

WONDER*

JIJ BENT DE UITVINDER

Slimme uitvindingen

Bouw, test en verbeter met de Wonderclub.



blz.
36

PROEF
Maak een hefboom
van je liniaal



blz.
29

VERHAAL
Een brug vol geheimen



blz.
4

ENERGIE
Van windvlaag
naar stroom

INHOUD • LEZEN, KIJKEN EN DOEN

Wat ga jij ontdekken?

Kies waar je begint. Tussen de verhalen en ontdekkingen vind je strips, puzzels en opdrachten.

4



ONTDEK

Van wind naar lamp

Rotor, generator en energiekaartjes: blz. 4–5. Machinequiz: 8. Opslagdenken: 28.

10



ONTDEK

Ontwerp en werktuigen

Materialen, hefboomen en hellingen: 10–13. Tandwielen: 20–21. Prototypetest: 18.

16



ONTDEK

Codes en oude ideeën

Tekens en codes: 16–17. Drukletters en fietsen: 23–24. Schakelcode: 25.

15



WOW!

Techniek om je heen

Klittenband: 27. Robotinstructies: 40. Energie: 43. Weetjes: 15, 35.

36



DOE MEE

Jouw testwerkplaats

Drie proeven: 36–38. Luchtproef: 39. Ontwerpblad: 46. Buitenmissie: 45.

29



WONDERCLUB

De brug en de fout

Bram's brugavontuur: blz. 29–31. Clubstrips: 7, 33, 32.

6



BREINBREKER

Bouw een puzzeloplossing

Sudoku: 6, 34. Zoeker: 14. Doolhof: 26. Raadsels: 19, 9. Quiz: 22, 42, 41, 44.

47



ONTDEK

Controleer je ontwerpdenken

Alle antwoorden: blz. 47, 48–49. Bronnen, makers en het volgende nummer: 50.

BO'S UITDAGING

Kies een klein ongemak dat je veilig kunt onderzoeken, zoals een rollend potlood. Teken twee oplossingen. Schrijf bij elke oplossing wie hem gebruikt, wat hij moet kunnen en wat er mis kan gaan. Bouw nog niets met scherpe, hete of elektrische onderdelen.



Eerst de vraag, dan de machine

BO kan uren bouwen. Noor vraagt eerst waarvoor. Bram kijkt vervolgens welke eisen en grenzen het ontwerp krijgt.

BO: Ik bouw een enorme potloodrobot! Wat moest hij ook alweer oplossen?

Noor: Vraag de gebruiker. Een groot apparaat kan een klein probleem ingewikkelder maken.

Bram: Ik schrijf drie controleerbare eisen en maak daarna een kleine testversie.

Een gebruiker heeft een taak

Een potlood kan van een schuine tafel rollen. De taak is dan niet "bouw een robot", maar "houd het potlood bereikbaar op zijn plek". Een papieren huls, een randje of een houder kan helpen. Je begint met het probleem, niet met het indrukwekkendste apparaat.

Een eis is iets dat je kunt controleren

De houder moet bijvoorbeeld met één hand te gebruiken zijn en geen scherpe rand hebben. Schrijf die eisen voordat je test. "Mooi" kan voor mensen verschillen. "Het potlood blijft vijf minuten op de tafel" kun je duidelijker controleren. Vraag ook wat de gebruiker belangrijk vindt.

Verbeteren vraagt informatie

Een prototype is een eerste testversie. Een onderdeel dat niet werkt, vertelt waar je opnieuw moet kijken. Verander liefst één belangrijk kenmerk per vergelijking. Bewaar tekeningen en uitkomsten. Dan wordt de nieuwe versie meer dan een willekeurig nieuw idee. Je kunt uitleggen waarom de verandering nodig was. Een datum bij elke versie maakt de vergelijking later terugvindbaar.

JOUW OPDRACHT

Voor wie:

Probleem: ... Moet kunnen: ... Mag niet: ...
Hoe test ik dat veilig?



DE MACHINE IN DE MAST

Een windvlaag wordt stroom

De bladen draaien, maar draaien alleen laat je lamp nog niet branden. Volg de onderdelen tussen bewegende lucht en een elektrische aansluiting.



Illustratie • Vereenvoudigde doorsnede van een windturbine. Rotor, as en generator vormen samen een route van bewegende lucht naar elektrische energie.

De wind zet iets in beweging

Een windturbine haalt energie uit bewegende lucht. De vorm van de bladen zorgt ervoor dat de lucht krachten op de bladen uitoefent. Zo draait de rotor: de bladen en hun gezamenlijke draaipunt. De turbine maakt de windenergie niet uit niets. Achter een turbine is de luchtstroming daarom ook veranderd.

Van rotor naar generator

Een draaiende as kan de generator aandrijven. Dat apparaat zet bewegingsenergie om in elektrische energie. Bij sommige turbines zit tussen rotor en generator een tandwielkast; bij andere gebeurt de aandrijving direct. Het draaien moet dus echt met een generator verbonden zijn. Een los papieren molentje

zonder generator produceert nog geen bruikbare stroom.

Waar loopt de route verder?

Kabels voeren de elektrische energie naar verdere apparatuur en aansluitingen. Op het elektriciteitsnet werken veel onderdelen samen om opwekking en gebruik mogelijk te maken. De bladen zijn het opvallendste deel, maar niet het complete systeem. Noor tekent daarom drie vakken: bewegende lucht, draaiende machine en elektriciteit. Bram wil weten welk onderdeel ieder pijltje waarmaakt; BO controleert of ergens een stap ontbreekt.

ENERGIE DOOR DE TIJD

Wat doe je als de wind verandert?

De lampen vragen energie op momenten waarop de wind niet altijd even sterk is. Een stroomnet is meer dan een turbine met een lange kabel.

Een netwerk van afspraken

Opwekking en gebruik moeten bij elkaar passen. Stroom kan via hoogspanningsverbindingen en verdeelnetten van veel verschillende bronnen naar gebruikers gaan. De route is dus niet altijd "jouw turbine rechtstreeks naar jouw lamp". Beheerders houden de werking van het gezamenlijke net in de gaten.

Het kaartjesspel

Bram maakt een fictief spel. Eén fiche staat voor één energie-eenheid tijdens één spelronde. In ronde A leveren de bronnen acht fiches en vragen de huisjes er zes. Twee fiches gaan in de opslagdoos. In ronde B leveren de bronnen vier fiches en vragen de huisjes er zes. De twee bewaarde fiches vullen het verschil aan. De opslag maakt geen nieuwe fiches: ze verplaatst het gebruik in de tijd.

Het model heeft grenzen

Een echte accu verliest bij laden en ontladen een deel van de bruikbare energie. Een echt net heeft ook verliezen en technische grenzen. Ons kaartjesspel laat alleen de rekengedachte zien: wat ontbreekt moet ergens vandaan komen. Wie meer fiches uitgeeft dan hij bezit, heeft het probleem niet opgelost. BO noteert daarom na iedere ronde beginvoorraad, levering, gebruik en eindvoorraad. Zo merkt hij een ontbrekend kaartje meteen op.

8



fiches geleverd in ronde A

6



fiches gevraagd in ronde A

2



fiches bewaard voor ronde B

FICHES ZIJN EEN MODEL

Onze fiches stellen energie per ronde voor. Ze hebben geen echte wattwaarde. Een rondetotaal vertelt ook niet hoe snel de energie binnen die ronde geleverd werd.

☆☆☆ makkelijk

Vier vakjes, één slim begin



Vul de cijfers 1 tot en met 4 in. Elke rij, elke kolom en elk blok van 2 bij 2 vakjes bevat elk cijfer precies één keer.

	1	2	3	4
1				
2	1	2		
3				
4			1	3

Zo pak je het aan

Kijk eerst naar een rij waar nog maar één cijfer ontbreekt. Controleer dat cijfer daarna in de kolom én het blok. Een gok helpt minder dan een reden. Zet kleine

potloodcijfers bij mogelijkheden en gum ze weg zodra een buurvak het cijfer krijgt.



Bram Ik ontwerp geen cijfermachine. Eén bewezen stap is al een heel goede start.



De grootste potloodhouder

BO bouwt indrukwekkend. Bram en Noor zoeken een oplossing die vooral de gebruiker helpt.



1 BO Mijn machine houdt straks ieder potlood vast!



2 Bram Deze armen hebben zelf nog drie steunen nodig.



3 BO Oeps. Het potlood glijdt alweer weg.



4 Noor Wat als een eenvoudige dickere papieren huls het rollen vermindert?



5 Bram Ik test dezelfde tafel en hetzelfde potlood. Klein kan heel bruikbaar zijn.



6 BO Mijn grote machine gaat in het ideeënarchief. Een oplossing krijgt geen prijs voor zijn formaat.

Illustratie • Een fictief Wonderclub-stripje. De zes gesprekjes lees je onder de plaatjes.



★★☆ gemiddeld

Wie doet het werk in de mast? ✨

Volg de route van energie en zoek het juiste onderdeel. Een opvallend bewegend deel is niet automatisch de hele machine. Antwoorden: blz. 48.

1 Welke bron levert de bewegingsenergie aan een windturbine?

- (A) Bewegende lucht
- (B) De verf op de mast
- (C) Een leeg stopcontact



3 Heeft elke windturbine beslist een tandwielkast nodig?

- (A) Ja, zonder uitzondering
- (B) Alleen in de winter
- (C) Nee, er bestaan directe aandrijvingen



2 Welk apparaat zet de draaibeweging om in elektrische energie?

- (A) Alleen een kaartlegenda
- (B) De generator
- (C) De schaduw



4 Wat kan opslag in het kaartjesspel doen?

- (A) Nieuwe energie maken zonder bron
- (B) Bewaarde energie later gebruiken
- (C) Verliezen altijd verwijderen

Jouw antwoorden

1 2 3 4

Mijn score: _____ van de 4



★★☆ gemiddeld

De gereedschapskasten

Drie gesloten kasten staan naast elkaar: links, midden en rechts. Iedere kast bevat precies één soort gereedschap. Het gaat om kaartjes in een puzzel, dus niemand hoeft echt gereedschap te pakken. Uitwerking: blz. 49.

1 De meetkaartjes liggen rechts. De schroefkaartjes liggen niet links. Waar liggen de tandwielkaartjes?

Mijn antwoord

2 Bram heeft 15 bouwblokjes. Een eerste model gebruikt 6. Van de overgebleven blokjes gebruikt een tweede model 4. Hoeveel blijven ongebruikt?

Mijn antwoord

Tussen is een belangrijke afspraak

Bij vier gebeurtenissen zijn er drie ruimtes ertussen. Een pauze vóór de eerste of na

3 Een test duurt 3 minuten. Na iedere test, behalve de laatste, ruimt Noor 1 minuut op. Hoe lang kosten vier tests met die tussenpauzes?

Mijn antwoord

de laatste test telt alleen mee wanneer de tekst die toevoegt. Teken vier vakjes om je tijdsom te controleren.



Een oplossing is geen toverspreuk

Een speelgoedkar moet over een opening in een tafelformaat. Hoe maak je een brug die niet alleen één keer toevallig werkt?



