raakt je lichaam uitgedroogd, maak je minder zweet en werkt de koeling minder goed: je temperatuur stijgt.

29.12 Hoeveel lucht adem je?

Toepassen · 3 · Rekenen · 12 min

In rust adem je 12 keer per minuut 0,5 L. Tijdens stevig fietsen 30 keer per minuut 2,0 L. Van de ingeademde lucht neem je 5 % als zuurstof op; 1 L zuurstof weegt 1,33 g.

a Hoeveel liter lucht adem je per minuut in rust en tijdens het fietsen?

✓ Rust: $12 \times 0{,}5 = 6\,\text{L}$ per minuut. Fietsen: $30 \times 2{,}0 = 60\,\text{L}$ per minuut, tien keer meer.

b Hoeveel gram zuurstof neem je op tijdens een uur fietsen?

✓ $60 \times 60 = 3600\,\text{L}$ lucht; 5 % is $180\,\text{L}$ zuurstof; $180 \times 1{,}33 \approx 240\,\text{g}$.

c Waarom verbruik je bij het fietsen zoveel meer zuurstof?

✓ De beenspieren doen veel meer celademhaling om energie vrij te maken: ze verbruiken meer glucose en zuurstof.

29.13 Habitat: het levensondersteuningsplan voor één bewoner

Uitdagen · 4 · Habitat · 60 min

Het station van Habitat krijgt om de 30 dagen een bevoorrading. Stel het levensondersteuningsplan op voor één bewoner, met de rekenwaarden uit het handboek: 0,84 kg zuurstof, 2,5 L drinkwater, 1,3 kg voedsel (10 MJ) per dag; uit: 1,0 kg CO_2, 1,5 L urine, 2,0 kg waterdamp. Stel dat de bewoner in de week van de oogst zwaar werkt: dan heeft hij 30 % meer zuurstof, water en voedsel nodig.

a Maak een tabel met de voorraad voor 30 dagen, zonder en met de week zwaar werk.

Normaal: zuurstof $25{,}2\,\text{kg}$, water $75\,\text{L}$, voedsel $39\,\text{kg}$. Met één week zwaar werk: 23 dagen normaal + 7 dagen × 1,3: zuurstof $23 \times 0{,}84 + 7 \times 1{,}092 \approx 19{,}3 + 7{,}6 = 26{,}9\,\text{kg}$; water $23 \times 2{,}5 + 7 \times 3{,}25 = 57{,}5 + 22{,}75 \approx 80\,\text{L}$; voedsel $23 \times 1{,}3 + 7 \times 1{,}69 \approx 29{,}9 + 11{,}8 = 41{,}7\,\text{kg}$.

b Het station wint 98 % van het water terug. Hoeveel liter nieuw water moet er per maand komen? Waarom neem je toch een reserve mee?

2 % van ongeveer 75 à 80 L is $1{,}5$ à $1{,}6\,\text{L}$ per maand. Reserve: als de terugwinning uitvalt, heb je in enkele dagen al tientallen liters nodig (de regel van drie: zonder water hou je het maar ongeveer 3 dagen vol).

c Hoeveel koolstofdioxide moet er per maand uit de lucht verwijderd worden? Wat gebeurt er als de CO_2-filter uitvalt in een ruimte van 30 m³?

$30 \times 1{,}0 = 30\,\text{kg}$ CO_2 per maand (iets meer in de week zwaar werk). Zonder filter stijgt het in 30 m³ met ongeveer 760 ppm per uur: na ongeveer een uur boven 1000 ppm (bedompt), na ongeveer 6 uur boven 5000 ppm.

d De waterdamp (2 kg per dag) moet ook uit de lucht. Hoe kan je die terugwinnen? Denk aan de meetkas (hoofdstuk 6).

De vochtige lucht langs een koude plaat leiden: de waterdamp condenseert (zoals op de wand van de meetkas), het water wordt opgevangen, gezuiverd en opnieuw gebruikt.

e Welke twee metingen moet het station permanent doen om de bewoner veilig te houden? Met welke alarmgrenzen?

Zuurstof: alarm onder ongeveer 19,5 % (Biosphere 2 zakte tot 14,5 %). Koolstofdioxide: waarschuwing boven 1000 ppm (verluchten), alarm boven 5000 ppm. Eventueel ook de temperatuur en de luchtvochtigheid.

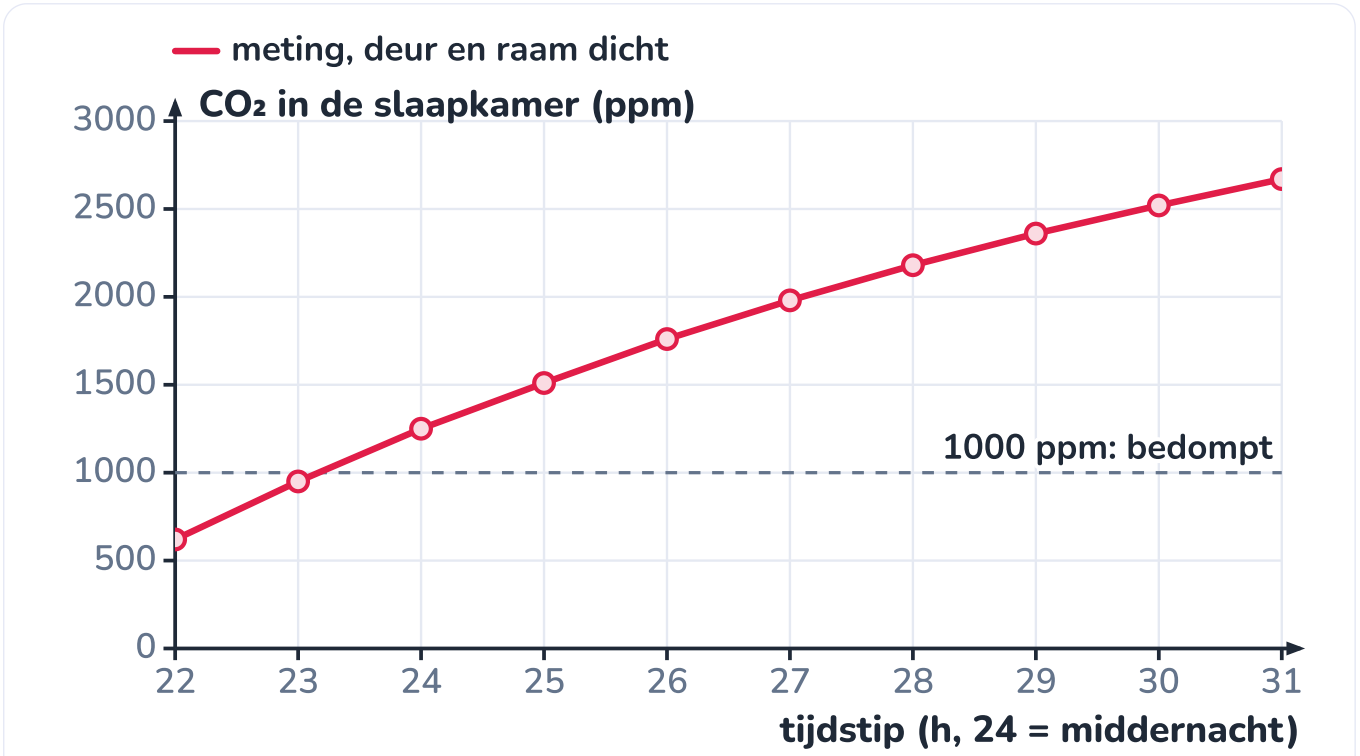
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Voorraad	Juist berekend, met eenheden, ook met de week zwaar werk.
Kringlopen	Water terugwinnen en CO_2 verwijderen juist uitgelegd, met een reserve.
Veiligheid	Metingen van O_2 en CO_2 met onderbouwde alarmgrenzen.
Verband	Verwijst naar condensatie (hoofdstuk 6), regelkringen (hoofdstuk 25) of Biosphere 2 (hoofdstuk 28).

29.14 De CO_2-meter in de slaapkamer

Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Ines zet een CO_2-meter in haar slaapkamer van 30 m³. Ze slaapt met deur en raam dicht. Een slapende mens ademt ongeveer 20 g koolstofdioxide per uur uit; 1 L koolstofdioxide weegt 1,83 g.



Metingen van 22 uur tot 7 uur ('24' is middernacht, '31' is 7 uur 's ochtends).

a Hoeveel liter koolstofdioxide ademt Ines per uur uit? Met hoeveel ppm zou dat de lucht van haar kamer per uur doen stijgen als er geen lucht in of uit kon? (1 ppm = 1 miljoenste; 30 m³ = 30 000 L.)

✓ $20 : 1{,}83 \approx 10{,}9\,\text{L}$ per uur. $10{,}9 : 30\,000 \approx 0{,}000\,36 = 360\,\text{ppm}$ per uur.

b Lees af hoeveel het gehalte steeg in het eerste uur en in het laatste uur. Vergelijk met je berekening.

✓ Eerste uur: van 620 naar 950 ppm, +330 ppm, bijna de berekende 360. Laatste uur: van 2520 naar 2670, maar +150 ppm.

c Waarom stijgt het gehalte 's ochtends trager? Denk aan kieren.

✓ Hoe hoger het gehalte binnen, hoe meer koolstofdioxide er door kieren naar buiten lekt (waar het maar ±425 ppm is). Bij een hoog gehalte lekt er dus bijna evenveel weg als er bijkomt: de stijging vertraagt.

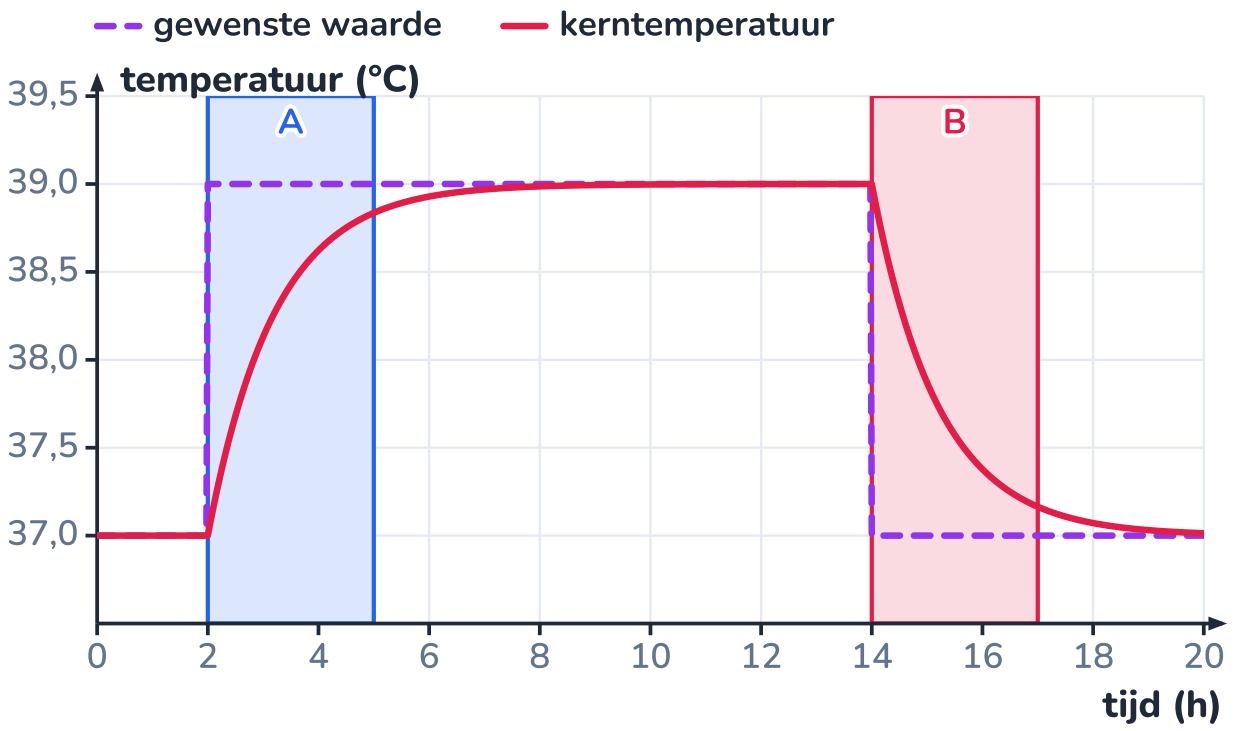
d Om hoe laat werd 1000 ppm overschreden? Wat raad je Ines aan?

✓ Al rond 23 uur (na ongeveer een uur). Een raam op een kier of de deur open: dan blijft het gehalte veel lager, en slaap je in frissere lucht.

29.15 Koorts lezen in een grafiek

Uitdagen · 4 · Analyseren · 20 min

De grafiek toont (volgens een eenvoudig model) de gewenste waarde van de hypothalamus en de echte kerntemperatuur tijdens een koortsaanval.



Stippellijn: gewenste waarde; volle lijn: kerntemperatuur. In de gekleurde stroken A en B voelt de patiënt iets heel anders.

a Wanneer springt de gewenste waarde omhoog, en naar hoeveel? Wanneer weer omlaag?

✓ Omhoog na 2 uur, naar 39 °C; terug naar 37 °C na 14 uur.

b Wat voelt de patiënt in strook A? Welke actuatoren werken? Leg uit met de regelkring.

✓ Koude rillingen: de temperatuur (nog 37-38 °C) ligt onder de nieuwe gewenste waarde, dus de regelaar vindt het lichaam 'te koud'. Hij zet de actuatoren voor kou in: rillen, bloedvaten in de huid nauwer (bleek, koude handen), kippenvel, en je kruipt onder de dekens.

c Wat voelt en doet de patiënt in strook B? Waarom?

✓ Hij heeft het warm en zweet, met een rood gezicht: de temperatuur (bijna 39 °C) ligt nu boven de gewenste waarde van 37 °C, dus de actuatoren voor warmte werken: zweten en bloedvaten in de huid wijder.

d Waarom stijgt de temperatuur niet meteen naar 39 °C als de gewenste waarde verspringt?

✓ Het lichaam heeft een grote warmtecapaciteit (vooral water, hoofdstuk 16): het duurt een tijd voor rillen en minder warmteverlies het genoeg opwarmen, net zoals de meetkas niet meteen warm is als de zon opkomt.

29.16 Debat: acht glazen water per dag?

●●● Uitdagen · 4 · Argumenteren · 20 min

Op sociale media lees je: 'Iedereen moet minstens acht glazen water per dag drinken, anders droog je uit.' Enkele feiten: een volwassene heeft per dag ongeveer 2 à 2,5 L water nodig, uit dranken én voedsel (voedsel levert ongeveer een vijfde). Dorst en de nieren regelen je waterhuishouding (homeostase). Bij warmte of inspanning verlies je 0,5 tot 2 L zweet per uur.

a Hoeveel liter is acht glazen van 250 mL? Vergelijk met wat je lichaam nodig heeft.

✓ $8 \times 0{,}25 = 2\,\text{L}$. Omdat voedsel ongeveer een vijfde levert, is ongeveer 1,6 à 2 L drinken voor de meeste mensen genoeg; het getal is dus niet gek, maar het is geen harde grens.

b Waarom is 'acht glazen voor iedereen' te eenvoudig? Gebruik homeostase en voorbeelden.

> Wat je nodig hebt, hangt af van je grootte, van het weer en van hoeveel je beweegt: een sporter op een hete dag heeft liters meer nodig, iemand die stilzit op een koele dag minder. Je lichaam regelt het zelf: bij een tekort krijg je dorst en maken je nieren minder en donkerdere urine.

c Schrijf een betere, genuanceerde raad in één of twee zinnen.

> Bv.: 'Drink verspreid over de dag als je dorst hebt, en meer bij warmte of sport; lichtgele urine is een goed teken.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Acht glazen omgerekend en vergeleken met de behoefte, rekening houdend met voedsel.
Argumentatie	Homeostase (dorst, nieren) en verschillen tussen mensen en situaties gebruikt.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 30

De ontwerpcyclus

Van een vaag probleem naar een oplossing die werkt, in rondes van proberen, meten en verbeteren

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 410 min

D Ontwerpen en maken



Karton, een breadboard en een veerunster: zo ziet ontwerpen er meestal uit, lang voor het product af is.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen Oefenen

één stap, direct toepassen

30.1 De stappen op volgorde

●○○ Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

De zeven stappen van de ontwerpcyclus staan door elkaar: testen · programma van eisen · prototype maken · probleem verkennen · kiezen · evalueren en verbeteren · ideeën bedenken.

a Zet ze in de juiste volgorde.

✓ Probleem verkennen · programma van eisen · ideeën bedenken · kiezen · prototype maken · testen · evalueren en verbeteren.

b Bij welke stap hoort elke situatie? (a) Een groep plakt tien post-its met ideeën op het bord. (b) Een leerling trekt met een veerunster aan het dakraam. (c) Een team vraagt aan de conciërge hoe vaak hij in de vakantie op school is. (d) Een leerling schrapt een idee omdat het 230 V in de kas brengt.

✓ (a) ideeën bedenken (brainstorm); (b) testen; (c) probleem verkennen (de gebruiker leren kennen); (d) kiezen (zeven met een moet-eis).

c Na welke stap begin je een nieuwe ronde, en naar welke stap ga je terug als een test faalt omdat een onderdeel te zwak is?

Na evalueren en verbeteren. Faalt een onderdeel omdat het te zwak is, dan ga je terug naar prototype maken: je verbetert het prototype, het idee zelf blijft goed.

30.2 Moet of wens?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Een klas ontwerpt een fietslicht dat je op je schooltas klemt. Dit zijn hun eisen.

Is het een moet-eis of een wens? Geef bij elke keuze een korte reden.

(a) moet: een fietslicht dat je niet ziet, heeft geen zin (en de wet vraagt verlichting). (b) wens: lichter is prettiger, 90 g is geen ramp. (c) moet: fietsen doe je ook in de regen. (d) wens: fijn, maar het licht werkt ook in één kleur. (e) moet of wens, als je het goed uitlegt: een licht dat elke dag leeg is, gebruikt niemand (moet); maar met 20 uur of 15 uur werkt het allebei (wens). (f) wens, tenzij het budget echt vastligt: dan moet. Wat telt, is dat de reden klopt: moet = zonder dit faalt het product.

30.3 Meetbaar maken

Oefenen · 2 · Ontwerpen · 15 min

Deze eisen zijn te vaag om te testen.

Maak van elke vage eis een meetbare eis met grootheid, grens met eenheid en toets.

Voorbeelden (andere grenzen kunnen ook, als je ze kan verantwoorden): (a) massa van een volle bak; hoogstens 4 kg (een leerling tilt ze met twee handen); wegen. (b) geluidsniveau op 1 m; hoogstens 40 dB (zoals een stille bibliotheek); meten met een geluidsmeter-app. (c) tijd om het reservoir van leeg tot vol te vullen; hoogstens 5 minuten; tijd opnemen met een emmer. (d) verlichtingssterkte op planthoogte; bijvoorbeeld minstens 400 lux midden onder de strip, gemeten in het donker met de strip aan (de strip van de meetkas geeft maar ongeveer 1,2 W licht, hoofdstuk 21); meten met een luxmeter.

30.4 Eis of oplossing?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

In een PvE voor een automatische voederbak voor de schoolkippen staan deze zinnen.

a Welke zinnen zijn eigenlijk al een oplossing? Herschrijf die als eis die zegt *wat*, niet *hoe*. (a) De voederbak heeft een servomotor die elke ochtend het luikje opent. (b) De kippen krijgen elke dag tussen 7 en 8 uur 500 g graan. (c) De voederbak is gemaakt van roestvast staal. (d) Ratten kunnen niet bij het voer.

(a) is een oplossing (servomotor, luikje). Eis: 'de kippen krijgen elke ochtend tussen 7 en 8 uur voer, ook in het weekend'. (b) is een goede eis. (c) is een oplossing (materiaal). Eis: 'de voederbak roest niet en gaat minstens 10 jaar mee buiten'. (d) is een eis (wat), zij het nog niet meetbaar: 'in een test van een week met een camera raakt geen rat het voer'.

b Waarom is het slecht om een oplossing als eis te schrijven?

Omdat je dan alle andere oplossingen uitsluit voor je ze bedacht hebt. Misschien bestaat er een goedkopere of betrouwbaardere manier (een tijdschakelaar, een schuif die de kip zelf opent met een trede, gegalvaniseerd staal).

30.5 Een gewogen tabel uitrekenen

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Een team kiest een manier om de meetkas in de winter warm te houden. Criteria met gewicht: energieverbruik (3), eenvoudig (2), prijs (1). Scores (1 tot 5): **nachtscherm** 4, 5, 5; **verwarmingsmat van 20 W** 1, 4, 3; **vat met 40 L extra water** 5, 3, 4.

a Bereken het totaal per concept.

Nachtscherm: $4 \times 3 + 5 \times 2 + 5 \times 1 = 27$. Mat: $1 \times 3 + 4 \times 2 + 3 \times 1 = 14$. Vat: $5 \times 3 + 3 \times 2 + 4 \times 1 = 25$.

b Wat is het maximum dat een concept kan halen? Welk concept wint?

Maximum: $5 \times (3 + 2 + 1) = 30$. Het nachtscherm wint (27), vlak voor het vat (25).

c De mat is het enige concept dat de temperatuur echt kan regelen. Welke eis zou dat belangrijk maken, en wat is dan de zwakte van deze tabel?

Een moet-eis zoals 'de temperatuur zakt 's nachts nooit onder 5 °C' kan alleen de mat halen bij strenge vorst. Dan hoort die eis in de zeef, niet in de tabel: de tabel vergelijkt alleen wensen en ziet niet dat scherm en vat een koude nacht misschien niet halen (hoofdstuk 16: een vat geeft hoogstens enkele graden).

Toepassen — Toepassen

meerdere stappen, in een context

30.6 Een gebruiker interviewen

Toepassen · 2 · Onderzoeken · 25 min

Je ontwerpt een toestel dat de kamerplanten van je buurvrouw water geeft als ze drie weken op reis is. Je interviewt haar. Een stukje uit je notities:
'Ik heb zeven planten, de meeste op de vensterbank, twee grote in de hoek. Vorig jaar gaf de buurjongen water, maar de cactus stond daarna in een plas en is gestorven. Ik wil geen kabels over de vloer, want de kat. Een stopcontact is er wel, achter de zetel.'

a Schrijf vijf open vragen die je haar nog wil stellen. Waarom is 'Wil je een pompje?' geen goede vraag?

Bijvoorbeeld: Hoe geef je nu water, en hoe vaak? Welke planten hebben het meeste water nodig? Wat gebeurde er precies met de cactus? Waar mag het toestel staan? Wat moet er gebeuren als er iets misloopt terwijl je weg bent? 'Wil je een pompje?' is gesloten (ja of nee) en kiest al een oplossing: je leert er niets uit over het probleem.

b Haal uit de notities minstens vier eisen. Zeg telkens of het een moet-eis of een wens is.

Moet: werkt 21 dagen zonder ingrijpen; geeft elke plant apart water (de cactus veel minder); geen kabels over de vloer (de kat). Wens: werkt zonder stopcontact; ziet er rustig uit op de vensterbank; geeft na de reis te zien hoeveel water er gegeven is.

c Wie zijn de 'stille gebruikers' hier, en welke eis komt van hen?

De planten (elk hun eigen hoeveelheid water: de cactus veel minder dan een varen) en de kat (niets om aan te trekken of om te gooien).

30.7 Een PvE voor een nestkast

Toepassen · 3 · Ontwerpen · 25 min

De school wil nestkasten voor mezen ophangen aan de bomen rond de meetkas. Vogelkenners raden een invliegopening van 28 mm aan voor pimpelmezen en 32 mm voor koolmezen: grotere vogels kunnen er dan niet in. Een kast hangt minstens 2 m hoog, uit de volle middagzon, en wordt elk najaar leeggemaakt.

a Stel een PvE op met minstens zes eisen: codes, moet of wens, grens met eenheid, toets.

Bijvoorbeeld: N1 (moet) invliegopening Ø 28 mm (pimpelmees) of Ø 32 mm (koolmees), ± 1 mm; schuifmaat. N2 (moet) regen blijft buiten: na 10 minuten gieter over het dak is de bodem droog; test. N3 (moet) opent voor het schoonmaken zonder gereedschap; proberen. N4 (moet) hangt veilig 2 tot 4 m hoog, aan een boom zonder spijkers in de stam; nakijken. N5 (wens) onbehandeld hout van minstens 18 mm dik (isoleert, blijft koel); meten. N6 (wens) kost hoogstens € 8 aan materiaal; bonnetje.

b Wie zijn de gebruikers van een nestkast? Noem er minstens drie, en één eis per gebruiker.

De mezen (opening, droog, niet te warm), de leerlingen of de conciërge die de kast ophangen en schoonmaken (veilig, zonder gereedschap te openen), de boom (niet beschadigen), en de onderzoekers die willen tellen (een kijkluikje of camera zou een wens zijn).

30.8 Een morfologisch overzicht

Toepassen · 3 · Tekenen · 25 min

Je ontwerpt een lichtwekker: in plaats van te piepen, wordt het in de kamer langzaam licht. Deelfuncties: tijd bijhouden, licht maken, energie leveren, bediening (wekuur instellen), uitzetten.

a Maak een morfologisch overzicht met per deelfunctie minstens drie oplossingen.

Bijvoorbeeld: tijd bijhouden: klokmodule, microcontroller met klokchip, tijdschakelaar, gsm-app. Licht maken: ledstrip, gloeilamp met dimmer, rolluik dat opengaat (daglicht!), led-matrix. Energie: stopcontact, batterijen, oplaadbare batterij met zonnecel. Bediening: draaiknop, drukknoppen, app. Uitzetten: aanraken, knop, klappen, vanzelf na 30 min.

b Stel twee heel verschillende concepten samen en schets ze elk in een halve minuut.

Bijvoorbeeld concept 1: microcontroller + ledstrip + stopcontact + drukknoppen + aanraken. Concept 2: tijdschakelaar + motortje dat het rolluik opent + batterij + draaiknop + vanzelf.

c Hoeveel combinaties bevat jouw overzicht?

Vermenigvuldig het aantal oplossingen per rij: bijvoorbeeld 4 × 4 × 3 × 3 × 4 = 576.

30.9 Eerst zeven, dan wegen: het dakraam

Toepassen · 3 · Rekenen · 25 min

Vier concepten om het dakraam van de meetkas te openen (zie de schetsen in het handboek). Een team maakte deze gewogen tabel, zonder eerst te zeven.

criterium (wens)	gewicht	1: uitzetstang + klemhendel	2: wascilinder	3: duwstang + sensor	4: servo + arm
werkt zonder toezicht	3	1 (3)	5 (15)	5 (15)	5 (15)
de microcontroller kan het sturen	2	1 (2)	1 (2)	5 (10)	5 (10)
geen stroom nodig	2	5 (10)	5 (10)	1 (2)	1 (2)
eenvoudig te bouwen	2	5 (10)	4 (8)	3 (6)	2 (4)
goedkoop	1	5 (5)	3 (3)	2 (2)	4 (4)
totaal (max. 50)		**30**	**38**	**35**	**35**

a Controleer de totalen. Welk concept wint volgens deze tabel?

Uitzetstang $1 \cdot 3 + 1 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 5 \cdot 2 + 5 \cdot 1 = 30$; wascilinder 38; duwstang 35; servo 35. De wascilinder wint.

b Zeef nu met de moet-eisen K2 (open boven 28 °C en dicht onder 25 °C, zoals de microcontroller het instelt) en K5 (bij stroomuitval met de hand te openen, hoogstens 10 N). Welke concepten vallen af, en waarom?

De uitzetstang met klemhendel valt af op K2: ze opent niet automatisch. De wascilinder valt ook af op K2: ze opent geleidelijk vanaf ongeveer 18 °C en de microcontroller kan niets instellen. Beide halen K5. Duwstang en servo halen K2; K5 halen ze als je de stang of arm kan losmaken.

c Duwstang en servo halen nu evenveel punten. Een servo uit de klas duwt met zijn arm hoogstens ongeveer 10 N; nodig is 29,5 N (hoofdstuk 12). Welk soort eis ontbrak in de tabel?

Een moet-eis voor de **kracht**: 'de opener levert minstens 29,5 N op 12 cm van het scharnier'. De servo haalt die niet en valt ook af: de duwstang blijft over. Zonder de zeef had het team een wascilinder gekozen die een eis van de kas niet haalt.

30.10 Een testplan opstellen

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Uit het PvE van de meetkas (handboek): W2, W3, W4, C3 en G3.

a Schrijf voor elke eis een test: wat je doet, met welk materiaal, en het criterium.

W2: reservoir vullen tot het maximum, 3 dagen het verbruik meten (maatbeker of waterhoogte) en uitrekenen hoeveel dagen het bruikbare volume volstaat; criterium ≥ 14 dagen. W3: reservoir leeg laten lopen terwijl de pomp aanstaat; criterium: de pomp stopt zodra de vlotter zakt, telkens bij 5 pogingen. W4: sensor uit de grond (hij meet dan 'droog'), tellen; criterium: na de 3e beurt brandt rood, de pomp stopt. C3: lege kas voorzichtig kantelen met een helling of berekenen met het zwaartepunt; criterium: valt niet om voor 30°. G3: een klasgenoot die het niet kent, vult het reservoir; stopwatch; criterium ≤ 5 min, zonder schroevendraaier.

b Welke test duurt het langst? Hoe kan je hem inkorten zonder vals te spelen?

W2 (14 dagen). Inkorten door een paar dagen te meten en te rekenen, maar met het hoogste verbruik (warme dagen) en met het bruikbare volume, niet het volle volume. Wie op een koele week meet, maakt zichzelf iets wijs.

30.11 Testresultaten beoordelen

Toepassen · 3 · Analyseren · 20 min

Drie groepen maakten een druppelaar voor één bakje. De eisen: (1) moet: 100 tot 200 mL per beurt van 30 s; (2) moet: de druppelaar verstopt niet in 20 beurten; (3) wens: zo gelijk mogelijk over 5 beurten. Resultaten (mL per beurt):

groep	beurt 1	2	3	4	5	verstopt?
A (gaatje 1 mm in de slang)	140	150	135	145	150	na 12 beurten
B (druppelaar uit de winkel)	180	185	175	180	180	nee
C (gaatje 2 mm)	260	250	255	270	265	nee

a Welke groepen halen welke moet-eisen?

A haalt eis 1 maar niet eis 2 (verstopt na 12 beurten). B haalt beide. C haalt eis 1 niet (meer dan 200 mL), wel eis 2.

b Bereken voor elke groep het gemiddelde en het bereik (grootste min kleinste).

A: $(140 + 150 + 135 + 145 + 150)/5 = 144\,\text{mL}$, bereik $150 - 135 = 15\,\text{mL}$. B: $180\,\text{mL}$, bereik $10\,\text{mL}$. C: $260\,\text{mL}$, bereik $20\,\text{mL}$.

c Stel voor A en C een verbetering voor voor de volgende ronde.

A: een filter (kous of zeefje) op de aanzuigkant, of een iets groter gaatje. C: een kleiner gaatje, of dezelfde druppelaar maar korter pompen (bijvoorbeeld 20 s in plaats van 30 s geeft ongeveer 173 mL: dat moet je dan wel opnieuw testen).

30.12 Maak: drie rondes papieren tafel

Toepassen · 3 · Maken · 60 min

Voer de proef 'Drie rondes: een papieren tafel' uit het handboek uit, met hetzelfde PvE.

a Noteer per ronde je ontwerp (schets), de grootste last en hoe de tafel bezweek.

- Eigen resultaten. Typisch: gevouwen stroken bezwijken onder 1 kg, opgerolde kokers dragen enkele kilogram, kokers met verbanden en een goede verdeling van de last dragen tot meer dan tien kilogram.

b Teken de grafiek: grootste last per ronde, met de moet-eis als horizontale lijn.

- Ronde op de horizontale as, last in kg op de verticale as, punten verbonden, stippellijn op 5 kg.

c Welke verbetering leverde het meest op? Wat zou je in een vierde ronde doen?

- Meestal de overgang van gevouwen stroken naar kokers (vorm). Een vierde ronde pakt de nieuwe zwakke plek aan: bijvoorbeeld de verbinding tussen koker en tafelblad, of de kokers korter en dikker maken.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

PvE gevolgd	Alleen het toegelaten materiaal; hoogte en tafelblad volgens de moet-eisen.
Testen	Zelfde manier van belasten in elke ronde; 30 s volgehouden; oorzaak van bezwijken genoteerd.
Iteratie	Elke ronde pakt de zwakke plek van de vorige aan, en dat staat erbij.
Grafiek en besluit	Juiste assen, eis als lijn; besluit steunt op de metingen.

Uitdagen — Uitdagen

transfer, open problemen, leerlijnen combineren

30.13 Habitat: het programma van eisen aanvullen

Uitdagen · 4 · Habitat · 45 min

Het PvE van de meetkas (versie 1, handboek) is nog niet volledig. Over de **verlichting** staat er alleen een wens (K8), en over de **groeiproef** twee eisen (P1, P2). Gegevens: ledstrip 12 V, 4,8 W, twee helften boven de twee rijen (hoofdstuk 19-21); lichtsensor LDR op A2 (hoofdstuk 25); groeiproef met schaduwdoek 0, 30, 50 en 70 %, vier groepen van drie bakjes, versgewicht na 5 weken (hoofdstuk 27).

a Schrijf minstens drie nieuwe meetbare eisen voor de verlichting (codes K9, K10 …), met soort, grens met eenheid, toets en bron.

- Bijvoorbeeld: K9 (moet) de ledstrip staat nooit aan als het daglicht op planthoogte meer dan 5000 lux is; luxmeter + logboek; bron: zinloos verbruik, F21. K10 (moet) hoogstens 4 uur per dag aan, van oktober tot maart; logboek of energiemeter; F17/F21 (het budget rekent met 4 h). K11 (wens) beide rijen krijgen evenveel licht: verschil hoogstens 10 % tussen de rijen; luxmeter op 6 plaatsen; groeiproef F27. K12 (moet) de LDR meet het daglicht, niet de ledstrip zelf; test: strip aan in het donker, de strip mag niet uitgaan; F25.

b Schrijf minstens drie nieuwe eisen voor de groeiproef (P3, P4 …). Denk aan eerlijk testen (hoofdstuk 2).

- Bijvoorbeeld: P3 (moet) elke groep krijgt evenveel water: verschil tussen de druppelaars hoogstens 10 %; maatbeker per druppelaar; F2, F14. P4 (moet) het schaduwdoek laat de opgegeven fractie licht door, ± 5 procentpunt; luxmeter onder en boven het doek; F27. P5 (moet) zaad uit één pakje, gezaaid op dezelfde dag, dezelfde potgrond; checklist; F2. P6 (wens) de temperatuur onder alle doeken verschilt hoogstens 1 °C; twee sensoren; F2 (gecontroleerde variabele).

c Kies uit het hele PvE de drie moet-eisen die je in hoofdstuk 33 als eerste wil testen. Waarom die?

- Bijvoorbeeld W1 (water geven), K2 (dakraam) en V1 (elektrische veiligheid). V1 omdat een fout gevaarlijk is en je de kas pas mag aanzetten als het klopt. W1 omdat de planten ervan afhangen en omdat de sensor de zwakke plek is. K2 omdat het mechanisme en het programma samen moeten werken en een fout de kas kan laten oververhitten. Andere keuzes kunnen, met een goede reden.

d Portfolio: noteer het versienummer (versie 1.1) en wat er veranderde.

- Bijvoorbeeld: 'Versie 1.1: K9 tot K12 (verlichting) en P3 tot P6 (groeiproef) toegevoegd.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Meetbaar	Elke eis heeft een grootheid, een grens met eenheid en een toets.
Wat, niet hoe	Geen oplossingen verkleed als eis.
Consistent	Getallen kloppen met het dossier (4,8 W, 4 h/dag, A2, schaduwdoek 0-70 %).
Keuze	De drie eerste tests zijn goed gekozen (risico, afhankelijkheid) en gemotiveerd.
Portfolio	Versienummer en wijzigingen genoteerd.

30.14 Ontwerp: een vakantie-watergever voor één plant

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 60 min

Doorloop een volledige ontwerpcyclus op kleine schaal. Het probleem: een kamerplant in een pot van 15 cm moet drie weken overleven zonder dat iemand langskomt. Ze verbruikt ongeveer 60 mL per dag. Er is geen stopcontact in de buurt.

a Schrijf een probleemstelling en een PvE met minstens drie moet-eisen en twee wensen, meetbaar.

✓ Bijvoorbeeld: 'Hoe kunnen we een kamerplant drie weken genoeg water geven zonder stopcontact, zodat ze gezond blijft?' Water: $21 \times 60 = 1260\,\text{mL} \approx 1{,}3\,\text{L}$. Moet: werkt 21 dagen; geeft 40 tot 100 mL per dag; geen stroom uit het net; lekt niet (droge vloer na een test van 2 dagen). Wens: kost hoogstens € 5; reservoir doorzichtig (je ziet hoeveel er nog is).

b Bedenk minstens vier ideeën en schets ze.

✓ Bijvoorbeeld: omgekeerde fles van 1,5 L in de grond; katoenen wiek vanuit een emmer; druppelzak met kraantje; zelfbewateringspot met reservoir onderaan; een grote schotel met kleikorrels.

c Zeef met de moet-eisen en kies met een gewogen tabel. Controleer de gevoeligheid.

✓ Bijvoorbeeld: de druppelzak valt af als het debiet niet stabiel is (lekt of droogt op). De wiek en de omgekeerde fles winnen vaak: geen stroom, goedkoop, zelfregelend. Gevoeligheid: geef je 'zichtbaar hoeveel er over is' meer gewicht, dan wint de fles.

d Maak een prototype en test het een week. Wat liep mis, en wat verbeter je?

✓ Typische problemen: de fles loopt in twee dagen leeg (grond te los: een dop met een klein gaatje helpt), de wiek droogt uit (dikker koord, reservoir hoger zetten). Een testweek toont dit, drie weken op reis niet meer.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Probleem en PvE	Probleemstelling zonder oplossing; eisen meetbaar; hoeveelheid water berekend (± 1,3 L).
Ideeën	Minstens vier echt verschillende ideeën, geschetst.
Kiezen	Eerst zeven, dan wegen; scores gemotiveerd; gevoeligheid besproken.
Testen en verbeteren	Meting tegen de eisen; oorzaak van problemen; concrete verbetering.

30.15 Debat: 5127 prototypes

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 25 min

James Dyson bouwde ongeveer 5127 prototypes in vijf jaar. Stelling: *'Zoveel prototypes is verspilling. Met goed nadenken en een computermodel vooraf had het veel sneller gekund.'*

a Geef twee argumenten vóór en twee tegen de stelling.

✓ Vóór: veel prototypes kosten tijd en materiaal; met een model kan je veel varianten doorrekenen voor je iets bouwt (vandaag simuleren ingenieurs luchtstromen met de computer); systematisch één ding tegelijk veranderen gaat trager dan slim combineren. Tegen: de stroming in een cycloon met stof was toen (en is nog altijd) moeilijk te berekenen; elk prototype leverde echte informatie op; de computers en programma's van eind jaren 1970 konden dit niet; een prototype toont ook dingen die je niet voorzag (geluid, verstopping, gewicht).

b Wanneer is een prototype nuttiger dan een berekening, en wanneer omgekeerd? Geef een voorbeeld uit de meetkas.

Rekenen is sneller als het verschijnsel goed begrepen is: de kracht van de duwstang volgt uit de hefboomwet (hoofdstuk 12), een prototype is dan alleen een controle. Testen is beter als er veel onzekerheid is: hoe snel de grond uitdroogt op een zonnige dag, of de klemhendel prettig in de hand ligt. Het beste is beide: eerst rekenen om de goede richting te kiezen, dan testen om te zien wat de berekening mist.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Twee echte argumenten per kant, niet dezelfde gedachte in andere woorden.
Voorbeeld	Een concreet geval uit de meetkas waar rekenen of testen de beste weg was.
Nuance	Ziet dat rekenen en testen elkaar aanvullen.