Illustratie • De Wonderclub test een kartonnen brug voor een speelgoedkar, geen brug voor mensen.

Begin met de grenzen

Bram meet de opening en de breedte van de kar. Noor vraagt of de brug ook kan worden weggehaald. BO wil meteen de dikste plank tekenen. Maar dikte lost niet automatisch de vraag naar verplaatsen op. Een ontwerp krijgt meerdere eisen: draagkracht, ruimte, gebruik en veiligheid.

Een testversie mag klein zijn

Eerst bouwen ze met karton een model. Het is geen brug voor mensen. Met dezelfde speelgoedkar testen ze dezelfde opening. Ze noteren of de kar erover kan, of de rand verschuift en hoe de brug wordt geopend. Zo vergelijken ze functies, niet alleen een mooie tekening.

Verbeter één stap

Als de rand wegglijdt, kan een passende bevestiging helpen. Als een klep scheef opent, vraagt het scharnier aandacht. Dat zijn verschillende problemen. Verander niet tegelijkertijd materiaal, hoogte en opening

als je wilt begrijpen wat helpt. Een goede tweede versie vertelt welk probleem kleiner werd. Soms ontstaat daarbij een nieuw probleem; ook dat hoort in je logboek.

EEN EIS PER TEST

Schrijf "de kar rijdt zonder vasthouden over de brug" en test dat drie keer. Welke waarneming vertelt meer dan alleen "het werkte"?

A-Z

WOORDENLIJST **Prototype**

Woorden waarmee je het onderwerp precies kunt beschrijven.

Prototype Een testversie van een ontwerp. Hij helpt een gerichte vraag onderzoeken. Zijn materiaal en grootte kunnen afwijken van een eindproduct; die verschillen horen bij de uitleg.

Bron: 1

Kies materiaal bij de taak

Zacht, stevig, glad of buigzaam zijn geen prijzen. Een materiaaleigenschap helpt pas als hij bij de opdracht past.

Brug of kussen?

Een kussen moet prettig meegeven. Een kleine brug moet onder zijn lading genoeg vorm houden. Hetzelfde zachte materiaal kan dus goed zijn voor de ene taak en minder goed voor de andere. Benoem eerst de belasting en manier van gebruik voordat je "beste materiaal" zegt.

Dezelfde vorm

Als je twee verschillende materialen test, houd de vorm en afmetingen zo gelijk mogelijk. Een dikke strook en een dunne strook vergelijken test meer dan materiaal alleen. Ook verbindingen beïnvloeden een ontwerp: een stevige plaat met een losse bevestiging kan toch verschuiven. Kijk naar het geheel én de onderdelen.

Hergebruik met een test

Een oude doos kan prima modelmateriaal zijn. Let wel op vouwen, scheuren en natte plekken. Hergebruik is geen garantie dat een onderdeel elke taak aankan. Beschrijf waar het materiaal vandaan komt en welke eigenschappen je ziet. Een goed ontwerp gebruikt genoeg, zonder onnodig veel, en blijft te repareren of uit elkaar te halen.



BRAM'S TABEL

Maak kolommen voor taak, materiaal, vorm en verbinding. Geef daarna voor elke keuze een reden die je kunt testen.

ACHTERGROND

Test de verbinding

Een scharnier, tapehoek of knoop kan het zwakke punt zijn.

Meer dan een plaat

Test bij een model ook de verbinding afzonderlijk. Wat gebeurt bij bewegen? Blijft alles op zijn plek? Schrijf niet alleen het materiaal op, maar ook waar de krachten worden overgedragen. Twee stevige kartonnen platen kunnen toch verschuiven als de tapehoek losraakt. Een dikke plank toevoegen verandert dan niet automatisch het zwakke punt. Maak eerst een klein proefstuk met dezelfde verbinding en een lichte belasting. Houd vingers weg van klemplekken en laat een volwassene helpen. Noteer of de verbinding buigt, schuift of loslaat. Die verschillende uitkomsten vragen niet allemaal dezelfde verbetering.

Bron: 1



NATUURKUNDE

Werktuigen ruilen kracht voor afstand ★

Een hefboom en helling maken een taak op een andere manier mogelijk. Volg waar jij kracht zet en welke afstand onderdelen afleggen. De getekende werkplaats is een illustratie; de eenvoudige regels gelden voor ideale modellen met aangegeven grenzen.



Q DENK MET AFSTAND

Waar zit jouw hand ten opzichte van het draaipunt? Teken de beide armen voordat je over "makkelijker" praat.

Illustratie • Gereedschappen veranderen krachten en bewegingen; ze maken geen energie uit niets.

NATUURKUNDE

Minder kracht, meer afstand

Een hefboom kan een last met minder kracht verplaatsen. Daar staat iets tegenover: **jouw kant beweegt dan verder.**

Waar draait de hefboom?

Een stijve balk draait om een steunpunt. Dat punt heet het draaipunt. De afstand van jouw duwplek tot het draaipunt is één arm. De afstand naar de last is de andere. Als jouw arm langer is, kan dezelfde duwkracht een groter draaieffect hebben. De plek van het steunpunt is dus belangrijk.

Wat levert de lange arm?

In een ideaal model geldt: $\text{kracht} \times \text{arm aan de ene kant}$ is in evenwicht met $\text{kracht} \times \text{arm aan de andere kant}$. Een arm die tweemaal zo lang is, kan bij evenwicht met de helft van de kracht werken. Dit model laat gewicht van de balk en wrijving weg. Een echte meting kan daardoor verschillen.

Is de energie gratis?

Nee. De kant waar je minder kracht nodig hebt, legt bij een beweging meer afstand af. Een werktuig verandert hoe de taak wordt uitgevoerd; het maakt geen gratis energie. Bij blz. 36 test je evenwicht met lichte, gelijke voorwerpen op een liniaal. Gebruik dit idee nooit om thuis zware dingen op te tillen.

A-Z

WOORDENLIJST Draaipunt en arm

Woorden waarmee je het onderwerp precies kunt beschrijven.

Draaipunt en arm Het draaipunt is de steun waar de balk om draait. De arm is de afstand naar de plek van de kracht. Een grotere afstand kan de draaikracht veranderen.

Bron: 2

NATUURKUNDE

Een helling ruilt hoogte voor weg

Een doos kun je omhoog tillen of via een helling verplaatsen. De eindhoogte kan gelijk zijn, terwijl kracht en reisafstand verschillen.

TWEE ROUTES

Teken dezelfde begin- en eindhoogte, met een korte steile en lange flauwe route. Wat blijft gelijk en wat verandert?



Illustratie • Een speelgoedbrug is een veilig model om routes en hellingen te bespreken.

Recht omhoog

Bij tillen gaat de last langs een korte route omhoog. Je moet de zwaartekracht voldoende tegenwerken. Voor een zware last is dat lastig. Een model met een lichte speelgoedkar helpt een idee bekijken zonder een echte zware tiltaak te maken.

Langs een helling

Een lange flauwe helling verspreidt dezelfde stijging over meer afstand. In het ideale model heb je minder kracht langs de helling nodig dan bij rechtstreeks tillen. Maar je verplaatst de last verder. Een steile helling geeft een kortere route met meer benodigde kracht. De hoogte blijft dezelfde afspraak.

De echte ondergrond doet mee

Wrijving en rollen veranderen wat je merkt. Een ruwe ondergrond kan een kar sterker

tegenhouden dan een gladde. Een helling moet ook stevig zijn en goed aansluiten. Daarom is "lange helling is altijd beter" te simpel. Ruimte, grip en gebruik horen bij het ontwerp. Test alleen lichte modellen en schrijf welke omstandigheden jouw vergelijking nodig heeft.

KIJK ANDERS

Een schroef is een opgerolde helling

De schroefdraad loopt schuin om een as.

Draaien en verplaatsen

Bij draaien wordt de schuine route gebruikt om onderdelen vast te zetten of iets te verplaatsen. Een potdeksel laat je zo'n verbinding voelen zonder een scherpe schroef te gebruiken.

Bron: 3

★★☆ gemiddeld

De uitvinderswerkplaats

Acht woorden uit de werkplaats zitten in het rooster. Elk woord heeft zijn eigen functie in een ontwerp.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	W	T	O	S	F	G	U	Z	L	Z	N
2	G	U	U	B	E	N	O	C	U	O	K
3	F	W	G	L	I	I	C	D	W	S	P
4	U	C	A	E	I	T	S	H	H	F	R
5	O	U	W	I	V	T	C	F	E	E	E
6	W	V	A	W	L	E	H	E	F	E	W
7	M	T	D	D	R	K	R	O	B	D	T
8	T	W	L	N	E	N	O	R	O	I	N
9	U	E	H	A	D	W	E	P	O	B	O
10	N	E	P	T	O	N	F	P	M	R	A
11	M	Z	K	G	C	R	K	V	O	B	H

Zoek deze woorden

- ☐ HEFBOOM
- ☐ CODE
- ☐ TANDWIEL
- ☐ PROEF
- ☐ ONTWERP
- ☐ SCHROEF
- ☐ KETTING
- ☐ IDEE

Zoekregels

Zoek horizontaal, verticaal en schuin. Een woord kan ook achterstevoren staan. Streep ieder gevonden woord in de lijst af en omcirkel zijn letters. Elk zoekwoord staat precies één keer in het rooster.

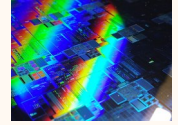
Overgebleven letters vormen geen geheime zin.

Een woord verdient uitleg

Kies een onderdeel, een handeling en een idee uit de lijst. Maak daarmee een korte onderzoekszin: wat verander je, wat test je en wat wil je begrijpen?

Zes ideeën die blijven hangen

Een uitvinding begint vaak met anders kijken naar iets dat al bestond.



Helling

opgerold in een schroef

Een schroef heeft een route

Een schroefdraad is een hellende route om een as. Draaien helpt twee delen verbinden of beweging overdragen. De winding geeft een draairoute een verplaatsing langs de as: twee bewegingen hangen samen.

Afstand

de ruil bij een hefboom

Een hefboom ruilt

Een lange arm kan minder kracht vragen, maar beweegt verder. Werktuigen maken geen gratis energie. Maak de krachttarm tweemaal zo lang: in het ideale evenwicht halveert de benodigde kracht.

Spiegel

contactdruk keert de vorm om

Letters keren om

Een contactafdruk spiegelt de vorm. Een leesbare afdruk vraagt passend gemaakte stempel- of druktekens. Neem een letter F in gedachten: bij één spiegeling wijst zijn korte bovenarm andersom.

Haak + lus

een natuuridee in een sluiting

Klitten inspireerden

Haakjes aan plantenklitten hielpen George de Mestral een sluiting met haakjes en lusjes onderzoeken. Het bruikbaar maken kostte jaren. Een natuurwaarneming levert een principe; geschikte materialen en uitvoeringen vragen daarna eigen tests.

1885



Rover veiligheidsfiets

De fiets combineert

Kettingaandrijving en andere veranderingen hielpen de veiligheidsfiets van 1885. De moderne fiets kwam uit veel ontwikkelingen. Een lager ontwerp veranderde ook hoe een rijder de grond kon bereiken en afstappen.

Test

informatie voor de volgende versie

Mislukken bewaart kennis

Een prototype dat niet werkt, kan precies laten zien welke eis nog niet wordt gehaald. Notities maken die mislukking bruikbaar voor een volgende versie. Noteer bijvoorbeeld waar een kartonnen brug boog, met welke lichte belasting en bij welke versie.

Een chip is het resultaat van vele technische keuzes, geen enkel los wonderonderdeel.

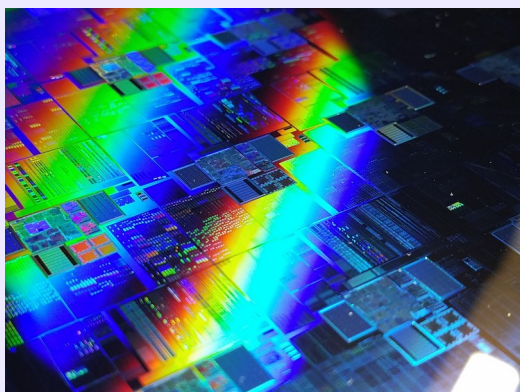




WISKUNDE

Van lampje naar betekenis

Links maken twee toestanden een getal; rechts maak je afspraken om dat getal of een opdracht te begrijpen. De echte chipfoto laat een technisch onderdeel zien. De lampjes en routes zijn leermodellen, geen exacte kaart van de schakelingen op die chip.



BO CODEERT

Teken vier cirkels met 8, 4, 2, 1 erboven.
Maak 9 door 8 en 1 te markeren: 1001.
Controleer de som.



Een computerchip gebruikt elektronische schakelingen; de lampjescode is een vereenvoudigd leermodel.

WISKUNDE

Aan en uit vertellen een getal

Een lampje kan uit of aan zijn. Met meerdere lampjes en afgesproken plaatswaarden kun je getallen coderen.

Twee toestanden, één afspraak

We schrijven uit als 0 en aan als 1. Dat is een afspraak, geen natuurwet over welke kleur goed is. Vier plekken krijgen van links naar rechts de waarden 8, 4, 2 en 1. Je telt alleen waarden mee waar een 1 staat. De rij 0101 betekent dan $4 + 1 = 5$.

Waarom verdubbelen?

Met de plek van waarde 1 maak je 0 of 1. De volgende waarde 2 geeft twee nieuwe mogelijkheden. Zo verdubbelt iedere toegevoegde plek het aantal patronen. Vier plekken leveren 16 patronen: de getallen 0 tot en met 15 volgens deze afspraak. Dat zijn zestien mogelijkheden, niet "maximaal zestien" als getal.

Een andere lezer heeft de sleutel nodig

Als iemand de volgorde omdraait, krijgt hetzelfde patroon een andere waarde. BO schrijft daarom plaatswaarden bij zijn code. Voor letters, kleuren of geluiden kun je een aparte code afspreken. De bits vertellen niet uit zichzelf wat de boodschap betekent. Eerst moet zender en ontvanger dezelfde sleutel begrijpen.

0 of 1

twee afgesproken toestanden

8, 4, 2, 1

plaatswaarden van links naar rechts

0101 = 5

$4 + 1$ in deze code

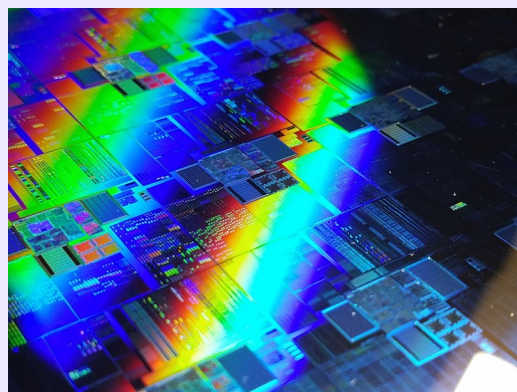
TECHNIEK

Een boodschap heeft een sleutel ✨

Vier tekens kunnen een getal zijn, maar ook een opdracht. De betekenis ontstaat pas als je duidelijke afspraken deelt.

KODETEST

Schrijf een route met vaste kaart-richtingen, één startpunt en een eindpunt. Laat Bram testen zonder dat Noor met haar vinger helpt.



Een chip voert afgesproken bewerkingen uit; betekenis en instructies vragen een duidelijk systeem.

Waarom leest BO verkeerd?

Bram zegt “ga twee naar rechts”, maar BO staat met zijn gezicht andersom. Bedoelt rechts Bram’s rechterhand, BO’s rechterhand of rechts op de kaart? Een opdracht zonder referentie kan meer dan één uitleg krijgen. Een startpunt en afgesproken richting maken het probleem kleiner.

Wat doet een codeboek?

Je kunt letters koppelen aan patronen. Spreek bijvoorbeeld af dat A code 0001 krijgt en B 0010. Dat is een kleine eigen oefencode, niet de universele computercode voor letters. De ontvanger moet de tabel hebben en weten waar een teken begint en eindigt. Anders kan een reeks niet eenduidig worden gelezen.

Hoe controleer je het geheel?

Geef een nieuwe lezer alleen jouw instructies, niet extra gebaren. Vraag wat hij deed en welke stap onduidelijk was. Een geslaagde test laat zien dat de boodschap overdraagbaar is. Als jij telkens uitleg moet toevoegen, staat die uitleg misschien nog niet in de code. Verbeter dan de instructie voordat je iemand de schuld geeft.

ACHTERGROND Een zin heeft ook grenzen

Spaties, leestekens en volgorde helpen een menselijke lezer. In een technische code moeten grenzen eveneens herkenbaar zijn. Een duidelijk patroon zonder afgesproken begin kan nog steeds onduidelijk blijven.

Bron: 4

Een prototype krijgt een rapport ✨

Bram's nieuwe potloodhouder heeft drie versies. De geschiedenis van zijn ontwerp zit in de testbladen: wat veranderde, wat lukte en waarom hij doorging.

IN DE TIJD **Het fictieve ontwerpboek**

Drie stappen uit Bram's verzonnen ontwerpgeschiedenis: elke test beantwoordt een afgebakende vraag.

① **Test 1 • smalle voet**

Het potlood kantelt na vier seconden. De club bewaart de waarneming en de gebruikte vorm.

② **Test 2 • bredere voet**

Het potlood blijft tien seconden staan. Alleen de voetbreedte is bewust veranderd.

③ **Volgende test**

Een lichte tik is een nieuwe taak. Eerst kiest de club een veilige, herhaalbare tik en een nieuw criterium.

Bron: 14

01 **Maak het doel meetbaar**

Het doel is niet "de mooiste houder", maar "één potlood tien seconden rechtop houden op een vlakke tafel". Noor schrijft ook op hoe scheef het potlood mag staan. De club kiest die regels vóór de test. Achteraf telkens de afspraak veranderen maakt elke mislukking onzichtbaar.

02 **Een wijziging met een reden**

Versie A heeft een smalle voet. Als het potlood kantelt, bouwt Bram versie B met een bredere voet en laat de rest gelijk. Hij voorspelt waarom dit kan helpen. Na de test bewaart hij ook de mislukte versie; daar kun je van leren. "Nieuw" is niet automatisch beter.

03 **Bewijs voor deze taak**

Versie B blijft tien seconden staan. Dat is een geslaagde test van het gekozen doel. De houder is nog niet bewezen bestand tegen een duw of een natte tafel. BO schrijft daarom "getest op een droge vlakke tafel". Dat zinnetje voorkomt dat een klein succes een reusachtige belofte wordt.



Wat moet je ontwerp vertellen?

Schrijf je eerste idee op voordat je de uitleg opent. Een goede denker vertelt ook onder welke omstandigheden het antwoord klopt.

1 Ik heb tanden, maar eet niet. Met een passende buur geef ik een draai door.

Mijn antwoord

2 Ik help twee delen sluiten met haakjes en lusjes, zonder dat je een knoop legt.

Mijn antwoord

Twee duidelijke routes?

BO zegt "twee stappen rechts". Bram en Noor staan tegenover elkaar en gebruiken hun eigen rechterhand.

Kunnen ze allebei de opdracht volgen en toch tegengesteld bewegen?

Denk aan:

- Waar kijkt ieder heen?
- Welk referentiepunt ontbreekt?

Mijn voorspelling en waarom

Vier codeplekken

Vier plekken hebben waarden 8, 4, 2, 1. Op iedere plek kies je 0 of 1.

Is het grootste getal 16, of zijn er zestien mogelijke patronen?

Denk aan:

- Tel alle waarden op.
- Vergeet patroon 0000 niet.

Mijn voorspelling en waarom

BO VRAAGT

Denk aan de gebruiker, niet alleen aan de maker. Welke afspraak moet op papier staan zodat iemand anders dezelfde stap kan uitvoeren?



Tanden vertellen een verhouding

Tandwielen kunnen beweging overdragen. In een simpel model kun je het aantal omwentelingen uit de aantallen tanden begrijpen.

Elke tand schuift één plek door

Neem twee passende tandwielen met 12 en 24 tanden. Als het kleine wiel één rondje draait, gaan 12 tanden voorbij het contactpunt. Het grote heeft 24 tanden voor een heel rondje nodig. Het maakt dus een half rondje. Dit is een model met passend gevormde tanden, zonder overslaan.

Twee rondjes worden één

Draait het kleine wiel twee rondjes, dan passeren 24 tanden. Het grote maakt één rondje. De verhouding 12 : 24 kun je vereenvoudigen tot 1 : 2. Het grotere wiel draait trager in dit geval. Draai je het grote als beginwiel, dan draait het kleine juist sneller. Benoem dus welk wiel de beweging begint.

Richting is ook informatie

Twee tandwielen die rechtstreeks in elkaar grijpen draaien tegengesteld. Een tussenwiel kan de richting van het laatste veranderen. Het maakt de berekening niet automatisch hetzelfde als een kettingaandrijving. Onderzoek een stilstaande fiets alleen met een volwassene; vingers horen nooit tussen ketting en tanden. Op papier kun je de contacttanden veilig volgen.



VOLG DE TAND

Teken twee cirkels met 12 en 24 streepjes. Markeer de contactplek. Waarom moet je bij snelheid ook zeggen welk wiel je aandrijft?

ZO ZIT DAT Verhouding, geen afmeting

Het rekenvoorbeeld gebruikt tandenaantallen. Passende tandwielen moeten ook dezelfde passende tandafstand hebben. Twaalf willekeurige grote tanden passen niet vanzelf bij vierentwintig willekeurige kleine.

Bron: 2

12 : 24



tandverhouding in het voorbeeld

1/2 rondje

groot wiel bij één klein rondje

2 → 1



kleine rondjes naar grote rondjes



★★★ gemiddeld

De tandwielrekenkamer

Reken eerst met passende tanden. Een model is bruikbaar als je zijn afspraken bewaart.