30.16 Analyse: waar ging het mis?

Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Een klas bouwde in drie weken een automatisch watergeefsysteem voor de schooltuin en schakelde het vrijdag in. Maandag: (1) twee bakken stonden onder water, de rest was droog; (2) de conciërge had de adapter uitgetrokken omdat hij zoemde en hij niet wist wat het was; (3) de klas wist niet hoeveel water er gegeven was; (4) de leerkracht vroeg: 'Welke eis hebben jullie hiermee getest?' en niemand wist het.

a Koppel elk probleem aan de stap van de ontwerpcyclus die overgeslagen of te snel gedaan werd.

(1) Testen: het systeem werd nooit een volledige cyclus in de echte omstandigheden getest (de druppelaars gaven ongelijk water). (2) Probleem verkennen: een gebruiker (de conciërge) werd niet gekend of ingelicht. (3) PvE: er was geen eis over meetgegevens. (4) PvE en testplan: zonder meetbare eisen kan je niets toetsen.

b Schrijf voor elk probleem een eis die het had kunnen voorkomen.

(1) 'Elke bak krijgt 100 tot 200 mL per beurt, verschil tussen de bakken hoogstens 10 %.' (2) 'Een onbekende kan aan een etiket zien wat het toestel is en wie hij kan bellen; het toestel maakt geen geluid boven 35 dB.' (3) 'Het systeem houdt per beurt bij hoeveel water het gaf.' (4) Een PvE met codes en een testplan per eis.

c Welke test had de klas op donderdag moeten doen?

Een generale repetitie: het systeem een hele dag (of een nacht) laten werken zoals in het weekend, met een maatbeker onder elke druppelaar, en achteraf de hoeveelheden vergelijken.

F FUNDAMENTAL · DEEL F8 · ONTWERPEN EN MAKEN

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 31

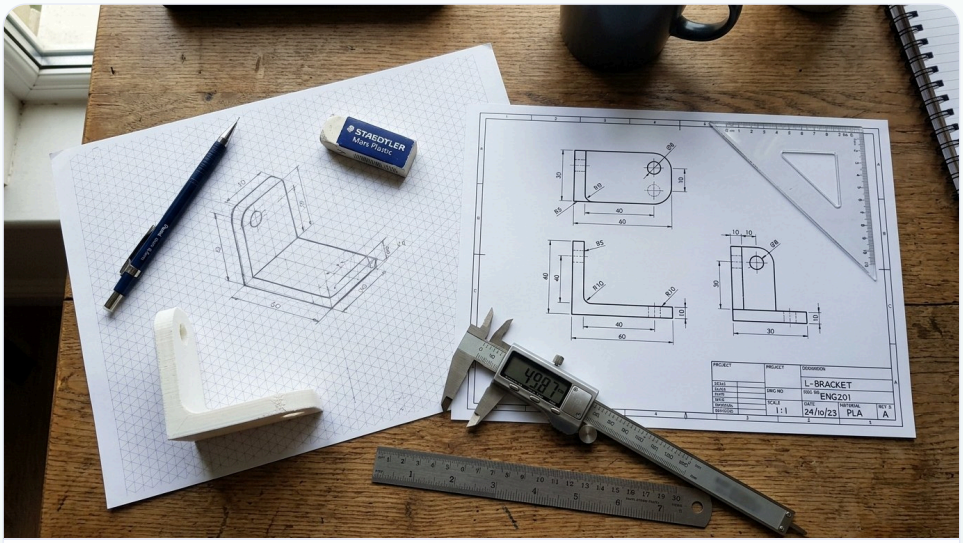
Technisch tekenen

Van een krabbel op papier naar een tekening waarmee iemand anders je onderdeel kan maken

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 6× toepassen · 5× uitdagen · ± 324 min

D Ontwerpen en maken · W Wiskundig modelleren



Schets, werktekening en het echte onderdeel: drie keer hetzelfde, elk voor een ander doel.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

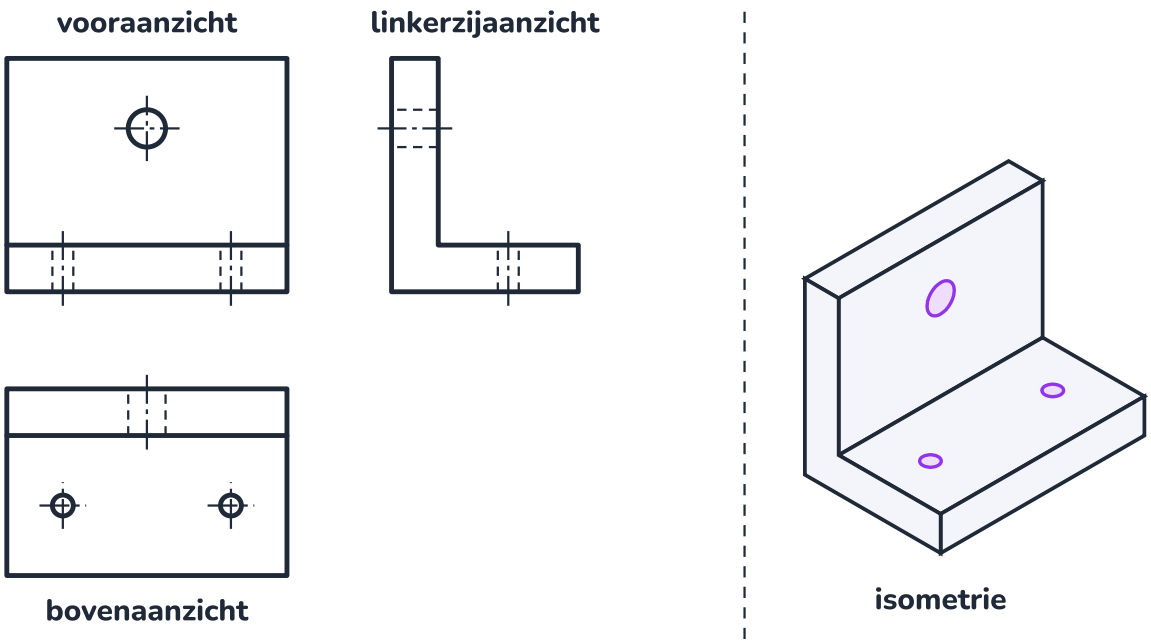
Oefenen

één stap, direct toepassen

31.1 Lijnsoorten herkennen

Oefenen · 1 · Begrijpen · 8 min

Bekijk de werktekening van de hoeksteun in het handboek (blad 'Een volledige werktekening').



De hoeksteun in drie aanzichten en isometrie.

a Welke lijnsoort gebruik je voor elk van deze dingen? (a) de rand tussen voet en lip in het vooraanzicht; (b) de gaten in de voet, gezien in het vooraanzicht; (c) het midden van het gat van Ø 8; (d) de lijn met twee pijlpunten waarboven '60' staat.

(a) dikke volle lijn (zichtbare rand); (b) dunne streeplijn (verborgen rand); (c) dunne streep-stiplijn (hartlijn); (d) dunne volle lijn (maatlijn).

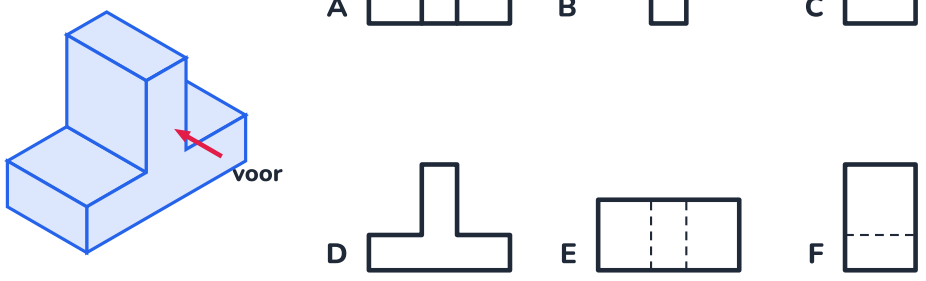
b Waarom zie je het gat van Ø 8 in het bovenaanzicht als twee streeplijnen en niet als cirkel?

Het gat loopt horizontaal door de lip, van voren naar achteren. Van boven kijk je op de lip en zie je het gat niet: het zit binnenin. Je ziet alleen waar zijn wanden zitten, als verborgen randen.

31.2 Welk aanzicht is welk?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Links zie je een T-stuk in isometrie (de pijl wijst naar de voorkant). Rechts staan zes tekeningen A tot F.



Een T-stuk van 40 × 20 × 30 mm en zes mogelijke aanzichten.

a Welke tekening is het vooraanzicht, welke het bovenaanzicht en welke het linkerzijaanzicht?

✓ Vooraanzicht D (de omgekeerde T: voet onderaan, ribbe erboven). Bovenaanzicht A (rechthoek met twee lijnen: de randen van de ribbe). Linkerzijaanzicht C (rechthoek met een lijn op 10 mm hoogte).

b Waarom is F geen juist linkerzijaanzicht, hoewel het dezelfde omtrek heeft als C?

✓ Van links zie je de voet (onderaan) en daarboven de zijkant van de ribbe, die verder naar achteren staat: de rand ertussen is echt zichtbaar. Een streeplijn (F) zou betekenen dat hij verborgen is.

c Wat stelt E voor? En B?

✓ E is het onderaanzicht: van onder zie je een vlakke bodem, en de randen van de ribbe zitten erachter, dus verborgen. B is het vooraanzicht op zijn kop: een fout.

d Schets hoe je de drie juiste aanzichten op een blad legt volgens de Europese projectie.

✓ D linksboven, A recht eronder (even breed), C rechts van D (even hoog).

31.3 Schaal omrekenen

Oefenen · 1 · Rekenen · 10 min

Reken om. Schrijf je berekening in de tabel.

Vul de tabel aan.

✓ (a) $600/10 = 60\,\text{mm}$; (b) $45 \times 2 = 90\,\text{mm}$; (c) $24 \times 5 = 120\,\text{mm}$ (de hoogte van de plantenbak); (d) $59 : 1180 = 1 : 20$; (e) $12 \times 5 = 60\,\text{mm}$.

31.4 Isometrisch tekenen op raster

Oefenen · 2 · Tekenen · 15 min

Een hoekblok van 30 × 20 × 20 mm, waaruit rechtsvoor bovenaan een blokje van 10 × 10 × 10 mm weggenomen is.

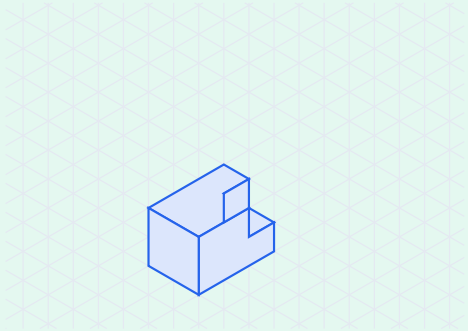




De drie aanzichten (links) en een isometrisch raster (rechts); één hokje is 10 mm.

a Teken het hoekblok isometrisch op het raster. Begin bij de gemarkeerde hoek.

Zie de figuur: drie hokjes naar rechtsboven (breedte), twee naar linksboven (diepte), twee omhoog (hoogte); rechtsvoor bovenaan ontbreekt een kubusje van één hokje.



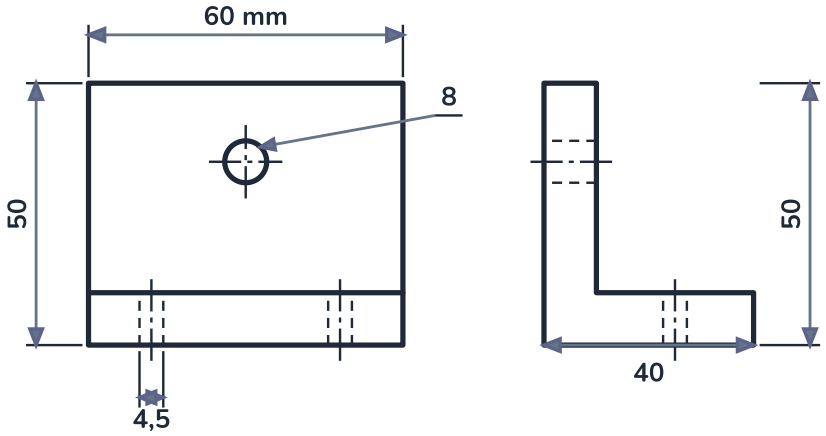
b Waarom zijn de twee lijnen in het linkerzijaanzicht gestreept?

De uitsparing zit rechts. Van links kijk je tegen het volle linkerdeel aan: de randen van de uitsparing zitten erachter en zijn dus verborgen.

31.5 Fouten in de maatvoering

Oefenen · 2 · Begrijpen · 12 min

Op deze tekening van de hoeksteun staan zes fouten tegen de regels van de maatvoering.



Vooraanzicht en linkerzijaanzicht van de hoeksteun, met fouten in de maten.

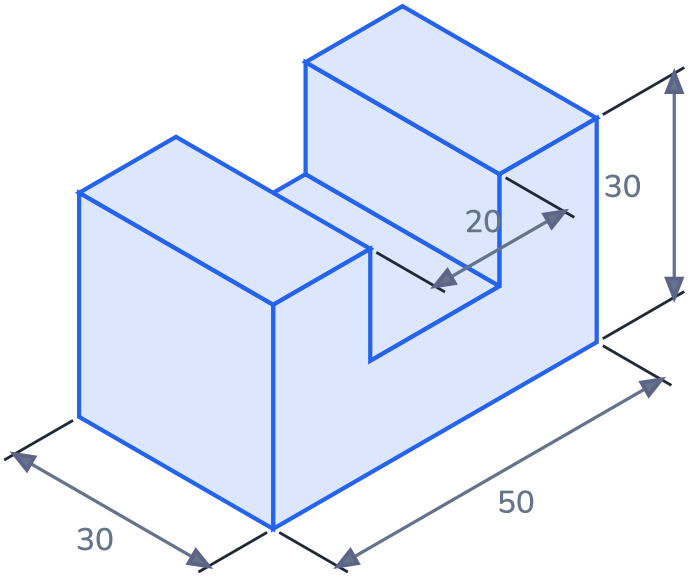
Zoek de zes fouten en schrijf bij elke fout de regel die geschonden is.

(1) '60 mm': geen eenheid schrijven. (2) De hoogte 50 staat twee keer (links van het vooraanzicht en rechts van het zijaanzicht): elke maat één keer. (3) '8' bij het gat: het teken Ø ontbreekt (Ø8). (4) '4,5' is bemaat tussen streeplijnen: niet naar verborgen lijnen maten, bemaat het gat in het bovenaanzicht waar het een cirkel is. (5) De maat '40' ligt op de onderrand van het zijaanzicht: een maatlijn staat buiten het voorwerp, met maathulplijnen. (6) Het '4,5' staat onder de maatlijn in plaats van erboven, en het ontbreekt aan 2× om te tonen dat er twee gelijke gaten zijn.

31.6 Van isometrie naar drie aanzichten

●●○ Toepassen · 3 · Tekenen · 25 min

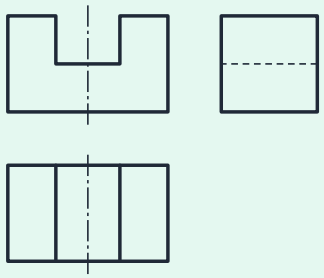
Een U-blok met een sleuf. Alle maten in mm.



Een U-blok van 50 × 30 × 30 mm met een sleuf van 20 mm breed en 15 mm diep.

a Teken het vooraanzicht, het bovenaanzicht en het linkerzijaanzicht in Europese projectie op schaal 1:1 (één hokje = 5 mm). Gebruik de juiste lijnsoorten.

✓ Vooraanzicht: een U van 50 × 30 met een uitsparing van 20 breed en 15 diep in het midden. Bovenaanzicht eronder: rechthoek 50 × 30 met twee lijnen op 15 en 35 mm (de randen van de sleuf). Linkerzijaanzicht rechts: vierkant 30 × 30 met een streeplijn op 15 mm hoogte. Symmetrie-as als hartlijn.



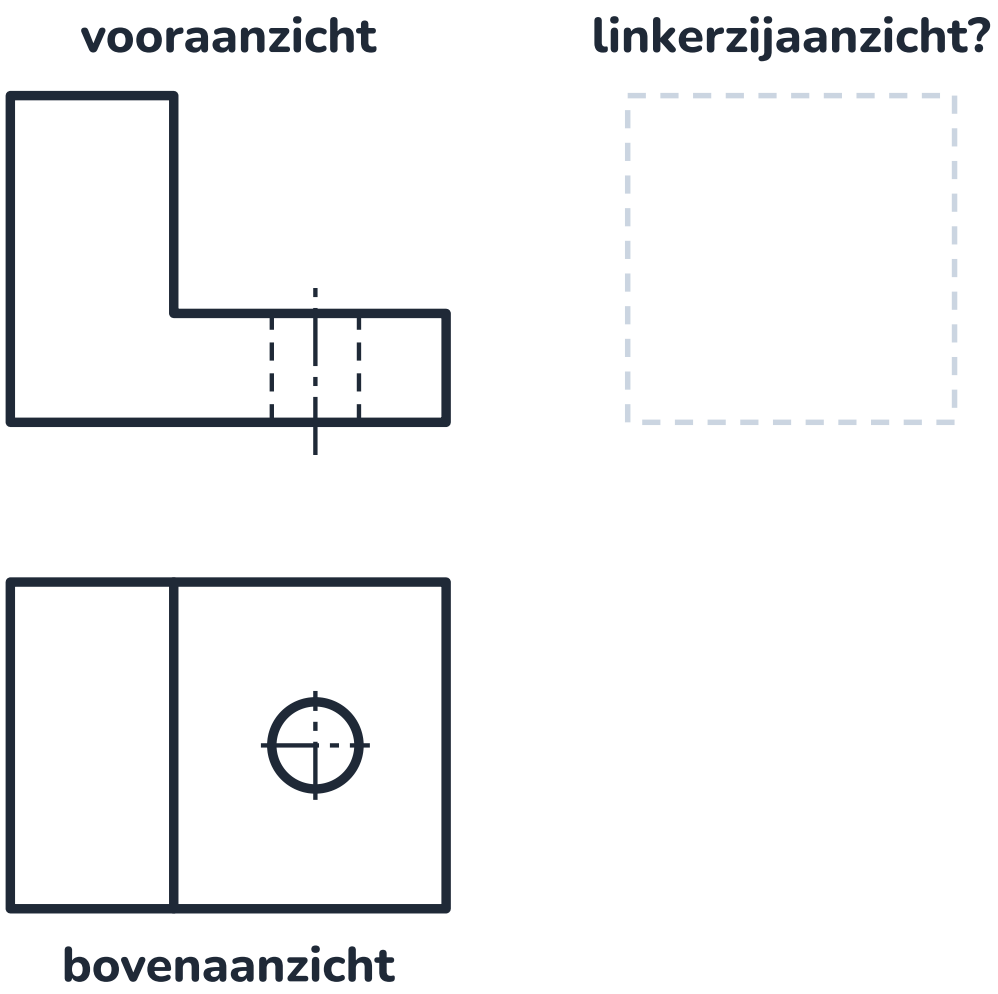
b In welk aanzicht heb je een verborgen lijn nodig, en waarom?

✓ In het linkerzijaanzicht: de bodem van de sleuf ligt op 15 mm hoogte, maar van links zit het linkerbeen van de U ervoor. Je ziet hem niet, dus streeplijn.

31.7 Het ontbrekende aanzicht

Toepassen · 3 · Tekenen · 20 min

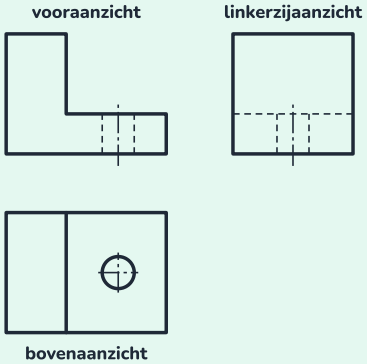
Van een L-blok met een gat kreeg je het vooraanzicht en het bovenaanzicht (maten in mm: 40 breed, 30 diep, 30 hoog; voet 10 mm dik; opstaand deel 15 mm breed; gat Ø 8).