Een tandwiel is geen glijwiel

In het model grijpen de tanden in elkaar. Daardoor kun je tellen hoeveel tanden passeren. Als een ontwerp overslaat of niet past, gaat die simpele berekening niet zomaar op. Bram schrijft daarom boven zijn tekening: passende tanden, geen slip, dezelfde tandafstand.

Gebruik een andere vraag

Meer snelheid is niet bij iedere taak gewenst. Een langzame, gecontroleerde beweging kan handig zijn bij nauwkeurig werk. Denk aan een speelgoedkraan die niet ineens omhoog schiet. Eerst de taak kiezen voorkomt dat je "sneller" automatisch "beter" noemt.

1 Een wiel met 10 tanden drijft één met 20 aan. Eén klein rondje geeft...

- (A) Een half groot rondje
- (B) Eén groot rondje
- (C) Twee grote rondjes

2 Het kleine wiel draait vier rondjes. Hoeveel grote rondjes?

- (A) 1
- (B) 2
- (C) 8

3 Twee direct gekoppelde tandwielen draaien...

- (A) Altijd dezelfde kant
- (B) Tegengesteld
- (C) Alleen vooruit

Jouw antwoorden

1 2 3

Mijn score: _____ van de 3

Kijk je antwoorden na op blz. 47.

EXTRA REKENWERK

Als het grote 20-tandswiel drie rondjes draait, draait het 10-tandswiel zes rondjes. Je hebt nu de aandrijfrichting van het voorbeeld omgedraaid.



Bram controleert de instructies

De robot en getallen in deze opgaven zijn denkmodellen. Kies het antwoord dat precies bij de genoemde afspraken hoort. Volledige uitleg: blz. 48.

1 BO moet eerst draaien en daarna vooruit. Waarom helpt een vaste beginrichting?

- (A) "Vooruit" heeft dan een duidelijke betekenis
- (B) Iedere robot draait vanzelf goed
- (C) Een richting verandert de kleur

3 Een groot tandwiel met 24 tanden drijft een klein wiel met 12 tanden. Wat doet het kleine bij één omwenteling van het grote?

- (A) Een halve omwenteling
- (B) Ook één omwenteling
- (C) Twee omwentelingen

2 Een driehoek betekent 1, een cirkel 2 en een vierkant 4. Welke twee samen geven 6?

- (A) Driehoek en cirkel
- (B) Cirkel en vierkant
- (C) Twee driehoeken

4 Er liggen 2 energiefiches klaar. Er komen 5 bij en er worden 4 gebruikt. Wat blijft?

- (A) 3 fiches
- (B) 7 fiches
- (C) 11 fiches

Jouw antwoorden

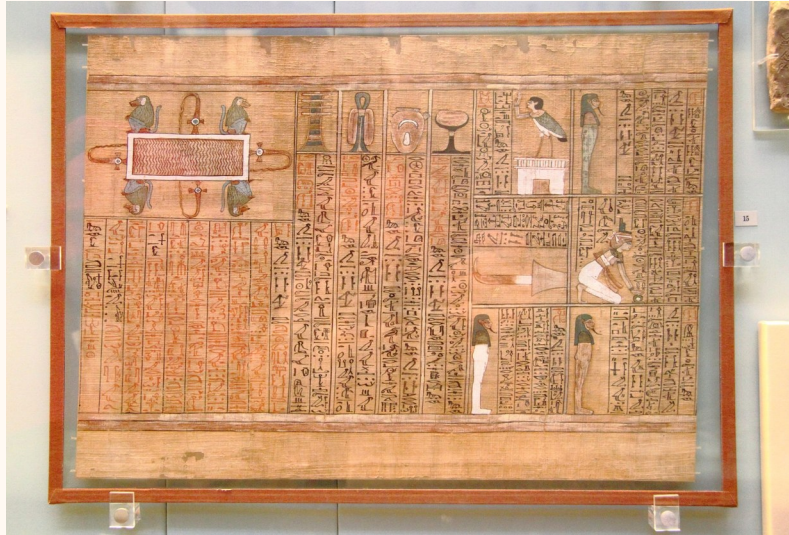
1 2 3 4

Mijn score: _____ van de 4



Letters die opnieuw meedoen

Een handgeschreven tekst opnieuw kopiëren kost tijd. Losse druktekens en een pers maakten een andere manier van vermenigvuldigen mogelijk.



Een oud Egyptisch papyrusmanuscript laat geschreven tekens zien; het is geen drukwerk van Bi Sheng of Gutenberg.

Jaren 1040 • Bi Sheng in China

Bi Sheng ontwikkelde verplaatsbare druktekens van gebakken materiaal. Tekens konden opnieuw worden gerangschikt. Drukken had al een geschiedenis; dit was een nieuwe manier om een tekst uit herbruikbare delen te vormen. De ontwikkeling begon dus niet overal op dezelfde plek of met dezelfde techniek.

Rond 1450 • Gutenberg in Europa

Johannes Gutenberg combineerde metalen losse letters en andere verbeteringen in het Europese drukproces. Een pers bracht druk op papier en ingeïnte tekens. Het was niet één geheim onderdeel dat alle eerdere kennis verving. Materialen, lettergieten, inkt en werkwijze moesten samen bruikbaar worden.

Na het drukken • Opnieuw ordenen

De losse letters konden voor een volgende tekst opnieuw worden gebruikt. Dat bespaart het maken van een heel nieuw

tekstblok. Toch moeten fouten worden gecontroleerd, tekens geordend en papier goed geplaatst. Een machine maakt informatie niet vanzelf waar. Ook een keurig gedrukte bladzijde kan een verkeerde zin bevatten.

KIJK NAAR DE TECHNIEK

Geschreven, gestempeld en gedrukt kunnen op papier lijken. Welke sporen of gegevens helpen de manier van maken vaststellen?

ACHTERGROND **Waarom spiegelbeeld?**

Een afdruk keert de contactvorm om. Een stempelletter moet daarom passend worden gevormd om leesbaar op papier te verschijnen. Teken een asymmetrische letter en denk welke kant het papier raakt.

Bron: 6

De fiets werd niet in één keer af

De fiets veranderde door nieuwe aandrijving, materialen en vormen. Een opvallend groot wiel was niet voor iedereen een handig antwoord.

IN DE TIJD **Drie momenten**

Deze datums geven ontwikkeling weer, geen complete lijst van alle bijdragen.

-  **Jaren 1860**
Fietsen met pedaalaandrijving worden populair.
-  **Jaren 1870**
De hoge bi krijgt een groot voorwiel.
-  **1885**
Rover veiligheidsfiets met kettingaandrijving.

Bronnen: 7, 8

1 **De hoge bi**

Bij de hoge bi zaten de trappers aan het grote voorwiel. Een groter wiel legde per rondje een grotere afstand af, maar de berijder zat hoog. Dat kon gevaarlijk en lastig zijn. Een snelheidsvoordeel leverde ook een nieuwe gebruiksgrens op.

2 **Een ketting verplaatst de aandrijving**

Een ketting kon trapbeweging naar het achterwiel brengen. Daardoor hoefde de pedaalbeweging niet rechtstreeks aan een reusachtig voorwiel gekoppeld te zijn. De Rover veiligheidsfiets uit 1885 gebruikte deze richting en hielp een lager, beter berijdbaar ontwerp populair worden. Eerdere en latere fietsen hadden eigen vormen en verbeteringen.

3 **Een ontwerp blijft veranderen**

Banden, remmen, verlichting en framevorm passen bij gebruik. Een kinderfiets en vrachtfiets hoeven niet identiek te zijn. Vraag bij een

Een ontwerp blijft veranderen

historische fiets welke taak hij moest doen en welke onderdelen ontbreken vergeleken met nu. Noem niet automatisch één uitvinder voor alles: een ontwikkeling bevat veel bijdragen en tests.

GEBRUIKERSVRAAG

Welk voordeel geeft een lagere zitplek?
Welke andere eisen, zoals remmen en verlichting, moet je daarnaast nog bekijken?



★★☆ gemiddeld

De schakelaars van papier

Je hebt drie kaartjes met vaste waarden: driehoek 1, cirkel 2 en vierkant 4. Ieder kaartje mag per opgave hoogstens één keer worden gekozen. Tel de gekozen waarden op. Oplossingen: blz. 49.

1 Welke kaartjes geven samen 5?

2 Welke kaartjes geven samen 7?

3 Kun je 8 maken met de drie kaartjes volgens deze regels?

Maak de volledige waardenlijst

Teken voor 0 tot en met 7 de gekozen kaartjes. Nul gebruikt geen kaartje. Controleer dat geen twee keuzes dezelfde som hebben.

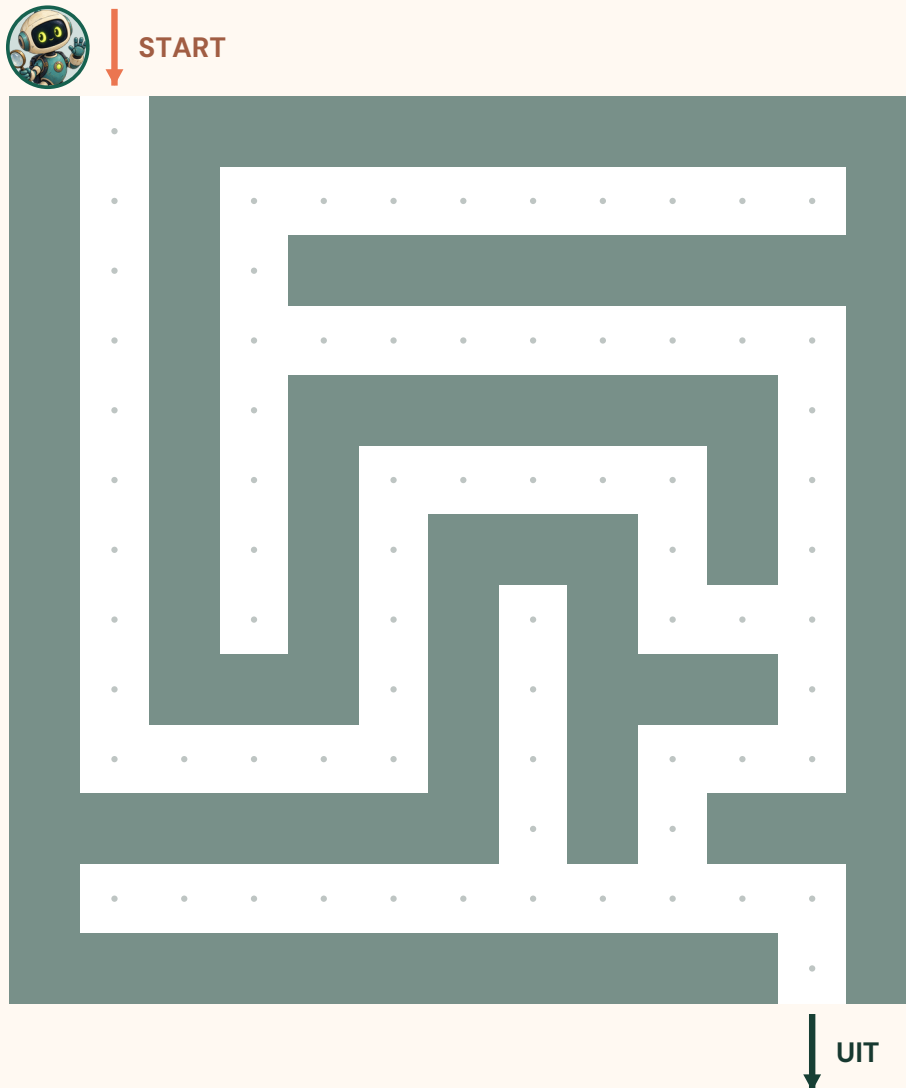
Vak 1

★★☆ gemiddeld

BO zoekt de onderdelenkast



De werkplaats is op papier een doolhof. Plan een route naar de juiste kast zonder door een wand te gaan.



Routeplanner

Start bij de opening bovenaan, rij 1, kolom 2. Het doel is de opening onderaan, rij 13, kolom 12. Beweeg steeds één vak omhoog, omlaag, links of rechts. Muren en schuine sprongen zijn verboden. Markeer een doodlopende gang en keer terug naar het laatste kruispunt.

Bedenk een algoritme

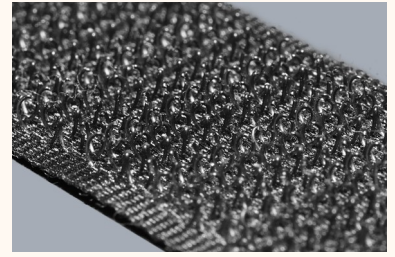
Maak van jouw route een reeks vaste kaart-richtingen. Voeg start, eind en de betekenis van elke stap toe. Zou iemand hem zonder gebaren kunnen volgen?



BO Mijn wielen willen meteen rijden. Eerst volg ik de route met mijn vinger.

Een klit wordt een sluiting

Een plant kan een zaad met haakjes laten meeliften. Een uitvinder keek goed en onderzocht of een verbinding zo ook kon werken.



Macro-opname van de haakzijde van klittenband; de luszijde staat niet op deze foto.

Kijken naar vastzitten

De Zwitserse ingenieur George de Mestral onderzocht klitten die aan kleding en vacht bleven hangen. Onder vergroting zag hij haakjes die aan lusjes konden grijpen. De vraag werd niet “kopieer de hele plant”, maar “kan ik dit verbindingstype gebruiken?”. Dat verschil maakt de waarneming bruikbaar voor techniek.

Een idee moet materiaal krijgen

Een sluiting met haakjes en lusjes was niet meteen klaar. Grootte, vorm en materiaal moesten bij elkaar passen. Als de lusjes te groot of haakjes ongeschikt waren, werkte het niet goed. Er volgden jaren van ontwikkelen en testen. Een inspirerende natuurwandeling is dus een begin van het verhaal, geen complete bouw instructie.

Functie vergelijken

De natuurlijke klit helpt vervoer. Een gemaakte sluiting verbindt twee delen die weer los moeten kunnen. Je gebruikt een verwant principe voor een andere taak. Benoem daarom welk onderdeel je overneemt en welk doel verandert. Je hoeft niet zelf klitten op dieren te plakken. Bekijk een bestaande veilige sluiting met toestemming en voel aan de twee verschillende kanten.



VAN NATUUR NAAR ONTWERP

Teken eerst de waargenomen functie, daarna de nieuwe taak. Waar lijken ze op elkaar en waar verschillen de eisen?

TAALWEETJE

Een naam met twee stukjes

De merknaam Velcro is gevormd uit Franse woorden voor fluweel en haak.

Wat de naam laat zien

De verbinding gebruikt twee kanten. In Nederlands noemen we zulke sluitingen vaak klittenband. Niet iedere losse lus hoeft aan elk haakje te grijpen; veel contacten samen maken de verbinding bruikbaar. De macrofoto bij dit artikel

toont alleen de haakzijde. Je ziet dus niet de sluiting aan het werk. Vergelijk haar met de twee kanten van een sluiting die je met toestemming mag bekijken. Welke kant voelt ruwer, welke zachter? Teken beide afzonderlijk en daarna hun contact. Zo helpt de naam je het principe onthouden, terwijl de foto maar één onderdeel bewijst.

Bron: 9

★★☆ gemiddeld

Een doos die niets erbij maakt ✨

BO bedenkt een oplossing voor elk energietekort: "Een extra opslagdoos!" Kijk of die oplossing ook werkt wanneer de inhoud ontbreekt. Uitleg: blz. 49.

Lege opslag

De club gebruikt Bram's fichesmodel. Er zijn geen fiches bewaard. De bronnen leveren in een ronde drie fiches; de huisjes vragen er vijf.

Lost een tweede lege opslagdoos het tekort op?

Denk aan:

- Hoeveel fiches zijn werkelijk beschikbaar?
- Maakt een doos nieuwe fiches?

Mijn voorspelling en waarom

Het model en het doel

Bram bouwt een papieren houder die één potlood rechtop houdt. Daarna wil hij er een zware stapel boeken op leggen.

Bewijst zijn eerste geslaagde test dat de tweede taak lukt?

Denk aan:

- Welk gewicht werd getest?
- Zijn potlood vasthouden en boeken dragen hetzelfde doel?

Mijn voorspelling en waarom





De brug die niets mocht vergeten

Bram bouwt een route voor een speelgoedkar. BO stelt één eis en vergeet de rest.

Een gat in de tafelwereld

Op de werktafel lag een kartonnen landschap. Twee stukken tafelmodel waren gescheiden door een smalle opening. Juf Mira gaf de Wonderclub een speelgoedkar. “Hij moet naar de overkant. En de brug moet soms open kunnen.”

BO tekende meteen een dikke brug. Bram vroeg hoe breed de kar was. Noor schreef twee eisen op: kunnen rijden en kunnen openen.

“Mijn brug is sterk,” zei BO.

“Misschien,” zei Noor. “Maar we moeten beide taken testen.”

De eerste oversteek

Bram knipte met hulp een passende kartonnen klep. Noor mat de opening. BO telde drie proefritten. De kar bereikte steeds de overkant.

“Volledig geslaagd!” riep hij. Juf Mira vroeg de brug te openen. Eén hoek ging



Illustratie • Bram bouwt een kartonnen brug voor een speelgoedkar; Noor en BO vergelijken eisen.

omhoog en de andere bleef haken. De klep trok scheef.

Bram hield de kar veilig van de rand. “We hebben de rijtaak getest, maar het openen bijna niet.” Noor zette geen groot kruis door het ontwerp. Ze maakte twee aparte vakken: rijden en openen.

Een vraag aan het onderdeel

BO wilde een heel nieuwe brug. Bram onderzocht eerst de verbinding. Twee scharnierpunten moesten langs dezelfde draailijn werken. Een scheve bevestiging kon de klep laten wringen.

Noor tekende de lijn waarop de punten moesten liggen. Het was een model, geen echte brug voor mensen. Toch verdiende het een eerlijk onderzoek. Ze wilden niet de sterkste onderdelen kiezen zonder te weten wat misging.

BO bewaarde zijn eerste drie successen. Daarnaast kwam het mislukte openen. Voor het eerst liet zijn rapport zien dat hetzelfde ontwerp tegelijk ergens goed en ergens onvoldoende in kon zijn.

De klep krijgt een lijn

Bram legt de klep plat en trekt een lijn tussen de scharnierpunten.



Fictieve illustratie • Twee scharnieren delen één draailijn. Bram probeert de klep; Noor controleert de maat, BO bewaart het motorplan.

Eerst hetzelfde houden

Bram wilde alleen de scharnierplaats veranderen. De kartonnen klep, de opening en de kar bleven gelijk. Noor noteerde wat hetzelfde bleef. Juf Mira hielp met het veilig vastzetten.

BO keek naar de smalle lijn op de tekening. “Zo weinig werk? Ik had een extra motor bedacht.”

“Een motor zou onze vraag veranderen,” zei Bram. “We testen eerst waarom de klep scheef gaat.”

Een nieuwe vergelijking

De klep bewoog nu rustiger. Ze openden en sloten hem drie keer. Daarna reed dezelfde kar over dezelfde route. Noor zag nog een randje dat omhoog kwam.

“Hij opent beter, maar de aansluiting kan strakker,” zei ze. BO wilde “perfect” schrijven en stopte halverwege. Hij maakte een lijst met geslaagde eisen en overgebleven vragen.

Bram tekende waar de wielrand bleef haken. De volgende versie kreeg op dat punt een betere aansluiting. Ze hadden geen reden de hele brug zwaarder te maken.

Een gebruiker krijgt het woord

Juf Mira vroeg een andere leerling het model te gebruiken. Die wist niet hoe ver de klep omhoog mocht. Bram had steeds zelf vastgehouden en daarmee een aanwijzing gegeven die niet op papier stond.

Noor schreef een korte gebruiksinstructie en markeerde een veilige ruststand. BO ontdekte nog een testvraag: werkt het ook als een nieuwe gebruiker alleen de aanwijzingen krijgt?

De tafel werd niet voller met apparaten, maar met kleine duidelijke notities. Elke versie had een datum en een reden. Bram keek tevreden naar de kar. Het werk leek minder spectaculair dan BO's motortekening, maar iedere verandering maakte een echte taak beter.



Een rapport voor de volgende bouwer

Een nieuwe leerling staat voor de brug.
Bram houdt zijn handen achter zijn rug.



Fictieve illustratie • Een nieuwe leerling test de speelgoedbrug met de instructiekaart. Bram kijkt toe en geeft geen extra handgebaren.

Geen geheime handbeweging

Een nieuwe gebruiker las hun korte instructie. Start met de klep gesloten. Laat de kar rustig rijden. Haal de kar weg voordat de klep opent. Gebruik de gemarkeerde ruststand.

Bram hield zijn handen achter zijn rug. Noor gaf geen extra gebaren. BO telde de teststappen. De brug deed de afgesproken taken. Eén woord werd verbeterd omdat “omhoog” zonder plek nog te vaag bleek.

Wat het model niet bewijst

BO schreef een titel: GESLAAGDE BRUG. Noor zette eronder: voor deze speelgoedkar en deze opening. Ze hadden geen mensen, zware lasten of buitenweer getest. Het model mocht niet veranderen in een bouwadvies voor een echte brug.

Bram voegde materiaal, afmetingen en de scharnierlijn toe. Daardoor kon een volgende bouwer begrijpen waar hun resultaat op steunde. Juf Mira vroeg waarom zij mislukkingen in het verslag lieten staan.

“Omdat daarin staat waarom de nieuwe versie nodig was,” zei Bram.

De beste uitvinding van de middag

Bij de presentatie wees BO niet eerst naar de klep, maar naar het eisenblad. Rijden, openen, veilig gebruiken en duidelijke instructies stonden afzonderlijk afgevinkt. De eerste versie had alleen het rijden gehaald.