Vooraanzicht en bovenaanzicht; het kader rechts is voor het linkerzijaanzicht.

a Teken het linkerzijaanzicht in het lege kader, met verborgen lijnen en hartlijnen.

Een vierkant van 30 × 30. Van links zie je het opstaande deel (15 breed, volle hoogte): alles erachter is verborgen. Streeplijn op 10 mm hoogte (de bovenkant van de voet). Het gat: twee verticale streeplijnen op 11 en 19 mm, van 0 tot 10 mm hoog, met een hartlijn op 15 mm.



b Leg uit hoe je aan het vooraanzicht ziet dat het gat door de voet gaat en niet door het opstaande deel.

In het vooraanzicht staan de streeplijnen van het gat alleen tussen 0 en 10 mm hoogte, dus in de voet, en rechts van het opstaande deel (op 24 en 32 mm).

31.8 Maatvoering aanbrengen

Toepassen · 3 · Tekenen · 20 min

Neem de drie aanzichten van het U-blok die je in opdracht 31.6 tekende (of de oplossing ervan).

a Breng alle maten aan die nodig zijn om het U-blok te maken, volgens de regels. Gebruik zo weinig mogelijk maten.

Vooraanzicht: 50 (totaal, buitenste maatlijn), 20 (breedte sleuf) en 15 (plaats sleuf vanaf links) boven of onder; 30 (hoogte) en 15 (diepte sleuf) links. Linkerzijaanzicht: 30 (diepte) onder. Het bovenaanzicht krijgt geen maten.

b Hoeveel maten heb je nodig? Welke maat zou je dubbel zetten als je niet oplet?

Zes maten: 50, 30, 30, 20, 15 en 15. Wie niet oplet, zet de hoogte 30 zowel in het vooraanzicht als in het zijaanzicht, of de breedte 50 in het voor- en het bovenaanzicht.

31.9 Welke schaal kies je?

Toepassen · 2 · Rekenen · 12 min

Op een A4 heb je voor drie aanzichten ongeveer 270 × 150 mm. De drie aanzichten nemen samen ongeveer (breedte + diepte) in de breedte en (hoogte + diepte) in de hoogte in, plus wat ruimte ertussen. Kies telkens de grootste schaal uit de reeks 5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20 waarmee het past.

a Het waterreservoir, buiten 420 × 320 × 260 mm.

Breedte $420 + 320 = 740$, hoogte $260 + 320 = 580$. Op 1:5: 148 × 116 mm, past. Op 1:2: 370 × 290, te groot. Schaal **1:5**.

b De TMP36-sensor, 5 × 4 × 5 mm (zonder pootjes).

$5 + 4 = 9$ en $5 + 4 = 9$ mm. Op 5:1: 45 × 45 mm, past ruim. Schaal **5:1** (grotere schalen staan niet in de reeks).

c De meetkas, 1200 × 600 × 800 mm (binnenmaten).

$1200 + 600 = 1800$ en $800 + 600 = 1400$. Op 1:10: 180 × 140 mm, past. Op 1:5: 360 × 280, te groot. Schaal **1:10**.

d De hoeksteun, 60 × 40 × 50 mm.

$60 + 40 = 100$ en $50 + 40 = 90$. Op 2:1: 200 × 180: in de hoogte te groot voor 150 mm. Op 1:1: 100 × 90, past. Schaal **1:1**, of 2:1 op een A3 of met het titelblok ernaast, zoals in het handboek.

31.10 Opmeten en schetsen

Toepassen · 3 · Labo · 40 min

Kies een eenvoudig voorwerp met minstens één gat of uitsparing: een gum, een USB-stick, een houten blokje met gat, een LEGO-blokje. Meet het op met een schuifmaat en maak er een bematen schets van.

a Maak een isometrische schets uit de vrije hand.

Eigen schets; controleer de verhoudingen door te viseren.

b Schets drie aanzichten in Europese projectie (op ruitjes, uit de vrije hand).

Vooraanzicht linksboven, bovenaanzicht eronder, linkerzijaanzicht rechts; zelfde hoogtes en breedtes.

c Meet alle maten op met de schuifmaat en zet ze op je aanzichten, volgens de regels.

✓ Bijvoorbeeld een gum van 50,2 × 20,1 × 11,8 mm. Afronden op 0,1 mm is voor een schuifmaat zinvol (hoofdstuk 3).

d Geef je schets aan een klasgenoot. Kan hij zonder vragen zeggen hoe groot het gat is en waar het zit? Wat moest je bijwerken?

✓ Typische aanvullingen: de plaats van het gat ontbrak (alleen de diameter stond er), of een maat stond dubbel.

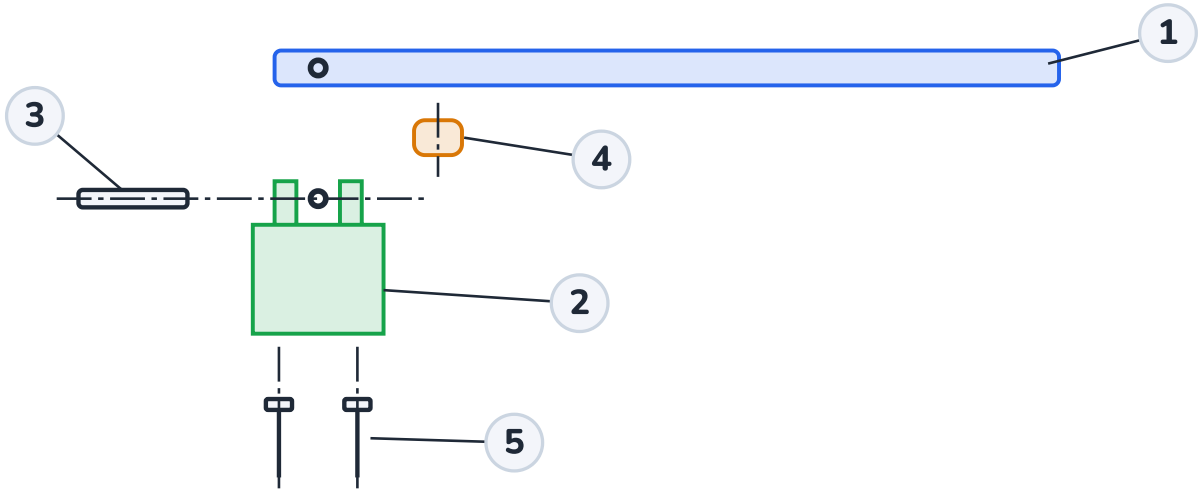
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schets	Verhoudingen kloppen; hulplijnen licht, zichtbare randen donker; cirkels als ellips.
Aanzichten	Juiste plaats (Europese projectie); uitgelijnd; verborgen lijnen en hartlijnen waar nodig.
Maten	Opgemeten tot op 0,1 mm; in mm zonder eenheid; elke maat één keer; volledig.
Controle	De test bij een klasgenoot is uitgevoerd en de tekening werd verbeterd.

31.11 Een stuklijst opstellen

●●○ Toepassen ▮▮▮▯▯▯▯ 3 Analyseren 15 min

De klemhendel van het dakraam (hoofdstuk 12) bestaat uit: een hendel van aluminium strip 140 × 20 × 4 mm; een scharnierblok van PETG, 30 × 20 × 25 mm, 3D-geprint; een as van roestvast staal, Ø 5 × 30 mm; een drukneus van rubber, Ø 10 × 8 mm; en twee schroeven M4 × 12 van roestvast staal om het blok vast te zetten.



De klemhendel, uit elkaar getrokken. De cirkeltjes zijn positienummers.

a Vul de stuklijst in, met de positienummers uit de figuur.

✓ 1 · 1 · hendel · aluminium · 140 × 20 × 4. 2 · 1 · scharnierblok · PETG · 30 × 20 × 25. 3 · 1 · as · roestvast staal · Ø 5 × 30. 4 · 1 · drukneus · rubber · Ø 10 × 8. 5 · 2 · schroef · roestvast staal · M4 × 12.

b Welke onderdelen krijgen een eigen werktekening, en welke niet? Waarom?

✓ De hendel (gaten, lengte) en het scharnierblok (3D-print) krijgen een tekening: je maakt ze zelf. De as, de drukneus en de schroeven koop je: hun normmaat in de stuklijst volstaat (bij de as eventueel een eenvoudige tekening als je ze zelf op lengte zaagt).

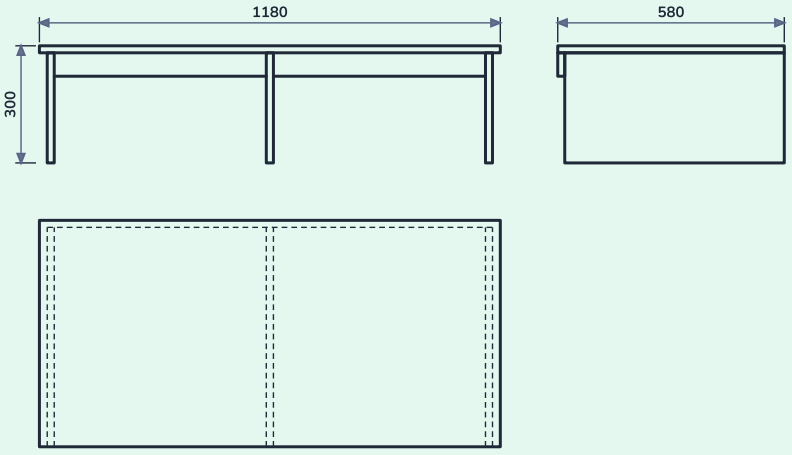
31.12 Habitat: de werktekening van de plantentafel

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 60 min

De plantentafel van de meetkas (hoofdstuk 10, 11 en 13) bestaat uit een blad van watervast multiplex van 1180 × 580 × 18 mm op drie steunen van hetzelfde multiplex, 562 × 282 × 18 mm (de tafel is 300 mm hoog). De twee buitenste steunen staan 20 mm naar binnen, de middelste staat in het midden. Tegen de achterkant van de steunen zit een achterregel van 1140 × 60 × 18 mm, vlak onder het blad. Alles wordt geschroefd met roestvast stalen schroeven 4 × 40 mm: drie per steun door het blad, twee per steun door de regel.

a Maak op schaal 1:10 de drie aanzichten van de tafel, in Europese projectie, met de juiste lijnsoorten.

Vooraanzicht: het blad (1180 × 18) op drie steunen (18 breed, 282 hoog) en de achterregel tussen de steunen zichtbaar. Bovenaanzicht: het blad; steunen en regel als streeplijnen. Linkerzijaanzicht: het blad (580 × 18), de steun (562 × 282) en het einde van de regel (18 × 60) achteraan.



bovenaanzicht (verborgen: steunen en regel)

b Breng de maten aan die nodig zijn om de tafel te maken.

Bijvoorbeeld: blad 1180, 580, 18 (vooraanzicht en zijaanzicht); tafelhoogte 300; plaats van de buitenste steun 20; steun 562 × 282 × 18 (een aparte detailtekening of in het zijaanzicht); regel 1140 × 60, bovenaan tegen het blad.

c Maak de stuklijst en het titelblok.

1 · 1 · tafelblad · multiplex, watervast · 1180 × 580 × 18. 2 · 3 · steun · multiplex, watervast · 562 × 282 × 18. 3 · 1 · achterregel · multiplex, watervast · 1140 × 60 × 18. 4 · 15 · schroef · roestvast staal · 4 × 40 (3 × 3 door het blad + 3 × 2 door de regel). Titelblok: 'plantentafel', HAB-F31-03, schaal 1:10.

d Controleer met de tekening: hoe breed is de ruimte tussen twee steunen? Past het reservoir (buiten 420 × 320 × 260 mm) eronder?

De buitenste steun eindigt op $20 + 18 = 38\,\text{mm}$, de middelste begint op $590 - 9 = 581\,\text{mm}$: ruimte $581 - 38 = 543\,\text{mm}$ breed, 282 mm hoog, 562 mm diep. Het reservoir (420 × 320 × 260) past, met 123 mm over in de breedte en 22 mm in de hoogte.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Aanzichten	Drie aanzichten op de juiste plaats, uitgelijnd; steunen en regel verborgen in het bovenaanzicht.
Maten	Blad, steunen en regel volledig bepaald, plaats van de steunen (20 mm, midden); geen dubbele maten.
Stuklijst en titelblok	Vier posities met juiste aantallen (1, 3, 1, 15); schaal 1:10, projectiesymbool, nummer.
Controle	Ruimte tussen de steunen berekend (543 mm) en vergeleken met het reservoir.

31.13 Eén vooraanzicht, veel voorwerpen

Uitdagen · 4 · Tekenen · 20 min

Het vooraanzicht van een voorwerp is een rechthoek van 40 × 20 mm, zonder lijnen erin. Het bovenaanzicht is een rechthoek van 40 × 30 mm, ook zonder lijnen erin.

a Teken drie verschillende linkerzijaanzichten die bij dit vooraanzicht en bovenaanzicht passen.

Bijvoorbeeld: een rechthoek van 30 × 20 (een blok); een driehoek (een helling die van achter 20 mm hoog naar voren afloopt, of omgekeerd); een kwart van een ellips (een afgeronde helling).



b Schets één van je voorwerpen isometrisch.

Bijvoorbeeld de helling: de voorkant is een smalle lijn, het schuine vlak loopt naar achteren op tot 20 mm.

c Waarom mag er in het zijaanzicht geen trede (L-vorm) staan?

Een trede geeft een rand op een andere hoogte. Die zou je als lijn zien in het vooraanzicht (van voren) en in het bovenaanzicht (van boven). Beide aanzichten hebben geen lijnen: dus geen trede. Een afgeronde overgang geeft geen rand en mag wel.

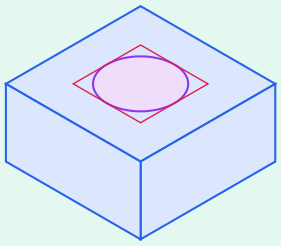
31.14 Een gat in isometrie

Uitdagen · 4 · Tekenen · 20 min

Een blok van 40 × 40 × 20 mm met in het midden een verticaal gat van Ø 20 mm, helemaal door.

a Teken het blok isometrisch op schaal 2:1 met de ruitmethode voor het gat.

Zie de figuur: een ruit van 20 × 20 op het bovenvlak (op 2:1: 40 × 40 mm langs de assen) en de ellips die de ruit in de middens van de zijden raakt.



b Zie je in je tekening door het gat de onderrand van het gat? Leg uit met je tekening.

Nee. De onderste cirkel ligt 20 mm lager: op 2:1 schuift zijn ellips 40 mm naar beneden. De ellips bovenaan is maar 28 mm hoog (0,71 × 40), dus de onderste ellips ligt er helemaal onder, achter het materiaal. Je ziet alleen de binnenwand van het gat. Bij een dunnere plaat (bijvoorbeeld 10 mm) zou je wel een stukje van de onderrand zien.

c Bereken de lange en de korte as van de ellips bovenaan, op je tekening (2:1).

Op 2:1 is de diameter 40 mm op papier. Lange as $\approx 1{,}22 \times 40 = 49\,\text{mm}$, korte as $\approx 0{,}71 \times 40 = 28\,\text{mm}$.

31.15 Debat: tekenen met de hand is voorbij

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 20 min

Stelling: *'Nu er CAD-programma's zijn, is leren tekenen met potlood en lat tijdverlies.'*

a Geef twee argumenten voor en twee tegen.

Voor: CAD is nauwkeuriger, sneller aan te passen, maakt aanzichten en isometrie automatisch, en het model gaat rechtstreeks naar de printer. Tegen: een schets uit de vrije hand is in het ontwerpproces veel sneller om ideeën te tonen (hoofdstuk 30); wie zelf aanzichten leerde tekenen, begrijpt en controleert wat de computer maakt; op de werkvloer of bij een klant heb je niet altijd een computer.

b Wat verandert er níet als je met de computer tekent?

De taal: Europese projectie, lijnsoorten, regels van de maatvoering, schaal, titelblok en stuklijst. De computer tekent de lijnen, maar jij kiest welke aanzichten en welke maten nodig zijn.

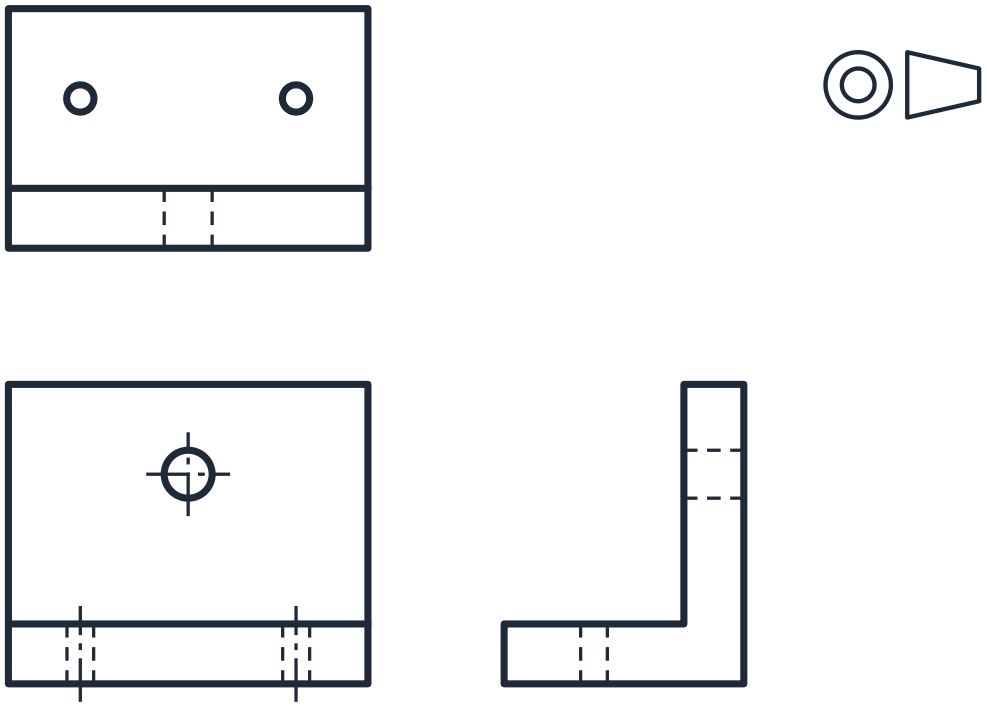
ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Twee echte argumenten per kant.
Inzicht	Ziet dat de afspraken (projectie, lijnsoorten, maatvoering) ook in CAD gelden.
Voorbeeld	Een concrete situatie waarin een schets met de hand sneller of beter is.

31.16 Een tekening uit Amerika

Uitdagen · 4 · Analyseren · 15 min

Een leverancier stuurt deze tekening van de hoeksteun. Rechtsboven staat het projectiesymbool.



De hoeksteun, getekend door een leverancier.

a Welke projectiemethode is dit? Waaraan zie je dat (twee aanwijzingen)?

- Amerikaanse projectie (derdehoeksprojectie): het bovenaanzicht staat boven het vooraanzicht, en in het symbool wijst de smalle kant van de kegel naar de cirkels.

b Welk zijaanzicht staat er rechts? Waar zit in dat aanzicht de voorkant van het voorwerp?

- Het rechterzijaanzicht (van rechts gezien). De voorkant van het voorwerp ligt links, het dichtst bij het vooraanzicht; de lip staat rechts.

c Wat kan er misgaan als een Europese maker deze tekening leest zonder op het symbool te letten?

- Hij zou het bovenaanzicht voor een onderaanzicht kunnen houden, of het zijaanzicht voor het linker. Bij een symmetrisch voorwerp is dat geen ramp, maar bij een onderdeel met een gat aan één kant boort hij het gat aan de verkeerde kant.

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 32

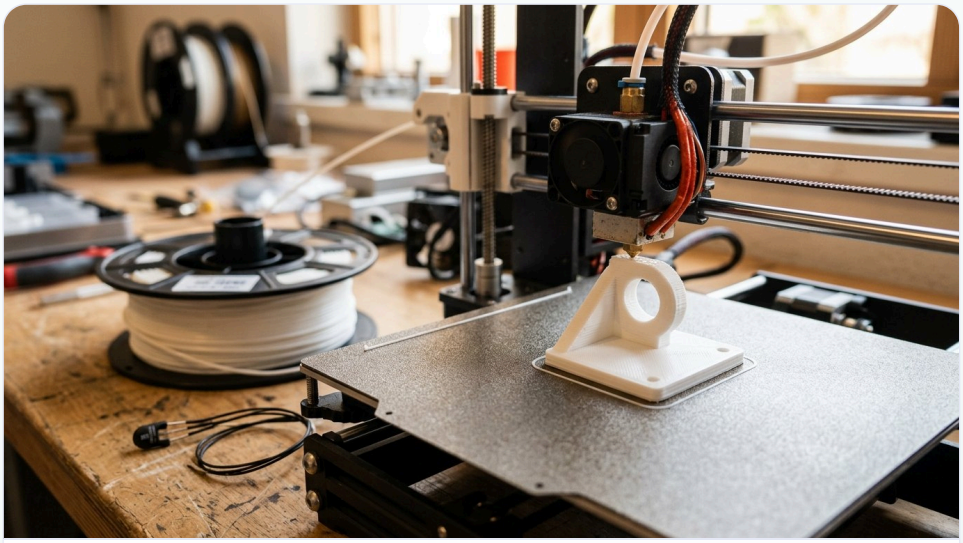
Van idee tot object: CAD en 3D-printen

Van een schets op papier naar een onderdeel dat je in je hand houdt, laag per laag

Uitgewerkte oplossingen bij de 16 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

5× oefenen · 7× toepassen · 4× uitdagen · ± 377 min

D Ontwerpen en maken · M Materie en chemie



Laag per laag groeit de sensorhouder voor de meetkas: 150 lagen van 0,2 mm.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

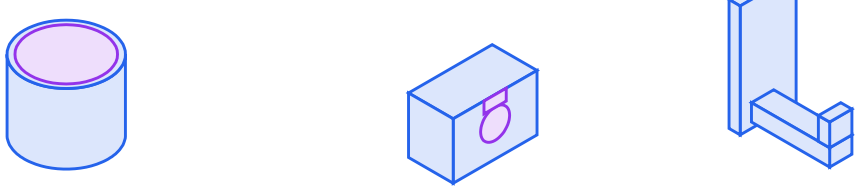
Oefenen

één stap, direct toepassen

32.1 Welke basisvormen?

Oefenen · 1 · Begrijpen · 10 min

Drie voorwerpen, gebouwd in een CAD-programma.



a · potje **b · slanghouder** **c · haakje**

Een potje, een slanghouder en een haakje.

a Schrijf voor elk voorwerp welke basisvormen je nodig hebt, en welke daarvan een gat zijn.

a: een cilinder (vol) en een iets kleinere cilinder als gat, die niet tot op de bodem gaat (de bodem blijft). b: een doos, een cilinder als gat (voor de slang, liggend) en een smalle doos als gat bovenaan (de sleuf om de slang erin te klikken). c: twee dozen (plaat en arm) en een doos of wig als opstaand randje aan het eind van de arm; geen gaten.

b Waarom moet je de vormen groeperen voor je exporteert?

Pas bij het groeperen worden de vormen één onderdeel en snijden de gaten weg. Exporteer je zonder te groeperen, dan krijg je losse, overlappende vormen, en worden de gaten soms geprint als massieve stukken.

32.2 Driehoeken tellen

Oefenen · 1 · Rekenen · 8 min

Een STL-bestand beschrijft het oppervlak met driehoeken. Een cilinder met n zijden heeft $4n - 4$ driehoeken.

a Hoeveel driehoeken heeft een doos?

6 vlakken × 2 = 12 driehoeken.

b En een wig (een driehoekig prisma)?

3 rechthoekige vlakken × 2 = 6, plus 2 driehoekige vlakken × 1 = 2: samen 8.

c Een cilinder met 20 zijden? Met 64 zijden?

$4 \times 20 - 4 = 76$ en $4 \times 64 - 4 = 252$.

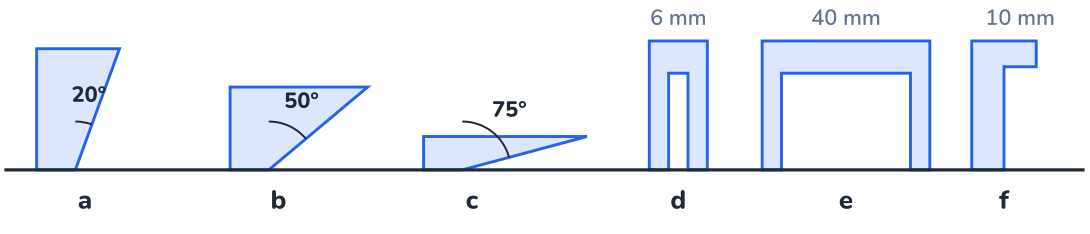
d Waarom zet je een cilinder niet standaard op 1000 zijden?

Het bestand wordt veel groter en het programma trager, terwijl de printer de verschillen niet meer kan maken: met een lijn van 0,4 mm zie je het verschil tussen 64 en 1000 zijden bij een klein gat niet.

32.3 Support nodig?

Oefenen · 2 · Begrijpen · 10 min

Zes vormen staan op het printbed. De hoeken zijn gemeten vanaf de verticale.



a tot c: schuine wanden; d en e: bruggen; f: een horizontaal uitsteeksel.

Welke vormen print je zonder support? Leg telkens kort uit.

a (20°): zonder support, ruim onder 45°. b (50°): net boven de 45°-regel; met een goede koeling lukt het vaak, maar de onderkant wordt ruw: veilig is support of het ontwerp aanpassen. c (75°): support nodig. d (brug van 6 mm): lukt, kort genoeg. e (brug van 40 mm): de lijnen hangen door, support nodig. f (horizontaal uitsteeksel van 10 mm, aan één kant vast): de lijnen hangen in de lucht, support nodig; beter: een afschuining van 45° eronder.

32.4 Van volume naar filament

Oefenen · 2 · Rekenen · 12 min

Een etiketplaatje van 60 × 20 × 3 mm met twee gaten van Ø 3,5 mm wordt massief geprint in PLA ($\rho = 1{,}24\,\mathrm{g/cm^3}$, filament Ø 1,75 mm, doorsnede 2,405 mm²).

a Bereken het volume in mm³ en in cm³.

✓ Plaat $60 \times 20 \times 3 = 3600\,\mathrm{mm^3}$; twee gaten $2 \times \pi \times 1{,}75^2 \times 3 \approx 58\,\mathrm{mm^3}$. $V \approx 3542\,\mathrm{mm^3} \approx 3{,}54\,\mathrm{cm^3}$.

b Bereken de massa.

✓ $m = 1{,}24 \times 3{,}54 \approx 4{,}4\,\mathrm{g}$.

c Hoeveel meter filament is dat?

✓ $L = 3542 / 2{,}405 \approx 1473\,\mathrm{mm} \approx 1{,}5\,\mathrm{m}$.

d Hoeveel plaatjes haal je uit een rol van 1 kg (verlies niet meegerekend)?

✓ $1000 / 4{,}4 \approx 227$ plaatjes (of: $335 / 1{,}47 \approx 228$).

32.5 Lagen tellen

Oefenen · 2 · Rekenen · 10 min

De hoeksteun uit hoofdstuk 31 is 50 mm hoog. Met lagen van 0,2 mm duurt de print 50 minuten.

a Hoeveel lagen bij 0,1, 0,2 en 0,3 mm?

✓ $50/0{,}1 = 500$; $50/0{,}2 = 250$; $50/0{,}3 \approx 167$ lagen.

b Schat de printtijd bij 0,1 en 0,3 mm.

✓ De tijd is ongeveer omgekeerd evenredig met de laaghoogte: bij 0,1 mm ongeveer $2 \times 50 = 100$ min, bij 0,3 mm ongeveer $50 \times 0{,}2/0{,}3 \approx 33$ min.

c Kan je met een spuitmond van 0,4 mm ook lagen van 0,5 mm printen? Waarom niet?

✓ Nee: een laag mag hoogstens ongeveer drie kwart van de spuitmond dik zijn (0,3 mm). Een dikkere laag wordt niet goed op de vorige gedrukt en kleeft slecht.

Toepassen

meerdere stappen, in een context

32.6 Een bouwplan voor een slangklem

Toepassen · 3 · Ontwerpen · 30 min

De druppelslang van de meetkas (binnendiameter 8,0 mm, buitendiameter gemeten 10,0 mm) moet langs de rand van het tafelblad lopen (18 mm dik). Je ontwerpt een klem die over de tafelrand schuift en de slang vasthoudt. Je printer maakt gaten en sleuven 0,2 mm kleiner dan getekend.

a Maak een schets van je klem met de belangrijkste maten.

✓ Bijvoorbeeld: een U-vormige klem over de tafelrand (sleuf 18 mm breed, 15 mm diep) met eronder een blok met een rond gat voor de slang en een smalle opening om ze erin te klikken.

b Schrijf het bouwplan in CAD: welke vormen en gaten, met maten en plaats.

Bijvoorbeeld, voor een klem van 15 mm breed: (1) doos 18 diep × 24,6 hoog: het klemblok; (2) doos als gat 15 diep × 18,6 hoog, midden in de hoogte en open aan de voorkant: de sleuf voor de tafelrand (boven en onder blijft 3 mm); (3) cilinder Ø 16 onderaan tegen het klemblok, met de as langs de tafelrand: de houder; (4) cilinder als gat Ø 10,6, iets langer dan de houder, op dezelfde as; (5) doos als gat 8,6 breed van de onderkant van de houder tot in het gat: de klikopening; (6) uitlijnen en groeperen.

c Welke maat teken je voor de sleuf over de tafelrand en voor het gat van de slang? Leg uit.

Sleuf 18,6 mm: 18 mm plus 0,2 mm speling per kant (18,4), plus 0,2 mm omdat de printer sleuven 0,2 mm kleiner maakt. Slanggat Ø 10,6 mm: 10,0 + 0,4 + 0,2. De klikopening 8,6 mm: kleiner dan de slang, zodat die erin klikt (de slang is zacht genoeg om even in te drukken).

d In welke richting print je de klem? Waarom?

Op zijn kant, zodat het ronde gat verticaal staat: het profiel (U + gat) ligt dan plat op het bed, alles is 'uitgetrokken' in de hoogte en er is geen overhang. Liggend zou het gat horizontaal liggen en de brug van de klem over de tafelrand in de lucht hangen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Schets	Klem over de tafelrand + houder voor de slang; maten erbij.
Bouwplan	Vormen en gaten met maten en plaats; gaten langer dan het materiaal; uitlijnen en groeperen.
Toleranties	Speling en printerafwijking verrekend en uitgelegd.
Printrichting	Zonder support, met de ronde vorm als profiel op het bed.

32.7 Printtijd en kosten van een reeks

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

De klas print twaalf etiketplaatjes, één voor elk bakje. Volgens de slicer kost één plaatje 2,6 g PLA en 11 minuten. Twaalf tegelijk op het bed kost 31 g en 1 uur 55 minuten. PLA kost € 20 per kg; de printer verbruikt ongeveer 0,12 kW tijdens het printen; stroom kost € 0,30 per kWh.

a Hoe lang duurt het als je de plaatjes één voor één print? Hoeveel tijd win je door ze samen te printen?

$12 \times 11 = 132\,\text{min} = 2\,\text{h}\,12\,\text{min}$. Samen: 1 h 55 min. Winst: 17 min, en je hoeft maar één keer te starten, op te warmen en af te nemen.

b Waarom is samen printen sneller, hoewel de printer evenveel plastic legt?

Bij elke aparte print warmen bed en spuitmond opnieuw op, en print de printer een rok en een eerste laag voor één klein stuk. Samen legt hij per laag alle plaatjes na elkaar; het opwarmen gebeurt maar één keer. (Samen: 31 g, iets minder dan 12 × 2,6 = 31,2 g.)

c Bereken de kosten van filament en elektriciteit voor de hele reeks (samen geprint).

Filament: $31 \times €0{,}02 = €0{,}62$. Elektriciteit: $0{,}12\,\text{kW} \times 1{,}92\,\text{h} \approx 0{,}23\,\text{kWh}$, $\times €0{,}30 \approx €0{,}07$. Samen ongeveer € 0,69, of ongeveer 6 cent per plaatje.

d Een klasgenoot print elk plaatje apart 'voor de zekerheid'. Welk risico heeft samen printen wel?

Loopt er iets mis (een plaatje komt los van het bed), dan kan het de andere meesleuren en is de hele reeks mislukt. Een goede eerste laag en een rand (brim) verkleinen dat risico.

32.8 Printrichting van de hoeksteun

Toepassen · 3 · Analyseren · 15 min

De hoeksteun uit hoofdstuk 31 (voet 60 × 40 × 10 mm met twee verticale gaten Ø 4,5, lip 60 × 10 × 40 mm met een horizontaal gat Ø 8) wordt in PETG geprint. De duwstang duwt via de pen in het gat van Ø

8 op de lip, tot 40 N.



Drie manieren om de hoeksteun op het bed te leggen, telkens van voren gezien. Bij C ligt de L-vorm plat op het bed; je ziet de lip als een smalle strook.

a Vul in: welke gaten liggen horizontaal (moeilijker) in elke richting?

A (voet op het bed): het gat Ø 8 in de lip ligt horizontaal; geen support nodig (klein gat, de lip staat recht). B (lip plat): de twee gaten Ø 4,5 in de voet liggen horizontaal; geen support, de voet staat rechtop. C (op de zijkant): alle drie de gaten liggen horizontaal; geen support, de L ligt als profiel plat.

b In welke richting is de hoek tussen voet en lip het sterkst? Leg uit met de lagen.

In C: elke laag bevat de volledige L-vorm, dus de lijnen lopen ononderbroken door de hoek. In A en B loopt de naad tussen twee lagen door de hoek (in A net boven de voet): buigt de lip, dan trek je die laag los.

c Welke richting kies je?

C voor de sterkte; A mag ook als de kracht vooral duwt (druk op de lagen is geen probleem). Met 40 N en een lip van 10 mm dik is C de veilige keuze.

32.9 Toleranties ontwerpen

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Je printer maakt gaten en sleuven 0,2 mm kleiner dan getekend (zie de proef). Je wil telkens 0,2 mm speling per kant.

a Welke maat teken je voor een sleuf waarin een koker van 20 × 20 mm moet schuiven?

$20 + 2 \times 0{,}2 + 0{,}2 = 20{,}6\,\text{mm}$.

b Welk gat teken je voor de pen van Ø 8 mm van de duwstang (ze moet kunnen draaien)?

$8 + 2 \times 0{,}2 + 0{,}2 = 8{,}6\,\text{mm}$ (gemeten wordt het ongeveer 8,4 mm: 0,2 mm per kant).

c Een schroef M4 moet vast in het plastic zitten zonder moer (hij tapt zelf zijn draad). Teken je het gat groter of kleiner dan 4 mm? Welke maat zou je testen?

Kleiner: de schroef moet zijn draad in het plastic snijden. Bijvoorbeeld 3,4 mm tekenen (geprint ± 3,2 mm), en een testplaatje met 3,2 / 3,4 / 3,6 mm printen om te voelen wat het best houdt.

32.10 Lasersnijden: de snede

Toepassen · 3 · Rekenen · 15 min

Je lasert uit multiplex van 3 mm een deksel voor het reservoir: een vierkant van 100 × 100 mm met in het midden een vierkant gat van 30 × 30 mm voor de slang. De snede is 0,15 mm.

a Hoe groot wordt het deksel echt, en hoe groot het gat?

De laser brandt aan elke rand een halve snede (0,075 mm) weg. Deksel: $100 - 0{,}15 = 99{,}85\,\text{mm}$. Gat: $30 + 0{,}15 = 30{,}15\,\text{mm}$.

b Je lasert ook een vierkant plugje van 30 × 30 mm om het gat te sluiten. Past het? Hoeveel speling is er?

Plug: $30 - 0{,}15 = 29{,}85\,\text{mm}$ in een gat van 30,15 mm: $0{,}30\,\text{mm}$ speling in totaal (0,15 per kant). Het past, maar valt eruit.

c Hoe pas je de tekening aan zodat het plugje klemt?

Teken het plugje een snede groter (30,15 mm): dan wordt het 30,00 mm, en met het gat van 30,15 mm is de speling nog 0,15 mm. Voor klemmen teken je het nog iets groter, bijvoorbeeld 30,30 mm, en test je. Veel lasersoftware kan dat ook automatisch (snedecompensatie).

32.11 Labo: test je printer

Toepassen · 3 · Labo · 60 min

Voer de proef 'Hoe nauwkeurig is onze printer?' uit met je eigen printer en filament.

a Teken en print het testplaatje. Noteer je slicerinstellingen.

Bijvoorbeeld: PLA, 0,2 mm lagen, 2 wanden, 20 % vulling, 210 °C.

b Meet en noteer.

Typisch 0,1 tot 0,3 mm kleiner, voor elke maat ongeveer evenveel.

c Teken de grafiek: gemeten tegen CAD, met de lijn 'gemeten = CAD'.

Rechte door de oorsprong met helling 1 (gestippeld), de punten evenwijdig eronder.

d Welke afwijking heeft jouw printer? Welk gat teken je voor een pen van 5,00 mm die moet schuiven?

Bijvoorbeeld 0,2 mm kleiner: voor een schuivende pen van 5,00 mm teken je ongeveer 5,4 mm (0,2 mm afwijking + 0,2 mm speling). Bij een afwijking van 0,1 mm is dat 5,3 mm.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Testplaatje	Vijf gaten met stappen van 0,2 mm, 64 zijden, plat geprint; instellingen genoteerd.
Metingen	Drie metingen per gat in verschillende richtingen, gemiddelde tot op 0,01 mm.
Grafiek	Assen met eenheid, de lijn gemeten = CAD, de punten eronder.
Besluit	Afwijking als getal; ontwerpregel voor een schuivende passing.

32.12 Welke maakmethode?

Toepassen · 2 · Begrijpen · 12 min

Kies voor elk voorwerp een maakmethode: 3D-printen, lasersnijden, zagen en boren, vacuümvormen of spuitgieten.

(a) Een vervangknop voor een oude radio, met een ribbeltje. (b) 30 gelijke naambordjes van acryl. (c) Een aluminium profiel van 1,20 m op lengte. (d) 10 000 flessendoppen. (e) Een doorzichtig kapje over een sensor, dunwandig, in 20 stuks.

(a) 3D-printen: één stuk, een 3D-vorm met details. (b) lasersnijden: vlak, veel gelijke stuks, graveren kan. (c) zagen (en vijlen): metaal, eenvoudige snede. (d) spuitgieten: enorme aantallen, de dure mal verdient zich terug. (e) vacuümvormen: een dunne, doorzichtige plaat over één mal trekken, snel in kleine reeksen.

32.13 Habitat: een houder voor de bodemvochtsensor

Uitdagen · 4 · Habitat · 90 min

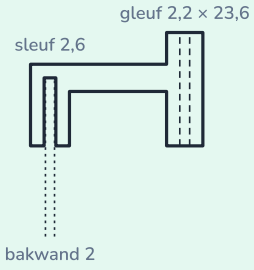
De capacitieve bodemvochtsensor van de meetkas (hoofdstuk 25) is een printplaat van 98 × 23 × 1,6 mm. De bovenste 25 mm, met de elektronica, mag niet in de grond en niet nat worden. Voor een eerlijke meting moet de sensor in elk bakje **even diep** en **rechtop** zitten (hoofdstuk 2). De plantenbak heeft een wand van 2 mm (hoofdstuk 31) en wordt 10 cm hoog met potgrond gevuld (de bak is 12 cm hoog). Je printer maakt gaten en sleuven 0,2 mm kleiner.

a Schrijf een klein PvE voor de houder: minstens drie moet-eisen en twee wensen, meetbaar.