“Mijn grote motorplan staat nog in het archief,” zei hij. “Maar we hadden hem niet nodig voor deze vraag.”

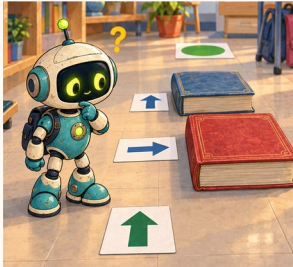
Noor plakte alle versies achter elkaar. Bram legde de kar op het startpunt. Het model had geen geheim meer dat alleen de maker kende.

Toen de club opruimde, rolde een potlood van de tafel. BO keek naar zijn grote potloodmachine op een ander blad. Hij pakte een eenvoudige papieren huls en schreef eerst één kleine eis.

Een nieuwe uitvinding begon die middag niet met een robotarm. Hij begon met een betere vraag.

Eén pijl te veel gedraaid ✨

BO volgt de papieren route van Bram. Eén instructie heeft een verkeerde richting. Noor zoekt eerst de fout voordat ze het hele programma herschrijft.



BO: Mijn route eindigt tegen het boekenblok. Ik ben vast een slechte robot.



Bram: Wacht, ik draaide dit ene pijltje om. De startplek was wel gelijk.



Noor: We veranderen alleen die kaart en proberen dezelfde route opnieuw.



BO: Nu kom ik bij het doel. Eén verdachte instructie, één gerichte test!

Illustratie • Eén verdachte instructie wordt in deze fictieve route omgedraaid, waarna BO opnieuw test.

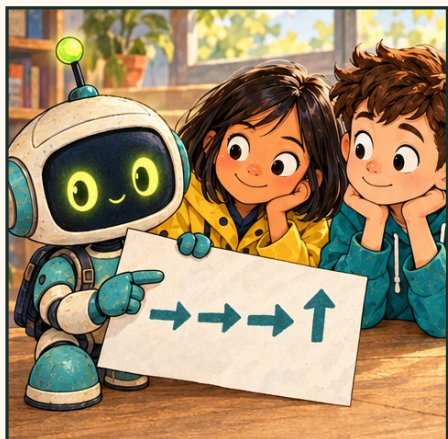
De fout zit niet automatisch in BO

In deze fictieve strip is het omgedraaide kaartje de fout. In een echte test controleer je ook of startplek, beginrichting en uitvoering gelijk zijn. Pas wanneer je die afspraken bewaart, vertelt een verbetering iets over de veranderde instructie.



De code mist een begin

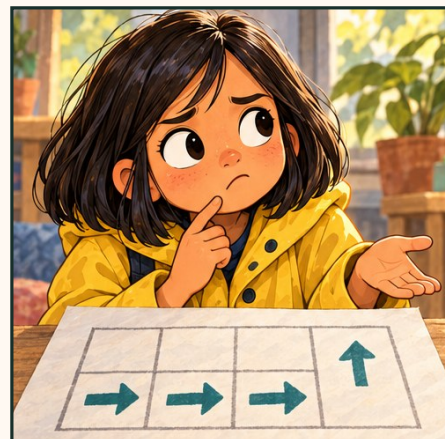
BO's pijlen zijn duidelijk. Toch loopt Bram op papier verkeerd. Een richting zonder startafpraak is maar een deel van de boodschap.



1 BO Hier is de route. Volg de pijlen!



2 Bram Ik kom een vak te ver. Waar moest ik beginnen?



3 Noor We hebben geen startvak afgesproken. En welke kant heet boven?



4 BO Ik teken een startstip en een vaste pijl naar de bovenkant van de kaart.



5 Bram Nu volg ik dezelfde code en bereik ik het doel.



6 Noor Een duidelijke boodschap bevat ook de voorwaarden. We testen opnieuw zonder extra gebaren.

Illustratie • Een fictief Wonderclub-stripje. De zes gesprekjes lees je onder de plaatjes.

★★★ pittig

Zes cijfers zoeken hun plek



Vul de cijfers 1 tot en met 6 in. Elke rij, elke kolom en elk blok van 2 bij 3 vakjes bevat elk cijfer precies één keer.

	1	2	3	4	5	6
1				4		2
2				5	3	
3		6				
4	4				2	
5					4	
6	6			2	5	

Zo pak je het aan

Zoek een cijfer dat in een blok nog maar op één plek kan. Bekijk ook de andere blokken in dezelfde rijstrook. Schrijf bij een lastige stap waarom jouw cijfer daar moet staan.

De oplossing op blz. 47 gebruik je als controle nadat je zelf hebt geprobeerd.



Bram Groter rooster, zelfde regel: één zeker vakje tegelijk.

Zes woorden voor een machine ✨

Leg deze woorden in de juiste volgorde bij een ontwerp. Een apparaat wordt begrijpelijker wanneer je voor elk onderdeel kunt uitleggen wat het doet.

01 **BRON** · Waar energie begint

Een windturbine haalt energie uit bewegende lucht. De bladen creëren die energie niet zelf. Voor jouw model blijven bron en omzetter dus twee verschillende onderdelen.

02 **ROTOR** · Het draaiende geheel

Bij een windturbine horen de bladen en hun gezamenlijke draaipunt bij de rotor. Beweging is nog niet hetzelfde als elektrische energie.

03 **GENERATOR** · Een omzetter

Een generator kan mechanische beweging in elektrische energie omzetten. Een los papieren molentje zonder generator is geen stroombron. Een draaiende rotor alleen garandeert dus geen brandend lampje.

04 **OPSLAG** · Later gebruiken

Bram's fichesdoos bewaart al geleverde energie voor een latere spelronde. Een lege doos kan een tekort niet uit zichzelf aanvullen.

05 **PROTOTYPE** · Een testmodel

Een eerste ontwerp kan je iets leren over één gekozen taak. Een geslaagde lichte test bewijst niet dat het model iedere zware belasting draagt.

06 **CRITERIUM** · De afspraak vooraf

Schrijf vóór een test wat als succes telt. "Tien seconden één potlood vasthouden" is beter controleerbaar dan "een superhouder zijn".





Een liniaal als hefboom

Test evenwicht met lichte gelijke voorwerpen. Je onderzoekt afstand tot een draaipunt, geen zwaar tilwerk.

01 Wat gebeurt er?

Een verder gelegen kracht kan een groter draai-effect hebben. Twee gelijke lasten dichtbij kunnen in een ideaal model met één verderop in evenwicht zijn. Het gewicht van de liniaal en de vorm van het steunpunt beïnvloeden de echte proef. Noteer afwijkingen in plaats van je tekening stiekem aan te passen.

Dit heb je nodig

- ☐ Een stevige plastic liniaal
- ☐ Een rond potlood
- ☐ Zes gelijke lichte blokjes of grote fiches
- ☐ Papier en een volwassene

Zo doe je het

- 1 Leg het potlood op een tafel en de liniaal er dwars over. Laat een volwassene helpen het midden te vinden.
- 2 Gebruik gelijke voorwerpen op de liniaal. Begin op gelijke afstand van het steunpunt.
- 3 Zet links twee voorwerpen dicht bij het draaipunt.
- 4 Probeer rechts één voorwerp verder weg te leggen. Zoek voorzichtig een evenwicht.
- 5 Meet beide afstanden en teken ze. Houd het steunpunt op dezelfde plek.
- 6 Herhaal. Noteer ook wanneer de liniaal zelf scheef of te buigzaam is.



SAMEN VEILIG

Geen zware lasten of metalen hefwerktuigen. Houd vingers uit knelpunten. Gebruik geen kleine fiches bij jonge kinderen.



MIJN LOGBOEK

Links aantal/afstand: ... Rechts: ...
Evenwicht: ... Herhaling: ... Afwijking van model: ...



★★☆ gemiddeld

Glijden of rollen?

Een lichte doos moet vooruit. Verandert het benodigde duwtje als hij op ronde potloden rust?

01 Wat gebeurt er?

Rollers veranderen de contactbeweging. In veel situaties maakt dat verplaatsen gemakkelijker, maar vorm, ondergrond en uitlijning doen mee. Je meet hier geen exact krachtgetal. Voor een precieze vergelijking zou een geschikte krachtmeter nodig zijn. Een bruikbare conclusie noemt daarom wat je werkelijk voelde en welke test je uitvoerde.

Dit heb je nodig

- ☐ Lichte lege kartonnen doos
- ☐ Drie ronde potloden
- ☐ Vlakke tafel
- ☐ Liniaal en schrift

Zo doe je het

- 1 Schuif de lege doos een korte afstand over de tafel. Gebruik alleen een klein duwtje.
- 2 Leg de ronde potloden parallel naast elkaar onder de doos.
- 3 Duw opnieuw voorzichtig over dezelfde afstand.
- 4 Verplaats een vrijgekomen achterste roller naar voren, zonder de doos op te tillen.
- 5 Noteer wat je voelt en waar rollers scheef gaan.

- 6 Vergelijk nogmaals zonder rollers. Je gevoel is een waarneming, geen nauwkeurige krachtmeter.



SAMEN VEILIG

Alleen een lege lichte doos. Niet op spullen of personen rollen. Test laag op een tafel met toezicht en ruim potloden op.



MIJN LOGBOEK

Zonder rollers:

Met rollers: ...
Scheefgaan: ...
Wat hield ik
gelijk?

Wat meet ik
nog niet?

★★☆ gemiddeld

Maak een code zonder stopcontact

Geef een helper een route over een papieren raster. Je test instructies, niet elektrische onderdelen.

01 Wat gebeurt er?

Een algoritme is een beschrijving van stappen. Hij werkt alleen als de betekenis en startvoorwaarden duidelijk zijn. Een mens kan een ontbrekende aanwijzing soms raden; dat maakt de instructie nog niet volledig. Een mislukte test kan precies tonen welke afspraak je moet toevoegen.



SAMEN VEILIG

Geen lopen met blinddoek, geen echte straatroute en geen elektrische aansluiting. Gebruik een grote pion en houd kleine spullen weg van jonge kinderen.



MIJN LOGBOEK

Mijn code: ... Start: ... Eerste misverstand: ...
Toegevoegde afspraak: ... Tweede uitkomst: ...

Dit heb je nodig

- ☐ Papier met een raster van 5 bij 5 vakken
- ☐ Grote pion
- ☐ Potlood
- ☐ Een helper

Zo doe je het

- 1 Markeer een startvak en eindvak. Spreek vast af welke kant op de kaart boven is.
- 2 Gebruik de opdrachten omhoog, omlaag, links en rechts. Elke opdracht is één vak.
- 3 Schrijf een route van zes stappen die binnen het raster blijft.
- 4 Laat een helper alleen de tekst lezen en uitvoeren. Geef geen gebaren.
- 5 Noteer waar uitleg ontbreekt of een stap anders wordt begrepen.
- 6 Verbeter de tekst en laat een nieuwe test doen vanaf dezelfde start.



☆☆☆ makkelijk

Een vorm in bewegende lucht

Papier kan bewegen zonder elektriciteit te produceren. Met deze veilige tafeltest kijk je naar beweging en lucht; je gebruikt geen generator.