Bijvoorbeeld: moet: de sensor zit in elk bakje even diep (± 2 mm); de bovenste 25 mm blijven boven de grond; de klem past op een wand van 2 mm en valt niet af als je aan de kabel trekt met 2 N; printbaar zonder support. Wens: hoogstens 5 g PLA; de sensor schuift erin en eruit zonder gereedschap.

b Schets je ontwerp (vooraanzicht en zijaanzicht), met de maten.

Bijvoorbeeld: een omgekeerde U over de bakrand (sleuf 2,6 mm breed, 15 mm diep) en daarnaast een blok met een gleuf voor de printplaat (1,6 × 23 mm plus speling). De sensor schuift in de gleuf tot haar bredere bovenkant op het blok rust (de stekker bovenaan de printplaat is de aanslag). Zie de figuur.



c Schrijf het bouwplan in CAD (vormen, gaten, maten, plaats) en verklaar elke passende maat.

Bijvoorbeeld (x naar de binnenkant van de bak, y langs de wand, z omhoog): (1) doos 8,6 × 10 × 18: de klem; (2) doos als gat 2,6 × 12 × 15, van onderen, 3 mm van de buitenkant: de sleuf voor de bakwand (2 + 2 × 0,2 speling + 0,2 printerafwijking); (3) doos 21,4 × 10 × 6 bovenaan tegen de klem: de brug; (4) doos 8 × 28 × 25 aan het eind van de brug: het sensorblok; (5) doos als gat 2,2 × 23,6 × 27 door het blok: de gleuf voor de printplaat (1,6 + 0,4 + 0,2 bij 23 + 0,4 + 0,2); (6) uitlijnen en groeperen. De diepte: de bovenkant van het blok ligt 10 mm boven de bakrand, dus 130 mm boven de bodem. De printplaat (98 mm) hangt dan tot 32 mm boven de bodem: 68 mm in de grond, en de elektronica (de bovenste 25 mm) begint op 105 mm, 5 mm boven de grond (10 cm).

d Kies de printrichting en bereken ruw de massa (massief volume × 60 %, PLA).

Op zijn kant, met het profiel uit de figuur plat op het bed: de sleuf en de gleuf staan dan verticaal en de brug rust op het bed. Rechtop gezet (z omhoog) zou de brug 12 mm in de lucht hangen. Massief volume: klem $8{,}6 \times 18 \times 10 - 2{,}6 \times 15 \times 10 = 1158$, brug $21{,}4 \times 6 \times 10 = 1284$, blok $8 \times 25 \times 28 - 2{,}2 \times 23{,}6 \times 25 = 4302$: samen $6744\,\text{mm}^3 \approx 6{,}7\,\text{cm}^3$. Met 60 %: $4{,}0\,\text{cm}^3$, maal 1,24: ongeveer 5,0 g PLA.

e Print, test in een bak en noteer wat je verbetert. Portfolio: bewaar het ontwerp als SH-2.

Typische verbeteringen: de klem zat te los (sleuf kleiner) of brak bij het openbuigen (dikker maken of een ronding in de hoek); de gleuf was te krap voor de printplaat met haar onderdelen (breder). Definitief in licht PETG.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

PvE	Meetbare eisen: diepte vast, elektronica boven de grond, past op een wand van 2 mm, printbaar zonder support.
Ontwerp	Schets met maten; klem en sensorgleuf passen bij 2 mm en 1,6 × 23 mm, met speling en printerafwijking.
Bouwplan	Volledig en in de juiste volgorde; gaten langer dan het materiaal.
Printen en rekenen	Printrichting zonder support gemotiveerd; massa berekend.
Testen	In een echte bak getest; verbetering beschreven; SH-2 in het portfolio.

32.14 Ontwerp: zonder support

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 30 min

Een leerling ontwierp een kapje dat boven de lichtsensor (LDR) komt: een blok van 20 × 20 × 10 mm met bovenaan een horizontale rand van 5 mm breed rondom (een 'hoedje' van 30 × 30 × 2 mm), zodat regendruppels niet op de sensor lopen. Ze wil het in één stuk printen, met het blok op het bed.

a Waarom lukt dat niet zonder support?

De rand steekt 5 mm horizontaal uit boven het blok: een overhang van 90°, de lijnen hangen in de lucht.

b Bedenk twee manieren om het kapje zonder support te printen. Schets ze.

(1) Ondersteboven printen: het 'hoedje' (30 × 30) plat op het bed, het blok erop: geen overhang meer. (2) De rand onder 45° maken: een afgeschuinde kraag die van het blok schuin naar buiten loopt, als een dakje; dat print zonder support met het blok op het bed. (3) Twee delen printen en in elkaar klikken.

c Welke kies je, en wat verandert er voor de werking?

Bijvoorbeeld (1): de vorm blijft precies zoals bedoeld en print zonder support, alleen omgekeerd. Of (2): een schuin dakje laat regen zelfs beter aflopen dan een vlakke rand.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Diagnose	Horizontale overhang van 5 mm aan alle kanten herkend.
Oplossingen	Twee echt verschillende oplossingen, geschetst: vorm of printrichting.
Keuze	Gemotiveerd met werking én printbaarheid.

32.15 Analyse: vulling en sterkte

Uitdagen · 4 · Analyseren · 25 min

Een klas printte een haakje met 2 wanden bij vier vullingen en trok elk haakje kapot met een veerunster (drie haakjes per vulling, gemiddelde).

vulling	breekkracht (N)	massa (g)	printtijd (min)
10 %	180	6,1	24
20 %	210	6,8	27
40 %	260	8,2	33
100 %	330	12,4	51

a Bereken voor elke vulling de breekkracht per gram. Welke vulling geeft de meeste sterkte per gram?

10 %: $180/6{,}1 \approx 29{,}5$; 20 %: $210/6{,}8 \approx 30{,}9$; 40 %: $260/8{,}2 \approx 31{,}7$; 100 %: $330/12{,}4 \approx 26{,}6\,\mathrm{N/g}$. De 40 % geeft net de meeste sterkte per gram; 20 % is bijna even goed.

b Van 40 naar 100 %: hoeveel procent sterker, en hoeveel procent meer materiaal en tijd?

Sterkte: $330/260 \approx 1{,}27$: 27 % sterker. Massa: $12{,}4/8{,}2 \approx 1{,}51$: 51 % meer. Tijd: $51/33 \approx 1{,}55$: 55 % meer.

c Het haakje moet een tas van 8 kg (78 N) dragen, met veiligheidsfactor 2. Welke vulling kies je?

Nodig: $2 \times 78 = 156\,\text{N}$. Al 10 % haalt dat (180 N), maar met weinig reserve; 20 % (210 N) is een goede keuze. Meer vulling is verspilling.

d Een klasgenoot zegt: 'Een derde wand zou meer helpen dan 40 % vulling.' Hoe zou je dat testen?

Een eerlijke proef (hoofdstuk 2): haakjes met 2 wanden en 40 % vulling tegenover 3 wanden en 20 % vulling, verder alles gelijk (filament, printrichting, laaghoogte), telkens drie of meer, en breekkracht en massa vergelijken.

32.16 Debat: een 3D-printer in elke klas?

Uitdagen · 3 · Argumenteren · 20 min

Stelling: *'Elke klas zou een eigen 3D-printer moeten hebben.'*

a Geef twee argumenten voor en twee tegen. Gebruik minstens één getal uit dit hoofdstuk.

Voor: je test ideeën snel (een sensorhouder in 20 minuten, voor 8 cent); je leert ontwerpen met echte gevolgen; reserveonderdelen maak je zelf (zoals op het ISS). Tegen: een printer is traag, zodat er wachtrijen komen; mislukte prints en supports geven plastic afval; wie zonder na te denken print, verspilt materiaal; veiligheid (hete spuitmond, dampen) vraagt toezicht.

b Onder welke voorwaarden zou je de stelling steunen?

Bijvoorbeeld: eerst schetsen en een testplan (hoofdstuk 30), prints in PLA of gerecycleerd filament, mislukte prints en supports apart inzamelen, een leerling die de printer beheert, en een verluchte plaats.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Argumenten	Twee echte argumenten per kant, met minstens één getal (massa, tijd, kost).
Duurzaamheid	Denkt aan mislukte prints, supports en afval, en aan wat het vervangt.
Voorwaarden	Concrete, haalbare afspraken.

F FUNDAMENTAL · DEEL F9 · HABITAT F: DE MEETKAS

OPLOSSINGEN · HOOFDSTUK 33

Integratieproject: de meetkas

Van programma van eisen tot presentatie: je team bouwt, programmeert, test en presenteert de eerste module van Habitat

Uitgewerkte oplossingen bij de 28 opdrachten van het werkboek. Voor de leerkracht, en voor wie zichzelf wil verbeteren nadat hij het eerst zelf probeerde.

8× oefenen · 14× toepassen · 6× uitdagen · ± 1407 min

D Ontwerpen en maken · O Onderzoeken en meten · L Elektriciteit en elektronica · P Programmeren en computationeel denken · B Leven en systemen · E Energie



De meetkas af: ze meet, geeft water, verlucht en draait op de zon. De eerste module van Habitat werkt.

Voor de leerkracht

Deze pagina bevat de antwoorden. Druk het werkboek af zonder deze pagina.

●○○ Oefenen

één stap, direct toepassen

33.1 Welk hoofdstuk, welk onderdeel?

●○○ Oefenen · 2 · Begrijpen · 15 min

Elk onderdeel van de meetkas kreeg in een ander hoofdstuk zijn maat of zijn werking. Gebruik het ontleedblad en het verbandblad van het handboek.

a Vul de tabel aan.

✓ 1,20 × 0,60 × 0,80 m (hoofdstuk 3); 0,40 A (hoofdstuk 19 en 20); 30 %, ruwe waarde 510 (hoofdstuk 25); 20 cm (hoofdstuk 12); 50 Wp (hoofdstuk 17); HAB-F31-02 (hoofdstuk 31); voor C A D B A C, achter B D A C D B (hoofdstuk 27); SH-1 (hoofdstuk 32).

b Uit welk deel van Fundamental (F1 tot F8) komen de meeste onderdelen? Is dat logisch voor een meetkas?

✓ Bijvoorbeeld F5 en F6 (elektriciteit en programmeren): een kas die zichzelf verzorgt, heeft een kring, sensoren en een programma nodig. Maar elk deel is onmisbaar: zonder F3 staat de kas niet recht, zonder F4 is er geen energie, zonder F7 is er geen groeiproef en zonder F8 geen plan.

33.2 Habitat: rollen en afspraken

Oefenen · 2 · Habitat · 25 min

Een project van tien weken lukt alleen als iedereen weet wat hij doet en wat er afgesproken is. Gebruik de rollen uit het handboek (fase 1).

a Verdeel de rollen.

Bijvoorbeeld: projectleider Noor (tweede: Lina), bouwer Sem (Arne), elektronicus-programmeur Arne (Sem), onderzoeker Lina (Noor). Eerste taken: de planning maken; de stuklijst nakijken; het pinplan en de code van hoofdstuk 25 opzoeken; per eis een toets voorbereiden.

b Schrijf drie teamafspraken: hoe beslissen jullie, wat gebeurt er als iemand afwezig is, en wanneer vullen jullie het logboek in?

Bijvoorbeeld: (1) we beslissen samen; bij twijfel beslist wie voor die rol verantwoordelijk is, en die schrijft het met de reden in het logboek. (2) Wie afwezig is, leest het logboek; de tweede verantwoordelijke neemt over. (3) De laatste vijf minuten van elke les vullen we samen het logboek in: wie, wat, probleem, volgende stap.

c Welke rol past het best bij jou, en in welke rol wil je iets bijleren? Waarom?

Persoonlijk antwoord. Waar de leraar op let: een reden die verwijst naar eigen sterktes of eerdere hoofdstukken, en een concreet leerdoel (bv. 'ik wil leren solderen zonder koude lassen').

33.3 Van eis naar test

Oefenen · 2 · Begrijpen · 15 min

Een eis is pas nuttig als iemand anders kan nagaan of ze gehaald is (hoofdstuk 30). Kies voor elke eis een toets en een criterium.

a Vul de tabel aan.

K5: duwstang losmaken, veerunster aan de voorrand, langzaam optillen; hoogstens 10 N; fase 7 (of 3). W2: bruikbaar volume meten met een maatbeker, en het verbruik over 7 dagen; volume / verbruik ≥ 14 dagen; fase 3 en 7. C4: met een veerunster of een weegschaal met haak aan het anker trekken; 100 N zonder dat het beweegt; fase 3. G5: stekker X1 een minuut uittrekken en weer insteken; het raam gaat dicht, pomp en ledstrip zijn uit; fase 5. E2: berekening 200 Wh / verbruik per winterdag; minstens 3 dagen; fase 6.

b Welke van deze eisen kan je niet in één lesuur testen? Wat doe je dan?

W2 (twee weken) en E2 (winterdagen): je rekent ze uit met gemeten waarden (volume, verbruik per dag) en controleert de berekening met een kortere meting (7 dagen, of één dag zonder zon). Zo'n eis krijgt in het testrapport 'berekend en gecontroleerd', of 'voorlopig' tot de echte test.

33.4 Wat kost de kas?

Oefenen · 2 · Rekenen · 15 min

Gebruik de stuklijst met richtprijzen in het handboek (fase 2).

a Tel de richtprijzen op van de elektriciteit (pos. 16 tot 20) en van de besturing (pos. 21 tot 24).

Elektriciteit: $15 + 35 + 30 + 15 + 12 = 107$ euro. Besturing: $25 + 8 + 5 + 8 = 46$ euro.

b Hoeveel procent van de totale waarde (€ 556) gaat naar de constructie (€ 282)?

$282 / 556 = 0{,}507$, dus ongeveer 51 %.

c De school heeft pos. 6, 8, 15, 18, 20, 21, 22 en 24 al. Hoeveel moet het team nog kopen? Haalt het de wens G4 (hoogstens € 400)?

De school heeft $60 + 1 + 24 + 30 + 12 + 25 + 8 + 8 = 168$ euro aan materiaal. Te kopen: $556 - 168 = 388$ euro. Dat is minder dan 400: de wens is gehaald, met 12 euro speling.

d Het zonnepaneel, de laadregelaar, de batterij en de kast (€ 190) tellen niet mee voor G4. Waarom zou dat zo afgesproken zijn?

De keuze tussen stroom van het net en zonnestroom staat los van de kas zelf: met alleen de adapter (€ 12) werkt de kas ook. De zonnekast is een aparte investering die de school later voor andere projecten kan gebruiken.

33.5 Stroom per tak

Oefenen · 2 · Rekenen · 15 min

De 12 V-kant van de kas heeft vier takken (aansluitschema in het handboek). De ledstrip bestaat uit twee helften van 60 Ω, parallel.

a Bereken de stroom door één helft van de ledstrip en door de hele ledstrip.

Eén helft: $I = U/R = 12/60 = 0{,}20\ \text{A}$. Parallel tellen de stromen op: $0{,}40\ \text{A}$ (hoofdstuk 20).

b Vul de tabel aan.

Ledstrip 0,40 A → 0,5 A. Pompje 0,65 A → 1 A (ruimte voor de aanloopstroom). Duwstang ±0,5 A → 1 A (een motor trekt meer bij het aanlopen en aan het einde van de slag). Omvormer 0,15 A → 0,25 A. Samen 1,70 A → hoofdzekering 2 A: boven de som, en niet meer dan de adapter kan leveren.

c Het programma laat het pompje en de duwstang nooit samen draaien. Hoe groot is de grootste stroom dan echt?

Met het pompje (het grootste van de twee): $0{,}40 + 0{,}65 + 0{,}15 = 1{,}20\ \text{A}$.

33.6 Habitat: het pinplan

Oefenen · 2 · Habitat · 15 min

Het pinplan is de afspraak tussen de schakeling en de code. Het staat in hoofdstuk 24 en 25, in het handboek (fase 5) en bovenaan het programma.

a Vul het pinplan in.

A0 bodemvochtsensor, ingang, geen 12 V. A1 TMP36, ingang, geen. A2 LDR met 10 kΩ, ingang, geen. D2 knop, ingang (INPUT_PULLUP), geen. D3 vlotter B2, ingang (INPUT_PULLUP), geen. D4 relais K3 (duwstang uit), uitgang: de spoel werkt op 5 V, het contact zit in de 12 V-kant. D6 relais K2 (pompje) en D7 relais K1 (ledstrip): idem. D10 rode led, uitgang, geen 12 V.

b Waarom mag vlotter B1 van de pompkring niet ook op D3?

B1 zit in de 12 V-kring van het pompje: aan één kant van het contact staat 12 V. Verbind je dat contact ook met D3, dan komt er 12 V op een pin die hoogstens 5 V verdraagt, en de Arduino is stuk. Daarom twee vlotters, of één vlotter met twee aparte contacten.

33.7 Wat doet het programma?

Oefenen · 2 · Programmeren · 20 min

Zes losse situaties. Bij elke situatie staat de toestand vóór de meting en wat de sensoren meten. Reken om zoals het programma: $T = (\text{ruw} \cdot 5/1023 - 0{,}5) \cdot 100 - 1{,}5$ en vocht = map(ruw, 600, 300, 0, 100), waarbij map() alles na de komma weglaat.

a Vul de tabel aan.

T = 29,6 °C, vocht = 33 %: raam open (K3, 15 s). Daarna: raam open, wacht 0, mislukt 0.
T = 25,7 °C, vocht = 26 %: pomp 30 s (K2). Daarna: raam open, wacht 15, mislukt 1.
T = 23,8 °C, vocht = 23 %: raam dicht (K4, 15 s). Daarna: raam dicht, wacht 5, mislukt 1.

T = 21,8 °C, vocht = 25 %: pomp 30 s (K2). Daarna: raam dicht, wacht 15, mislukt 3. T = 21,8 °C, vocht = −13 %: rood knippert. Daarna: raam dicht, wacht 0, mislukt 0. T = 21,8 °C, vocht = 26 %: rood knippert. Daarna: raam dicht, wacht 0, mislukt 0.

b In welke situaties gaat het rode lampje knipperen, en waarom?

In (4): na de derde beurt is mislukt 3; zodra wacht weer 0 is en het vocht nog altijd onder 30 % zit, knippert het (en tot dan brandt rood continu, want de grond is droog). In (5): ruw 640 is een onmogelijke waarde (vocht −13 %): sensor uit de grond. In (6): de vlotter meldt dat het reservoir leeg is. In (5) en (6) pompt het programma niet.

33.8 Habitat: symptoom en oorzaak

Oefenen · 2 · Habitat · 12 min

Koppel elk symptoom aan de meest waarschijnlijke oorzaak, zonder de foutzoektabel. Oorzaken: **A** de temperatuursensor hangt in de zon, zonder houder; **B** T_OPEN en T_DICHT zijn allebei 28; **C** de vochtsensor steekt in een ander bakje dan waar de druppelaar water geeft; **D** zekering F1 of F4 is doorgebrand; **E** het paneel is te klein voor het verbruik, of beschaduwd; **F** de vochtsensor is uit de grond getrokken.

a Koppel symptoom en oorzaak.

✓ 1-B, 2-C, 3-F, 4-E, 5-A, 6-D.

b Kies één symptoom en beschrijf de test waarmee je de oorzaak bevestigt.

✓ Bijvoorbeeld symptoom 5: hang de referentiethermometer naast de TMP36, allebei in de schaduw. Klopt het dan binnen 1 °C, dan was de zon de oorzaak. Oplossing: de sensor in de SH-1 met haar dakje (hoofdstuk 32).

Toepassen

meerdere stappen, in een context

33.9 Fase 1: jullie programma van eisen, versie 2

Toepassen · 3 · Habitat · 50 min

Neem het programma van eisen van hoofdstuk 30 (versie 1) uit je portfolio. Herbekijk het met je team, eis per eis, met de drie vragen uit het handboek.

a Werk de eisen uit die jullie aanpassen of die een toets nodig hebben (gebruik extra blad voor de rest).

✓ Zie het testrapport van het voorbeeldteam in het handboek. Voorbeeld van één rij: 'K2 · ja · sensor met de hand opwarmen en met een ijszakje afkoelen; raam open tussen 27,5 en 28,5 °C, dicht tussen 24,5 en 25,5 °C · fase 5 · Arne'.

b Welke eisen passen jullie aan, en waarom?

✓ Bijvoorbeeld C1 (ontwerpwaarde: middensteun), C5 ('leeg' = zonder tafel) en E1-E3 (verbruik met de relaisspoelen).

c Formuleer minstens één nieuwe eis die pas opduikt als je alles samenzet. Maak ze meetbaar: grootheid, grens met eenheid, toets.

✓ Bijvoorbeeld G5 (na een stroomuitval herstart de besturing met het raam dicht) of W7 (een onmogelijke waarde van de vochtsensor geeft geen beurt maar een alarm). Nog een goed voorbeeld: 'K9: bij een onmogelijke temperatuur (onder −20 of boven 60 °C) blijft het raam staan waar het staat; toets: TMP36 losmaken'.

d Hoeveel eisen telt jullie versie 2, en hoeveel daarvan zijn moet-eisen?

✓ Bij het voorbeeldteam: 34 + 2 = 36 eisen, waarvan 26 + 2 = 28 moet-eisen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Volledigheid	Alle 34 eisen van versie 1 overlopen; per eis een toets, een criterium en een moment.
Aanpassingen	Onderbouwd met wat later berekend of beslist werd (bv. C1 middensteun, C5 tafel apart, E1-E3 met relais).
Nieuwe eis	Meetbaar, zonder oplossing in de eis, met toets; komt echt uit het samenzetten.
Planning	Elke moet-eis heeft een fase en een verantwoordelijke.

33.10 Fase 1: de planning en het logboek

Toepassen · 3 · Habitat · 40 min

Tien weken van drie lestijden. Maak jullie eigen planning; de planning van het voorbeeldteam mag het vertrekpunt zijn, maar pas ze aan jullie school aan (vakanties, toetsen, uitstappen). Kleur per fase de weken in.

a Het Gantt-diagram.

Zie het Gantt-diagram van het voorbeeldteam in het handboek. Waar de leraar op let: de groeiproef start pas als de kas staat en water kan geven (of met water met de hand), en de testweek komt voor de oogst.

b Duid vijf mijlpalen aan met een ruitje en schrijf erbij wat er dan af moet zijn.

Bijvoorbeeld: PvE v2 (week 1), bestellijst (week 2), de kas staat (week 4), keuring van de kring (week 5), code werkt in de kas (week 6), een week alleen (week 7), oogst (week 9), presentatie (week 10).

c Welke taken liggen op het kritieke pad? Waar plannen jullie een buffer?

Frame → wanden → kring in de kas → keuring → besturing → testweek. De groeiproef hangt aan de kas en de bewatering. Buffer: week 8.

d De eerste drie regels van jullie logboek.

Bijvoorbeeld: 'week 1, ma · Noor · planning gemaakt · de stageweek van week 6 valt weg: fase 6 schuift naar week 7 · leraar laten goedkeuren'.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Planning	Alle fasen in een logische volgorde; parallel waar het kan; de groeiproef krijgt vijf weken in een werkende kas.
Mijlpalen	Minstens vijf, elk met wat er dan af en getoetst moet zijn.
Kritiek pad	Afhankelijkheden benoemd (frame → wanden, keuring → besturing in de kas, pomp → testweek) en een buffer.
Logboek	Wie, wat, probleem of beslissing, volgende stap; concreet, niet 'we hebben gewerkt'.

33.11 Fase 2: de samenstellingstekening

Toepassen · 3 · Tekenen · 50 min

Teken de meetkas zoals HAB-F33-01 in het handboek, maar met de keuzes van jullie team (bijvoorbeeld de plaats van de elektronicakast).

a Teken op schaal 1:20 het vooraanzicht, het bovenaanzicht en het linkerzijaanzicht, in Europese projectie.

Vooraanzicht 62 × 42 mm, bovenaanzicht 62 × 32 mm, zijaanzicht 32 × 42 mm (1240, 640 en 840 mm gedeeld door 20). Zie HAB-F33-01 in het handboek.

b Breng de hoofdmaten aan (buitenmaten, binnenlengte, tafelhoogte, dakraam) en teken het titelblok.

Buitenmaten 1240, 640 en 840; binnenlengte 1200; tafelhoogte 300; dakraam 620 (van het midden tot de buitenkant van het frame). Titelblok: 'meetkas, samenstelling', HAB-F33-01, 1:20.

c Maak de tekeningenlijst.

HAB-F33-01 samenstelling; HAB-F31-01 hoeksteun; HAB-F31-02 plantenbak; HAB-F31-03 plantentafel; SH-1 en SH-2 (hoofdstuk 32); aansluitschema 12 V en 5 V (hoofdstuk 33).

d Controleer drie interfaces met je tekening: past de tafel in de kas, past het reservoir onder de tafel, is het dakraam de helft van het dak?

Tafel 1180 in 1200 mm: 10 mm speling per kant. Reservoir 420 × 320 × 260 mm in 543 × 562 × 282 mm tussen twee steunen (hoofdstuk 31). Dakraam 600 = $1200/2$.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Aanzichten	Drie aanzichten op de juiste plaats (bovenaanzicht onder, linkerzijaanzicht rechts), uitgelijnd.
Lijnen	Frame met dikke lijnen, wat je door de platen ziet dunner, het open dakraam gestreept.
Maten en titelblok	Alleen hoofdmaten, juist op 1:20; titelblok met benaming, nummer, schaal en projectiesymbool.
Controle	De drie interfaces nagerekend met getallen.

33.12 Fase 3: bouwen en de stijfheidstest

Toepassen · 3 · Maken · 150 min

Bouw de kas in de volgorde van het handboek. Test daarna eis C2 zoals in de proef van fase 3.

a Bereken de verwachte lengte van de diagonaal van de achterwand (1,20 × 0,80 m) en van een zijwand (0,60 × 0,80 m).

Achterwand: $\sqrt{1{,}20^2 + 0{,}80^2} = \sqrt{2{,}08} \approx 1{,}44\,\text{m}$. Zijwand: $\sqrt{0{,}36 + 0{,}64} = 1{,}00\,\text{m}$ (hoofdstuk 13).

b Meet na elke stap de twee diagonalen van het vlak dat je monteerde.

De twee diagonalen van een vlak moeten even lang zijn (binnen ±2 mm); dan is het vlak haaks. Verschillen ze meer, dan span je de kabel langs de lange diagonaal wat meer aan, of je stelt de verbindingen bij.

c Stijfheidstest C2: verschuiving van de bovenhoek.

Voorbeeldmetingen: zonder diagonalen 6, 13 en 19 mm bij 10, 20 en 30 N (gestopt); met kabels 0,6 / 1,2 / 1,9 / 2,5 / 3,1 mm bij 10 tot 50 N.

d Zet je metingen in een grafiek. Haalt je frame eis C2?

Twee rechte lijnen door de oorsprong; met kabels ongeveer tien keer minder steil. 3,1 mm bij 50 N is minder dan 5 mm: C2 gehaald.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Veilig en in volgorde	Checklist gebruikt, elke snede ontbraamd, bouwvolgorde van het handboek.
Maatvastheid	Diagonalen per vlak gemeten; bijgesteld tot het verschil hoogstens een paar millimeter is.
Stijfheidstest	Kracht in stappen, verschuiving tegen een vaste referentie, zonder en met diagonalen.
Besluit	Grafiek met grootheden en eenheden; C2 getoetst aan het criterium; verklaring met driehoeken.

33.13 Fase 3: massa en kantelen

Toepassen · 3 · Habitat · 30 min

Het rekenmodel van hoofdstuk 13 geeft de massa en de hoogte van het zwaartepunt van elk deel van de volle kas:

deel	massa (kg)	hoogte (m)
water (20 cm)	24,0	0,10
potgrond (vochtig)	43,0	0,35
tafelblad	8,4	0,291
bakjes (12)	3,6	0,36
frame	3,1	0,40

deel	massa (kg)	hoogte (m)
wanden en dak	2,9	0,48
planten	1,2	0,45
lucht	0,69	0,40

a Bereken de totale massa en de hoogte van het zwaartepunt: tel van elk deel massa × hoogte op, en deel door de totale massa.

✓ Massa: $24 + 43 + 8{,}4 + 3{,}6 + 3{,}1 + 2{,}9 + 1{,}2 + 0{,}69 = 86{,}89\,\text{kg}$. Massa × hoogte: $2{,}40 + 15{,}05 + 2{,}44 + 1{,}30 + 1{,}24 + 1{,}39 + 0{,}54 + 0{,}28 \approx 24{,}64\,\text{kg}\cdot\text{m}$. Zwaartepunt: $24{,}64/86{,}89 \approx 0{,}28\,\text{m}$.

b Teken het zijaanzicht (0,60 m breed) op schaal met het zwaartepunt in het midden, op de berekende hoogte. Meet met een gradenboog hoe ver je de kas kan kantelen tot het zwaartepunt recht boven de onderrand staat.

✓ Ongeveer 47°: kantel de tekening tot de verticale lijn door het zwaartepunt door de onderrand gaat. De halve breedte (0,30 m) is groter dan de hoogte van het zwaartepunt (0,28 m), dus de hoek is iets meer dan 45°.

c Tel ook de drie steunen (5,8 kg op 0,14 m) en de achterregel (0,8 kg op 0,25 m) mee. Wordt de kas stabieler of minder stabiel? Leg uit zonder te rekenen.

✓ Stabieler: de extra massa zit onder het oude zwaartepunt en trekt het omlaag (naar 0,27 m). Hoe lager het zwaartepunt, hoe verder je kan kantelen (±48°).

d Twee leerlingen willen de lege kas verplaatsen. Wat raad je aan, met eis C5 (hoogstens 25 kg)?

✓ Met de tafel erin weegt de lege kas 25,4 kg: net te zwaar. Haal de bakjes eruit en schuif de tafel eruit (15,1 kg): dan dragen twee personen de kas zelf (frame en platen ±6 kg, met de elektronica ±7 kg) en daarna de tafel. Nooit met water in het reservoir.

33.14 Fase 4: de kring bouwen en laten keuren

Toepassen · 3 · Habitat · 100 min

Bouw de 12 V-kant volgens het aansluitschema, eerst zonder de Arduino. Laat de kring keuren voor je de besturing aansluit.

a Vul de risicotabel aan voor jullie werkplek.

✓ Zie de risicotabel van het voorbeeldteam in het handboek (fase 4). Eigen taak, bijvoorbeeld 'reservoir plaatsen': rug, uitglijden; 2 × 2 = 4; leeg plaatsen en ter plaatse vullen (O); 1 × 2 = 2.

b Meet vóór de keuring, met de multimeter op V⎓ en de zwarte pen op de min.

✓ Na F1 en aan de ingang van de omvormer dezelfde spanning (12 à 13,5 V met de batterij, ±12 V met de adapter); uitgang omvormer 5,0 V; over de ledstrip dezelfde spanning als na F1; over het pompje 0 V, want K2 is open. Wijkt een meting af: eerst de oorzaak zoeken, dan pas verder.

c Keuring: vink elk punt van de keuringslijst uit het handboek af en laat de leraar tekenen.

✓ Alle zes punten in orde, getekend door de leraar. Waar de leraar op let: geen enkele blanke draad, B1 en B2 gescheiden, F6 bij de pool.

d Wat deed je team als een punt niet in orde was? Schrijf het ook in het logboek.

✓ Bijvoorbeeld: 'F2 ontbrak: geplaatst, opnieuw gekeurd, in orde.' Waar de leraar op let: een fout wordt hersteld én opnieuw gekeurd, en staat in het logboek.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Kring	Volgens het schema: F1 na X1, een zekering per tak, B1 in serie met het pompje, K3/K4 als omkeerschakeling.
Veiligheid	Risicotabel met STOP-maatregelen; F6 eerst uit; adapter buiten, droog, achter 30 mA.
Metingen	Multimeter correct ingesteld; spanningen vóór de keuring gemeten en genoteerd.
Keuring	Lijst volledig; fouten hersteld en opnieuw gekeurd.

33.15 Fase 5: sensoren ijken in de kas

Toepassen · 3 · Labo · 60 min

De ijking van hoofdstuk 25 herhaal je met de echte sensoren, in de kas, aan de echte draden. Laat de Arduino de ruwe waarden naar de laptop sturen.

a. TMP36 in de SH-1 naast een referentiethermometer.

Voorbeeld: referentie 14,2 °C, ruw 134, programma 14,0 °C, verschil −0,2 °C; referentie 21,8 °C, ruw 150, programma 21,8 °C, verschil 0,0 °C; referentie 30,5 °C, ruw 168, programma 30,6 °C, verschil +0,1 °C. De stapjes van ±0,5 °C (hoofdstuk 25) bepalen het verschil.

b. Bodemvochtsensor in jullie potgrond.

Voorbeeld: droog 590, nat 310: 10 à 20 anders dan in hoofdstuk 25, want het is een andere zak potgrond. In de code: DROOG = 590, NAT = 310.

c. Bereken met jullie ijkpunten de ruwe waarde die bij 30 % hoort.

Vocht $= (590 - \text{ruw})/(590 - 310) \times 100$. Bij 30 %: $\text{ruw} = 590 - 0{,}30 \times 280 = 506$.

d. LDR: ruwe waarde bij daglicht, bij valavond, en 's avonds met de ledstrip aan.

Voorbeeld: daglicht 700 à 900, valavond ±300, donker met de ledstrip aan ±150 als de LDR bovenop het frame zit (ze ziet de ledstrip niet). Meet je 600 of meer met de ledstrip aan, dan ziet de LDR de ledstrip: verplaats ze.

e. Haalt jullie kas eis K1? Wat passen jullie aan in de code?

Verschillen van hoogstens 0,5 °C: K1 gehaald. In de code aangepast: DROOG en NAT (en DONKER en DAG als de LDR anders reageert dan 300 en 400).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Werkwijze	Sensor en referentie naast elkaar, wachten tot beide stabiel zijn, drie temperaturen.
Omrekening	T berekend met de formule uit het programma; verschil met het juiste teken.
IJkpunten	Droog en nat in dezelfde potgrond als in de bakjes; drempel juist herrekend.
Besluit	K1 getoetst; de aanpassing van de constanten in de code genoteerd.

33.16 Fase 5: het programma uploaden en stap voor stap testen

Toepassen · 3 · Habitat · 90 min

Upload het volledige programma uit het handboek, met jullie eigen ijkpunten. Test eerst met de ledjes van de relaismodule: laat de stekker van de 12 V-kant eruit, zodat pomp en duwstang niet echt bewegen. Pas als alles klopt, test je met de 12 V-kant aan.

a Het testplan. Vul 'verwacht' in vóór je test.

Verwacht: droge grond → K2 30 s aan, daarna een kwartier niets, rood continu; natte grond → geen beurt, groen; warm → K3 15 s als T boven 28 °C komt; afkoelen → K4 15 s onder 25 °C; reservoir leeg → geen beurt, rood knippert; sensor los → vocht onder 0 % in het verslag, geen beurt, rood knippert; slang los → drie beurten met een kwartier ertussen, dan knippert rood en volgen er geen beurten meer; knop → mislukt = 0 en een nieuwe beurt; stroomuitval → na het terugkomen gaat eerst het raam dicht (K4 15 s), dan werkt alles gewoon verder.

b Welke test was het moeilijkst na te bootsen? Hoe loste je dat op?

Bijvoorbeeld 'slang los': dat duurt drie kwartier. Het voorbeeldteam hing de pomp in een emmer en liet een teamlid ondertussen het verslag bijhouden.

c Vond je een fout? Beschrijf symptoom, oorzaak, oplossing en hertest.

Bijvoorbeeld: 'pomp sloeg aan in natte grond (symptoom); DROOG en NAT waren omgewisseld (oorzaak); constanten verbeterd (oplossing); natte en droge grond opnieuw getest: in orde (hertest).'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Testplan	Alle negen situaties getest; 'verwacht' vooraf ingevuld.
Veilig testen	Eerst met de relaisledjes, dan pas met pomp en duwstang.
Eerlijk	'Gezien' is wat er echt gebeurde, ook als het anders was dan verwacht.
Fouten	Elke fout met symptoom, oorzaak en oplossing in het logboek, en hertest na de verbetering.

33.17 Fase 6: het energiebudget van jullie kas

Toepassen · 3 · Habitat · 45 min

Meet de stromen van jullie kas met de multimeter in serie (hoofdstuk 19) en reken het budget na zoals in het voorbeeld van het handboek.

a Het budget.

Voorbeeld met de waarden van het handboek: 0,15 A → 1,8 W → 43,2 Wh; 0,40 A → 4,8 W → 19,2 Wh; 0,65 A → 7,8 W → 0,49 Wh; spoel 0,07 A bij 5 V → 0,35 W → 1,4 Wh aan de 5 V-kant, 1,7 Wh aan de 12 V-kant; duwstang ±0,5 A → 6 W → 0,19 Wh. Zomer ±43,9 Wh, winter ±64,6 Wh per dag.

b Vergelijk met de opbrengst van het paneel in juni (177 Wh per dag) en in december (62,5 Wh per dag). Wat besluit je?

In juni levert het paneel vier keer zoveel als nodig (177 tegenover 43,9 Wh). In december 62,5 tegenover 64,6 Wh: net te weinig. De adapter blijft reserve van november tot januari, of de kas moet zuiniger (opdracht 33.25).

c Hoeveel winterdagen houdt jullie batterij het vol, als 80 % van de capaciteit bruikbaar is?

Voorbeeld: $250 \times 0{,}8 = 200\ \text{Wh}$; $200/64{,}6 \approx 3{,}1$ winterdagen: eis E2 gehaald.

d Meet in de testweek elke dag op hetzelfde uur de batterijspanning. Wat verwacht je te zien, en wanneer schrik je?

Bij een lithiumbatterij van 12,8 V: overdag stijgt de spanning (laden), 's nachts zakt ze een beetje. Blijft ze dag na dag lager op hetzelfde uur, dan verbruikt de kas meer dan het paneel levert. Schrikken als de laadregelaar afschakelt: dan is de batterij leeg.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Metingen	Ampèremeter in serie in de juiste tak; stroom met eenheid; bereik van de meter juist.
Budget	P = U · I en E = P · t juist, tijden per dag realistisch, de 5 V-kant via het rendement van de omvormer.
Besluit	Vergeleken met juni en december; besluit over de adapter als reserve.
Batterij	Bruikbare energie gedeeld door het winterverbruik; E2 getoetst.

33.18 Fase 7: het testrapport

Toepassen · 3 · Habitat · 90 min

Voer jullie testplan uit, van de deeltests tot de testweek. De codes van de moet-eisen staan voorgedrukt; de wensen voeg je eronder toe.

a Het testrapport van de moet-eisen.

> Zie het testrapport van het voorbeeldteam in het handboek (fase 7). Waar de leraar op let: een resultaat is een meting ('3,1 mm'), geen oordeel ('stevig').

b Welke eisen zijn niet of voorlopig gehaald? Wat is de oorzaak en wat verbeteren jullie?

> Bij het voorbeeldteam: K3 en E1 voorlopig (geen zonnige aprildag, nog geen zomer); geen enkele moet-eis gefaald. Wel V3 pas na herstel (een braam weggevijld).

c Welke wensen haalden jullie? Welke zouden jullie in versie 2 schrappen of veranderen, en waarom?

> Bij het voorbeeldteam: C5 (in delen), K8, E3, G3, G4 gehaald; K7 en P2 niet. P2 veranderen ze in 'minstens 1 kg sla per teelt zonder groeiproef', omdat de proef bewust bakjes in de schaduw zet.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Volledig	Elke moet-eis getest of eerlijk als 'voorlopig' of 'berekend' gemarkeerd.
Criteria vooraf	Het criterium komt uit het PvE en werd niet achteraf aangepast aan het resultaat.
Resultaten	Gemeten waarden met eenheid, niet alleen 'ja'.
Verbeteren	Voor elke niet-gehaalde eis een oorzaak, een verbetering en een hertest (of een plan).