Dit heb je nodig

- ☐ Een strook gewoon papier van ongeveer 3 × 20 cm
- ☐ Een potlood
- ☐ Een vlakke tafel

Zo doe je het

- 1** Vouw de strook in het midden tot een losse V. Maak geen scherpe punt en gebruik geen nietjes.
- 2** Zet de gevouwen rand op tafel zodat de V als een klein open dakje staat.
- 3** Blaas zacht van dezelfde afstand tegen één kant. Noteer of de strook verschuift, kantelt of beweegt.
- 4** Vouw de V wat smaller. Herhaal vanaf dezelfde afstand en richting. Vergelijk de waargenomen beweging, niet een verzonnen stroomwaarde.
- 5** Herhaal beide vormen drie keer. Als de uitkomsten verschillen, noteer ze allemaal en bekijk of de startpositie gelijk was.

Wat bewijst beweging?

Deze strook is een luchtmodel, geen werkende windturbine. Je ziet of lucht een papieren vorm in beweging kan brengen. Je hebt geen draaiende as, generator of stroommeting. Schrijf dus niet "ik maakte elektriciteit". Een goede test noemt de werking die daadwerkelijk werd onderzocht.



SAMEN VEILIG

Gebruik alleen papier op een lege tafel. Blaas zacht; geen losse poeders, vuur, ventilator of elektriciteit. Stop als blazen onprettig voelt.

De robot leest geen gedachten

“Ruim op” klinkt duidelijk totdat BO moet kiezen wat waarheen gaat. Een bruikbare instructie benoemt stappen en uitzonderingen.



Illustratie • BO volgt fictieve instructies; hij is een verhaalpersonage en geen beschrijving van een bestaand apparaat.



NOOR'S RANDGEVAL

Wat doet je code met een kaartje waarop rood én blauw staat? Schrijf die afspraak vóór de test; verander niet achteraf alleen het verhaal.

ACHTERGROND

Een test heeft uitzonderingen

Maak niet alleen makkelijke kaartjes die jouw ontwerp al kent. Test ook leeg, dubbel en onbekend. Zo onderzoek je waar de afspraak ophoudt in plaats van alleen successen te verzamelen.

Bron: 1

Een concrete taak

Stel dat BO drie gekleurde papierkaartjes sorteert. “Alle rode links” is een regel, maar wat doet hij met blauw? En wat betekent links op deze tafel? Leg eerst vakken vast en zeg welke kleur bij welk vak hoort. Geef ook een plek voor onbekende of dubbelzinnige kaartjes.

Een volgorde om te controleren

Een instructie kan beginnen: pak één kaartje, lees de kleur, kies het passende vak, leg neer en herhaal. Zo kun je bij een fout terugvinden welke stap anders ging. Alleen “doe het goed” helpt niet. Een duidelijk proces maakt verwachtingen zichtbaar voor bouwer en gebruiker.

Een grens is ook een antwoord

Als het model maar rood en blauw kent, hoeft het een gestreept kaartje niet te gokken. Het kan “onbekend” melden. Dat lijkt minder slim, maar voorkomt een onbetrouwbare beslissing. Welke gegevens ontbreken? Welke extra regel zou nodig zijn? Een goed ontwerp legt zijn grens uit voordat iemand er te veel op vertrouwt.





Kraak de uitvindersquiz

Kies steeds één antwoord. Schrijf je reden op. Controleer daarna in De controlekamer op blz. 47.

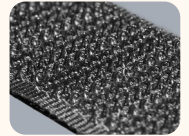
1 Wat is een prototype?

- (A) Een testversie
- (B) Altijd het eindproduct
- (C) Een garantie



5 Wat inspireerde de haak-lussluiting?

- (A) Klitten aan kleding
- (B) Alleen bliksem
- (C) Een zandloper



2 Een lange hefboomarm vraagt in het ideale model minder kracht, maar...

- (A) Maakt energie
- (B) Beweegt verder
- (C) Verplaatst niets



6 Een machine maakt gratis energie?

- (A) Ja
- (B) Alleen met tandwielen
- (C) Nee



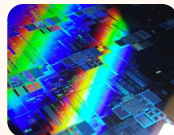
3 Een flauwe helling naar dezelfde hoogte geeft...

- (A) Een langere route
- (B) Een kortere route
- (C) Geen zwaartekracht



4 Welk getal is 1001 bij 8, 4, 2, 1?

- (A) 5
- (B) 9
- (C) 12



Jouw antwoorden

1	2	3
4	5	6

Mijn score: _____ van de 6



Het prototype verdient een test

Een model kan er mooi uitzien en toch het doel missen. Kies hoe je zijn werking eerlijk controleert. Redenen en voorbeelden staan op blz. 48.

1 Wat schrijf je op vóór je een prototype test?

- (A) Alleen de naam van de winnaar
- (B) Het doel en wat als succes telt
- (C) Dat het altijd werkt

2 Waarom verandert Bram per test liefst één onderdeel?

- (A) Om verschillen makkelijker aan dat onderdeel te koppelen
- (B) Omdat twee onderdelen verboden zijn
- (C) Om alle meetgetallen gelijk te maken

3 Een papieren vorm beweegt door blazen, zonder generator. Welke conclusie klopt?

- (A) Hij levert zeker stroom aan de stad
- (B) Hij is een eeuwigdurende machine
- (C) Lucht brengt hem in beweging

4 Een robot gaat verkeerd na één omgedraaide pijl. Wat test je eerst?



- (A) Of de robot een andere kleur wil
- (B) De verdachte pijl vanaf dezelfde startpositie
- (C) Alle routes tegelijk veranderen

Jouw antwoorden

1 2 3 4

Mijn score: _____ van de 4



Noor Ik zag: een mooi model. Ik denk: doet het ook wat het moet? Dat vertelt pas een test.

Waar komt de beweging vandaan?

Een draaiend wiel verplaatst energie. Als je de bron en verliezen vergeet, lijkt een machine meer te doen dan hij werkelijk kan.



Illustratie • Draaiende onderdelen geven beweging door; iedere echte beweging heeft een energiebron.

Wat levert de energie?

Bij een speelgoedkar die je duwt, lever jij energie. Bij een windgedreven molen levert bewegende lucht energie. De machine verandert hoe energie wordt doorgegeven of gebruikt. Een tandwiel maakt niet zelf een nieuwe voorraad uit niets. Vraag daarom bij iedere tekening welke bron de beweging begint.

Waar gaat een deel naartoe?

Wrijving kan energie naar warmte overdragen. Geluid en vervorming kunnen ook meespelen. Een echte machine is niet het ideale model waarin alles zonder verlies doorgaat. Als je alleen nuttige beweging tekent, laat je delen van de energiereis weg. Het verschil is geen bewijs dat energie zomaar verdwenen is.

Wat betekent zuinig ontwerpen?

Een ontwerp kan de gewenste taak met minder onnodige verplaatsing of verlies uitvoeren. Maar vergelijk dezelfde taak en dezelfde omstandigheden. Een kar zonder lading zegt weinig over dezelfde

Wat betekent zuinig ontwerpen?

kar met lading. Een “zuinige” uitvinding krijgt betekenis door te benoemen wat hij doet, welke bron hij gebruikt en wat je hebt gemeten.

BO'S ENERGIEPIJL

Teken bron → machine → taak. Voeg minstens één andere uitweg toe, zoals warmte. Vraag wat je nodig hebt om elke pijl echt te meten.



ACHTERGROND

Stilstand is informatie

Een model dat stopt, kan meer leren dan een model dat blijft bewegen.

Zoek de oorzaak

Controleer bron, verbinding, wrijving en belasting. Verander daarna gericht één onderdeel. Zonder die vergelijking weet je niet waarom de volgende versie beter werkte.

Bron: 1





★★★☆☆ gemiddeld

Welke test helpt?



Kies steeds één antwoord. Schrijf je reden op. Controleer daarna in De controlekamer op blz. 47.

- 1** Je verandert drie kenmerken tegelijk. Wat wordt lastiger?



- (A) Weten welk kenmerk hielp
- (B) Iets tekenen
- (C) Tijd noteren

- 4** Wat doe je bij een onbekend kaartje?

- (A) Altijd gokken
- (B) Een afgesproken onbekend-regel gebruiken
- (C) Stil de regels veranderen

- 2** 12 tanden drijft 24 tanden aan. Twee kleine rondjes geven...

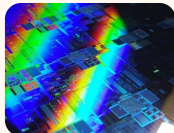
- (A) Een groot rondje
- (B) Twee grote
- (C) Vier grote

- 5** Waarom bewaar je mislukte tests?



- (A) Ze leggen verbeteringen uit
- (B) Ze bewijzen niets
- (C) Omdat elke mislukking succes is

- 3** Welke afspraak mist "ga rechts"?



- (A) De betekenis van rechts
- (B) De kleur van papier
- (C) Het aantal letters

Jouw antwoorden

1		2		3	
4		5			

Mijn score: _____ van de 5



Uitvindingen om je heen

Maak een ontwerpwandeling met een volwassene. Kijk naar taken, onderdelen en gebruikers zonder iets uit elkaar te halen.

Een taak bij een ding

Kies drie veilige voorwerpen, zoals een deurkruk, fietslamp en ritssluiting. Noteer wie ze gebruikt en wat ze moeten doen. Een taak is concreter dan alleen een mooie naam.

Een eis en een grens

Schrijf bij één voorwerp een controleerbare eis en een situatie waarin je meer informatie nodig hebt. Laat verkeer, elektriciteit en echte zware mechanieken ongemoeid.

Zo doe je het

- 1 Drie taken genoteerd.
- 2 Een gebruiker benoemd.
- 3 Een onderdeel getekend.
- 4 Een controleerbare eis geschreven.
- 5 Een grens van mijn onderzoek vermeld.



SAMEN VEILIG

Ga met een volwassene. Raak geen machines, kettingen, stopcontacten of verkeersinstallaties aan. Kijk en teken vanaf een veilige plek.



MIJN ONTDEKKING

Voorwerp: ... Taak: ... Onderdeel: ... Eis: ...
Niet getest: ...

Jouw ontwerprapport ✨

Ontwerp op papier een houder voor één potlood. Je hoeft nog niets te knippen: eerst teken je wat je wilt testen en welke verandering verschil kan maken.

01 Teken twee versies

Zet bij A de onderdelen met maten of verhoudingen. In B verander je precies één onderdeel. Schrijf bij beide het doel: bijvoorbeeld één potlood tien seconden rechtop houden op een droge tafel. Leg uit waarom jouw verandering dat doel zou helpen.

02 Maak ruimte voor een mislukking

Onder je tekeningen schrijf je welke uitkomst je zou meten. Teken ook één manier waarop de houder kan falen. Vraag een ander welke afspraak in jouw rapport nog ontbreekt. Een ontwerpblad is klaar wanneer iemand begrijpt wat getest moet worden, niet alleen wanneer de tekening mooi is.

Versie A en versie B

Teken de twee versies naast elkaar. Omcirkel het ene veranderde onderdeel en schrijf onderaan het succescriterium.