33.19 Fase 8: de groeiproef uitvoeren

Toepassen · 3 · Onderzoeken · 120 min

Voer het proefplan uit zoals in het handboek (fase 8). De proef loopt vijf weken; meet elke week op dezelfde dag.

a Weekmetingen.

> Voorbeeld: het licht onder de doeken ligt rond 70, 50 en 30 % van dat zonder doek; in week 5 hebben de bakjes van A de meeste bladeren. Bijzonderheden: bv. 'week 3: druppelaar van bakje 7 verstopt, gereinigd'.

b Oogst.

> Voorbeeld (handboek): A 98, 106, 101 (gem. 101,7, bereik 8); B 74, 69, 78 (73,7; 9); C 51, 57, 49 (52,3; 8); D 29, 33, 26 (29,3; 7).

c Teken de grafiek: versgewicht tegenover licht, met de gemiddelden en de losse bakjes.

> De punten stijgen van links onder (30 % licht, ±29 g) naar rechts boven (100 % licht, ±102 g) en liggen bijna op een rechte door de oorsprong.

d Beantwoord de onderzoeksvraag met getallen.

> Bijvoorbeeld: 'Hoe minder licht, hoe minder sla: bijna recht evenredig, ongeveer 1 g per procent licht. Met 30 % licht is de oogst maar 29 % van die in vol licht.'

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Uitvoering	Proefplan gevolgd: loting, uitdunnen, zelfde water per bakje, ledstrip uit.
Metingen	Elke week volledig; oogst per bakje op dezelfde dag; eenheden in de kop van de tabel.
Verwerking	Gemiddelde en bereik juist; grafiek met grootheden, eenheden en een passende schaal.
Besluit	Antwoord op de vraag met getallen; het verschil tussen de groepen vergeleken met de spreiding binnen een groep.

33.20 Fase 8: het onderzoeksverslag

Toepassen · 3 · Habitat · 90 min

Schrijf het verslag van de groeiproef met de vaste onderdelen (handboek, fase 8). Gebruik je tabel en grafiek van de vorige opdracht.

a Titel en onderzoeksvraag.

✓ 'Minder licht, minder sla?' Vraag: hoe hangt het versgewicht van pluksla na vijf weken af van de hoeveelheid licht?

b Hypothese: als ..., dan ..., omdat ....

✓ Als de sla minder licht krijgt, dan is de oogst kleiner, omdat licht in april de beperkende factor is voor de fotosynthese.

c Materiaal en methode, kort, met een schets van de indeling van de bakjes.

✓ 12 bakjes pluksla (30 zaadjes, uitgedund tot 10), vier groepen van drie (0, 30, 50, 70 % schaduwdoek), geloot over beide rijen; eigen druppelaar per bakje; na vijf weken geoogst op 2 cm en gewogen.

d Resultaten: verwijs naar je tabel en grafiek, en beschrijf wat je ziet (nog zonder uitleg).

✓ Tabel 1 en figuur 1: het gemiddelde versgewicht daalt van 101,7 g (A) over 73,7 en 52,3 naar 29,3 g (D); het bereik binnen een groep is 7 à 9 g.

e Besluit.

✓ De oogst is bijna recht evenredig met het licht, ongeveer 1 g per procent licht. De hypothese klopt.

f Bespreking: wat kan het resultaat beïnvloed hebben, en wat zou je anders doen?

✓ Onder het doek is het ook koeler en windstiller; maar drie bakjes per groep; de randbakjes krijgen meer zijlicht. Beter: temperatuur onder elk doek meten, de proef herhalen in een tweede teelt.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Structuur	Alle onderdelen, in de juiste volgorde; waarneming en interpretatie gescheiden.
Hypothese en besluit	Hypothese toetsbaar; besluit beantwoordt de vraag met getallen en zegt of de hypothese klopt.
Bespreking	Minstens twee echte storende factoren (temperatuur onder het doek, plaats, druppelaars, weinig bakjes) en een verbetering.
Vorm	Kort en zakelijk, eenheden overal, tabel en grafiek met nummer en titel.

33.21 Fase 9: poster, pitch en demo

Toepassen · 3 · Habitat · 90 min

Bereid de presentatie voor zoals in het handboek (fase 9). Oefen de pitch minstens twee keer met een stopwatch.

a Schets de indeling van jullie poster, met de titel en de plaats van de grafiek.

✓ Zie de posterindeling in het handboek: titel bovenaan over de hele breedte, de resultaten op de grootste plaats rechts in het midden.

b De pitch van twee minuten.

Zie de pitch in het handboek. Waar de leraar op let: een haak in de eerste 20 seconden, getallen als bewijs, en een duidelijk einde.

c Het draaiboek van de demo.

Bijvoorbeeld: (1) sensor in droge potgrond → na hoogstens een minuut pompt de kas 30 s → plan B: filmpje; (2) hand op de TMP36 → het raam gaat open → plan B: föhn; (3) sensor uit de grond → het rode lampje knippert → plan B: het verslag op de laptop tonen.

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Poster	Leesbaar van op een paar meter, één grote grafiek, weinig tekst, titel als vraag of boodschap.
Pitch	Binnen twee minuten; probleem, oplossing, bewijs met getallen, wat we leerden; iedereen spreekt.
Demo	Voorbereid en getest, met een plan B; toont een regeling live.
Vragen	Eerlijke antwoorden, ook over wat niet lukte.

33.22 Peer- en zelfevaluatie

Toepassen · 3 · Habitat · 25 min

Beoordeel jezelf en je teamgenoten met dezelfde criteria, van 1 (zelden) tot 4 (altijd). Wees eerlijk en geef iedereen één top en één tip.

a Scores.

Er is geen juist antwoord. Waar de leraar op let: elke score is onderbouwd met een voorbeeld (een regel in het logboek, een opdracht), en niemand krijgt overal een 4 of overal een 1 zonder reden.

b Top en tip.

Een top noemt iets concreets ('jij hield het logboek elke les bij'); een tip is concreet en vriendelijk ('controleer het pinplan voor je uploadt' in plaats van 'slordig').

c Vergelijk je zelfevaluatie met wat de anderen over jou schreven. Wat valt je op?

Bijvoorbeeld: 'Ik gaf mezelf een 2 voor meedenken, de anderen gaven een 3: ik zie mijn ideeën minder dan zij.' Grote verschillen bespreek je in een kort teamgesprek, met de leraar erbij als het nodig is.

Uitdagen

Uitdagen — transfer, open problemen, leerlijnen combineren

33.23 Foutzoeken in het verslag van een kas

Uitdagen · 4 · Analyseren · 35 min

Een team liet de kas een dag alleen en leest 's avonds het verslag op de laptop. Elke regel is één minuut: `minuut;T;licht;vocht;raam;beurten;mislukt` (de Arduino schrijft een punt in plaats van een komma). Drie stukjes:

Stuk A ('s nachts)

```
0;9.6;60;29;0;1;1
1;9.6;60;29;0;1;1
15;9.6;60;28;0;2;2
16;9.6;60;28;0;2;2
30;9.1;60;27;0;3;3
31;9.1;60;26;0;3;3
45;9.1;60;25;0;3;3
46;9.1;60;25;0;3;3
```

Stuk B (overdag; de referentiethermometer in de schaduw wees om 14 uur 24,4 °C aan)

```
658;23.8;800;33;0;3;0
659;33.1;800;33;1;3;0
660;32.6;800;32;1;3;0
838;33.5;800;34;1;4;0
839;33.5;800;34;1;4;0
1016;30.1;800;35;1;5;0
1017;20.8;800;35;0;5;0
1018;21.3;800;35;0;5;0
```

Stuk C ('s avonds)

```
1162;15.5;800;38;0;6;0
1163;15.5;800;38;0;6;0
1164;15.5;800;-13;0;6;0
1165;15.5;800;-13;0;6;0
1166;15.5;800;-13;0;6;0
```

a Stuk A: wat is er aan de hand? Leg uit met de getallen, en zeg wat het rode lampje doet.

Na elke beurt (beurten 1, 2, 3) blijft het vocht onder 30 % en zakt het zelfs verder, van 29 naar 25 %: het water komt niet bij de sensor. De slang is los, de druppelaar verstopt, of de sensor zit in een ander bakje. Na de derde beurt staat mislukt op 3; een kwartier later knippert het rode lampje en komen er geen beurten meer (eis W4).

b Stuk B: wat is er aan de hand? Wat betekent dat voor de planten?

Om minuut 659 springt T van 23,8 naar 33,1 °C en gaat het raam open. De hele middag meet de kas meer dan 30 °C, terwijl de referentie om 14 uur 24,4 °C aangaf: de sensor meet de zon, niet de lucht. Het raam blijft zes uur open, want de meting zakt nooit onder 25 °C. De planten staan de hele middag in de tocht, ook op een koude, zonnige lentedag, en de temperaturen in het verslag zijn onbruikbaar voor de groeiproef.

c Stuk C: wat is er aan de hand? Doet het programma wat het moet doen?

Vanaf minuut 1164 leest het vocht −13 %: ruw 640, droger dan droog. De sensor is uit de grond getrokken (of een draad is los). Het programma doet wat het moet: geen beurten meer (beurten blijft 6), mislukt blijft 0, en het rode lampje knippert (eis W7).

d Kies één fout en beschrijf hoe je ze in het echt bevestigt en oplost.

Bijvoorbeeld stuk B: hang de referentiethermometer naast de TMP36, eerst in de zon, dan allebei in de schaduw. Het verschil verdwijnt in de schaduw: de zon is de oorzaak. Oplossing: de TMP36 in de SH-1 met haar dakje, midden in de kas (hoofdstuk 32), en opnieuw ijken.

33.24 Het seizoen uit de daglengte

Uitdagen · 4 · Programmeren · 45 min

Nu moet iemand EXTRA_LICHT in oktober en in april met de hand veranderen. Het kan slimmer: de Arduino telt zelf hoeveel minuten het licht was (lichtwaarde boven DAG). Was de vorige dag korter dan 12 uur (720 minuten), dan is het winterhalfjaar en mag de ledstrip aan. Zo schakelt de kas in de herfst vanzelf het extra licht in, en in de lente weer uit.

a Welke variabelen heb je nodig? Wanneer tel je op, en wanneer zet je terug op 0?

lichtMinuten telt elke minuut met licht (boven DAG) één op. Zodra het donker wordt na een dag (wasDag en licht onder DONKER), bewaar je de teller in daglengte en zet je lichtMinuten terug op 0. wasDag onthoudt of het vandaag al dag was.

b Schrijf de nieuwe regels code, in plaats van EXTRA_LICHT.

```
// bij het geheugen: het seizoen uit de daglengte
int lichtMinuten = 0;        // minuten licht vandaag
int daglengte = 720;         // minuten licht van de vorige dag (start: 12 uur)
bool wasDag = false;         // was het vandaag al dag?

// in loop(), meteen na het meten:
  if (licht > DAG) {
    lichtMinuten = lichtMinuten + 1;
    wasDag = true;
  } else if (wasDag && licht < DONKER) {   // de dag is net voorbij
    daglengte = lichtMinuten;
    lichtMinuten = 0;
    wasDag = false;
  }
  bool winter = (daglengte < 720);

// in het blok extra licht: winter in plaats van EXTRA_LICHT
  if (winter && !ledstripAan && !vandaagGedaan && licht < DONKER) {
```

c Test op papier: eerst een dag met 9 uur licht, daarna een dag met 13 uur licht. Wat doet de ledstrip op elke avond?

Na de dag van 9 uur: daglengte = 540, minder dan 720, dus winter: de ledstrip brandt die avond 4 uur. Na de dag van 13 uur: daglengte = 780, geen winter: de ledstrip blijft uit.

d Wat kan er misgaan op een donkere, regenachtige dag in mei? Hoe maak je het robuuster?

Op een heel donkere dag telt de LDR weinig lichtminuten: die avond brandt de ledstrip onterecht. Robuuster: pas omschakelen als het drie dagen na elkaar zo was, of het gemiddelde van de laatste zeven dagen gebruiken (met een lijst, Intermediate, hoofdstuk 28 en 29). Test de nieuwe code ook met de simulatie, zoals in het handboek.

33.25 December zonder stopcontact

Uitdagen · 4 · Ontwerpen · 45 min

In december mist de meetkas gemiddeld 2,1 Wh per dag (62,5 Wh opbrengst tegenover 64,6 Wh verbruik). Het team wil de adapter kwijt. Drie ideeën: (1) een groter paneel van 80 Wp (richtprijs € 85); (2) de microcontroller laten slapen tussen de metingen, zodat de 5 V-kant gemiddeld nog 0,05 A vraagt in plaats van 0,30 A (hoofdstuk 21); (3) de ledstrip in december maar 3 uur per avond laten branden.

a Reken per idee uit hoeveel Wh er in december per dag over is (of te kort). December: 1,25 Wh per Wp per dag; omvormer 83 %.

(1) $80 \times 1{,}25 = 100\ \text{Wh}$ per dag: $100 - 64{,}6 = 35{,}4\ \text{Wh}$ over. (2) 5 V-kant $0{,}05 \times 5 = 0{,}25\ \text{W}$, aan de 12 V-kant $0{,}25 / 0{,}83 = 0{,}30\ \text{W}$, per dag $7{,}2\ \text{Wh}$ in plaats van $43{,}2\ \text{Wh}$: verbruik $64{,}6 - 36{,}0 = 28{,}6\ \text{Wh}$, dus $33{,}9\ \text{Wh}$ over. (3) Eén uur minder ledstrip en relais: $4{,}8 + 0{,}42 = 5{,}2\ \text{Wh}$ minder, verbruik $59{,}4\ \text{Wh}$, dus $3{,}1\ \text{Wh}$ over: net genoeg, zonder reserve.

b Maak een criteriatabel met minstens vier criteria (hoofdstuk 30) en kies.

Bijvoorbeeld: effect in december (3), kost (2), eenvoud (2), raakt geen andere eis (1). Idee 1: groot effect, kost € 85, eenvoudig. Idee 2: groot effect, gratis, maar moeilijk (slapen leer je pas in Expert, hoofdstuk 37). Idee 3: klein effect, gratis, eenvoudig, maar minder licht voor de planten. Het voorbeeldteam koos idee 1, en idee 2 voor later.

c Welke eisen uit het programma van eisen raakt elk idee?

Idee 1: E1-E3 (energie), en G4 niet (de zonnekast telt niet mee). Idee 2: K2, W1 en G5: de regeling moet na het slapen blijven werken. Idee 3: K8 (4 uur extra licht) en P2 (minder licht, minder sla).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Rekenwerk	Per idee het nieuwe verbruik of de nieuwe opbrengst, met eenheden; de 5 V-kant via het rendement.
Criteriatabel	Minstens vier criteria met gewichten; scores onderbouwd; totaal per idee.
Eisen	Per idee de geraakte eisen (bv. K8, E1-E3, K2 en W1 bij slapen).
Keuze	Een keuze met argumenten, en een eerlijke vermelding van wat ze kost.

33.26 Debat: groeiproef of oogst?

●●● Uitdagen · 4 · Argumenteren · 30 min

In het testrapport botsen twee eisen: P1 (een groeiproef met schaduwdoek moet mogelijk zijn) en P2 (minstens 1 kg sla per teelt). Met drie groepen onder schaduwdoek haalde de kas maar 771 g. Stelling: *'Een meetkas is er om te meten, niet om te oogsten. Schrap P2.'*

a Zoek twee argumenten voor en twee tegen de stelling.

Voor: laag 1 van Habitat is er om te meten en te leren (hoofdstuk 1); de proef levert kennis voor de klimaatmodule; P2 is maar een wens. Tegen: Habitat moet op termijn voedsel leveren (een bewoner eet ±1,3 kg per dag, hoofdstuk 29); een oogst motiveert; een proef kan ook met minder bakjes in de schaduw.

b Welke oplossing laat beide eisen toe?

Afwisselen: een teelt met proef, een teelt zonder (12 × ±100 g = ±1,2 kg). Of een kleinere proef met twee groepen (0 en 50 %). Of P2 herschrijven: 'minstens 1 kg per teelt zonder groeiproef'.

c Hoe beslist een ontwerpteam als twee eisen botsen?

Terug naar het doel en de gebruiker (hoofdstuk 30). Een moet-eis gaat voor een wens. Botsen twee moet-eisen, dan overleg je met de opdrachtgever. De beslissing en de reden schrijf je in het PvE (versie 3) en in het logboek.

33.27 Habitat: versie 2 van de meetkas

●●● Uitdagen · 4 · Habitat · 50 min

De ontwerpcyclus stopt niet bij de test (hoofdstuk 30). Gebruik jullie testrapport, logboek en foutzoekervaring.

a Drie verbeteringen.

Bijvoorbeeld: K7 (0,7 °C) → een nachtscherm → € 15 → 1,7 °C warmer dan buiten (hoofdstuk 16). P2 (771 g) → een teelt zonder proef → 0 € → ±1,2 kg. V3 (braam) → ontbramen op de checklist → 5 min → geen snijwonden.

b Werk één verbetering uit: een schets, een berekening of een stuk code.

Bijvoorbeeld het nachtscherm. De platen verliezen ±50 kJ per uur per °C verschil (hoofdstuk 16). Het reservoir (24 L) geeft 's nachts 504 kJ af als het 5 °C afkoelt: zonder scherm blijft de kas zo ±0,8 °C warmer dan buiten, met een nachtscherm ±1,7 °C, omdat het scherm het verlies ongeveer halveert. Schets: een doek op een rolletje onder het dak, 's avonds dicht, 's morgens open. Waar de leraar op let: een uitwerking die bij de gekozen eis (K7) hoort.

c Welke verbetering kan je pas maken met wat je in Intermediate leert? Welke kennis heb je nodig?

Bijvoorbeeld: een datalogger op een SD-kaart (Intermediate, hoofdstuk 30), de ledstrip traploos dimmen met PWM (hoofdstuk 25), de toestanden dag, nacht en alarm als toestandsmachine (hoofdstuk 32), millis() in plaats van delay() (hoofdstuk 29).

ZO WORDT DIT BEOORDEELD

Onderbouwd	Elke verbetering komt uit een test, een meting of het logboek, en hoort bij een eis.
Afweging	Kost en effect geschat; de belangrijkste verbetering eerst.
Uitwerking	Schets, berekening of code die klopt en die een ander kan uitvoeren.
Vooruitblik	Concreet: welk hoofdstuk van Intermediate, en wat het oplost.

33.28 Habitat: eindevaluatie en op weg naar Intermediate

Uitdagen · 4 · Habitat · 40 min

Beoordeel jullie project met de eindrubric uit het handboek. De leraar doet hetzelfde; daarna vergelijken jullie.

a Zelfevaluatie van het project.

Er is geen juist antwoord. Waar de leraar op let: bij elk niveau een concreet bewijs, en eerlijkheid (een 4 zonder bewijs telt als een 3).

b Bereken jullie score: de som van niveau × gewicht, gedeeld door 4.

Voorbeeldteam: niveaus 3, 3, 4, 3, 3, 3, 3, 3 bij gewichten 15, 10, 15, 10, 15, 10, 15, 10: $(45 + 30 + 60 + 30 + 45 + 30 + 45 + 30)/4 = 315/4 \approx 79$ op 100.

c Reflectie: wat was het moeilijkste aan het samenzetten? Wat zou je een volgend team aanraden?

Bijvoorbeeld: 'Het moeilijkste waren de interfaces: de vlotter die te hoog hing, DROOG en NAT die omgewisseld waren. Raad: test elk onderdeel apart voor je het inbouwt, en schrijf elke meting in het logboek.'

d Welke drie dingen uit dit project neem je mee naar de klimaatmodule van Intermediate?

Bijvoorbeeld: het programma van eisen met een testrapport; de lus meten-beslissen-doen (wordt een toestandsmachine, hoofdstuk I32); een energiebudget met gemeten stromen (hoofdstuk I20).