Versie A

Versie B

De controlekamer

Controleer je redenering, niet alleen je laatste cijfer. Een gemeten proefuitkomst kan verschillen; noteer dan wat je anders hebt gedaan.

Quiz • blz. 21

1. A — Een half groot rondje. 10 van 20 tanden: een half rondje. Zie blz. 20.
2. B — 2. Vier keer een half is twee. Zie blz. 20.
3. B — Tegengesteld. Contacttanden duwen tegenovergesteld. Zie blz. 20.

Quiz • blz. 41

1. A — Een testversie. Hij onderzoekt een vraag. Zie blz. 10.
2. B — Beweegt verder. Kracht en afstand worden geruild. Zie blz. 12.
3. A — Een langere route. De stijging spreidt over afstand. Zie blz. 13.
4. B — $9 \cdot 8 + 1 = 9$. Zie blz. 16.
5. A — Klitten aan kleding. Haakjes grepen aan lusjes. Zie blz. 27.
6. C — Nee. Ze draagt energie over. Zie blz. 43.

Quiz • blz. 44

1. A — Weten welk kenmerk hielp. Vergelijking raakt onduidelijk. Zie blz. 10.
2. A — Een groot rondje. 24 tanden passeren. Zie blz. 20.
3. A — De betekenis van rechts. Richting vraagt een referentie. Zie blz. 17.
4. B — Een afgesproken onbekend-regel gebruiken. Een grens maakt uitkomst betrouwbaar. Zie blz. 40.
5. A — Ze leggen verbeteringen uit. Ze tonen een niet gehaalde eis. Zie blz. 31.

Sudoku • blz. 6

4	3	2	1
1	2	3	4
3	1	4	2
2	4	1	3

Sudoku • blz. 34

1	5	3	4	6	2
2	4	6	5	3	1
5	6	2	3	1	4
4	3	1	6	2	5
3	2	5	1	4	6
6	1	4	2	5	3

Woordzoeker • blz. 14

TANDWIEL: (10,4) → (3,4);
 HEFBOOM: (4,9) → (10,9);
 ONTWERP: (9,11) → (3,11);
 SCHROEF: (4,7) → (10,7);
 KETTING: (7,6) → (1,6); PROEF:
 (9,8) → (5,8); CODE: (11,5) →
 (8,5); IDEE: (8,10) → (5,10)

W	T	O	S	F	G	U	Z	L	Z	N
G	U	U	B	E	N	O	C	U	O	K
F	W	G	L	I	I	C	D	W	S	P
U	C	A	E	I	T	S	H	H	F	R
O	U	W	I	V	T	C	F	E	E	E
W	V	A	W	L	E	H	E	F	E	W
M	T	D	D	R	K	R	O	B	D	T
T	W	L	N	E	N	O	R	O	I	N
U	E	H	A	D	W	E	P	O	B	O
N	E	P	T	O	N	F	P	M	R	A
M	Z	K	G	C	R	K	V	O	B	H

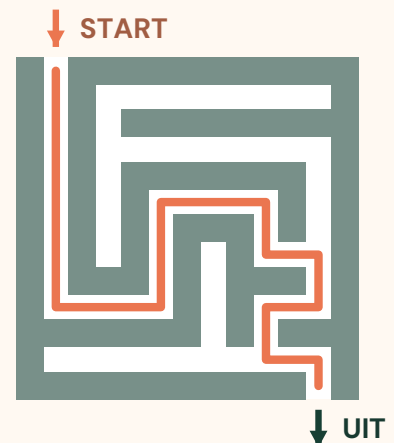
Raadsels • blz. 19

1. Een tandwiel. Passende tanden dragen beweging over.
2. Een klittenbandsluiting. Veel kleine contactpunten maken de verbinding.

Gedachtenproeven • blz. 19

1. Twee duidelijke routes?: Ja. Hun eigen rechterkant wijst tegengesteld. Spreek een vaste kaartrichting af; dan bepaalt dezelfde opdracht dezelfde verplaatsing voor beide lezers. Let op: Dit gaat om een onduidelijke afspraak, niet om een fout in tellen.
2. Vier codeplekken: Er zijn zestien patronen. Het grootste getal is 15, want $8 + 4 + 2 + 1 = 15$; nul telt als mogelijkheid mee. Let op: De afspraak gebruikt deze plaatswaarden en vier plekken.

Doolhof • blz. 26



(1,2) → (2,2) → (3,2) → (4,2) →
 (5,2) → (6,2) → (7,2) → (8,2) →
 (9,2) → (10,2) → (10,3) →
 (10,4) → (10,5) → (10,6) →
 (9,6) → (8,6) → (7,6) → (6,6) →
 (6,7) → (6,8) → (6,9) → (6,10) →
 (7,10) → (8,10) → (8,11) →
 (8,12) → (9,12) → (10,12) →
 (10,11) → (10,10) → (11,10) →
 (12,10) → (12,11) → (12,12) →
 (13,12)

Nieuwe quizzen: zo zit het

Volledige antwoorden en uitleg: controleer ook de tussenstappen en afspraken. Een ander antwoord vraagt een reden: welk gegeven of welke aanname gebruikte je anders?

Quiz • blz. 8

1. A — Bewegende lucht. De turbine haalt energie uit de luchtstroming. Zie blz. 4.
2. B — De generator. De generator is verbonden met het draaiende mechanische deel. Zie blz. 4.
3. C — Nee, er bestaan directe aandrijvingen. Bij een directe aandrijving zijn rotor en generator anders gekoppeld. Zie blz. 4.
4. B — Bewaarde energie later gebruiken. De doos bewaart bestaande fiches voor een volgende ronde. Zie blz. 5.

Quiz • blz. 22

1. A — “Vooruit” heeft dan een duidelijke betekenis. Dezelfde instructie hangt af van de richting waarin BO begint. Zie blz. 40.
2. B — Cirkel en vierkant. $2 + 4 = 6$; de tekens hebben vaste waarden. Zie blz. 25.
3. C — Twee omwentelingen. 24 tanden passeren; dat zijn twee groepen van twaalf. Zie blz. 20.
4. A — 3 fiches. $2 + 5 - 4 = 3$; tel de beginvoorraad mee. Zie blz. 5.

Quiz • blz. 42

1. B — Het doel en wat als succes telt. Zonder

criterium weet je achteraf niet of het doel gehaald is. Zie blz. 18.

2. A — Om verschillen makkelijker aan dat onderdeel te koppelen. Een gerichte vergelijking maakt oorzaken beter te onderzoeken. Zie blz. 18.
3. C — Lucht brengt hem in beweging. Je hebt alleen beweging waargenomen, geen elektrische opwekking. Zie blz. 39.
4. B — De verdachte pijl vanaf dezelfde startpositie. Met één gerichte correctie kun je zien of die instructie de fout veroorzaakte. Zie blz. 32.

Nieuwe puzzels: de redenering

Volledige antwoorden en uitleg: controleer ook de tussenstappen en afspraken. Een ander antwoord vraagt een reden: welk gegeven of welke aanname gebruikte je anders?

Raadsels • blz. 9

1. Links; schroefkaartjes midden, meetkaartjes rechts. Rechts is bezet. Schroefkaartjes kunnen niet links liggen, dus gaan ze naar midden. Alleen links blijft voor de tandwielkaartjes over.
2. 5 blokjes. $15 - 6 = 9$, daarna $9 - 4 = 5$. De twee modellen blijven in elkaar; de eerste zes komen niet opnieuw beschikbaar.
3. 15 minuten. Vier tests vragen $4 \times 3 = 12$ minuten. Tussen vier tests liggen drie pauzes: $3 \times 1 = 3$. Samen 15 minuten.

Raadsels • blz. 25

1. Vierkant en driehoek. $4 + 1 = 5$. De andere paren

geven 3 en 6. Alle drie samen geven 7.

2. Alle drie: vierkant, cirkel en driehoek. $4 + 2 + 1 = 7$.

Zonder één van deze kaartjes is de som kleiner; geen kaartje mag dubbel gebruikt worden.

3. Nee. De grootste toegestane som is $1 + 2 + 4 = 7$. Acht vraagt een extra waarde of een herhaling, en beide zijn in deze opgave uitgesloten.

Gedachtenproeven • blz. 28

1. Lege opslag: Nee. Er zijn maar drie fiches beschikbaar en de vraag is vijf. Twee extra fiches moeten uit eerder gevulde opslag, een andere bron of een lagere vraag komen.

Een tweede lege doos verandert die voorraad niet. Afspraak: Fiches stellen hier energie per ronde voor. Echt opslagverlies en het vermogen van apparaten worden in dit simpele model niet doorgerekend.

2. Het model en het doel:

Nee. De eerste test ondersteunt alleen het vasthouden van dat potlood onder die omstandigheden. Een nieuwe belasting vraagt een nieuw criterium en een geschikte test. Een werkend model is geen bewijs voor elke mogelijke taak. Afspraak: Gebruik voor een echte test alleen lichte materialen op tafel. Een zwaar voorwerp kan vallen; deze boekentaak blijft een gedachtenproef.

Tot de volgende ontdekking!

Bewaar je mooiste vraag. Misschien begint daar je volgende onderzoek mee.

WONDER

Nummer 4 • Slimme uitvindingen. Voor nieuwsgierige lezers van 7–12 jaar. BO, Noor en Bram zijn fictieve personages. Verhalen, strips en rekenvoorbeelden zijn oorspronkelijk voor dit nummer geschreven.

Bronnen

- 1 NASA JPL • Engineering in the Classroom
- 2 NASA Glenn • Simple Machine Web
- 3 NASA • Simple Machines
- 4 CS Unplugged • Binary Numbers
- 5 Smithsonian Lemelson Center • Was the Patent Application for the Typewriter Handwritten?
- 6 Smithsonian • Wooden Hand Presses
- 7 Science Museum Group • Rover Safety Bicycle, 1885
- 8 Science Museum • Perilous Penny-farthings
- 9 Smithsonian Lemelson Center • George de Mestral: Velcro Inventor

- 10 Royal Botanic Gardens, Kew • How plants hitchhike on animal poo
- 11 NASA Glenn • Work and Energy
- 12 U.S. DOE • How Do Wind Turbines Work?
- 13 EIA • Delivery to Consumers
- 14 NASA JPL • Engineering Design Process Flow Chart

Foto's

- Via Wikimedia Commons, tenzij anders vermeld.
- blz. 2, 15, 16, 17, 41, 44** • 2x910 • CC BY-SA 4.0
- blz. 23** • Djehouty • CC BY-SA 4.0
- blz. 27, 41** • Alexander Klink; achtergrondbewerking door Nagualdesign • CC BY 3.0 • De bronversie heeft

Zo lees je ons onderzoek

De bronnen en beeldcredits hieronder vertellen waar feiten en beelden vandaan komen. Modellen laten een deel van de werkelijkheid zien; hun grenzen staan bij de opdracht. Vraag een volwassene om hulp bij proefjes en buitenmissies.

een afgescheiden achtergrond

Illustraties

- blz. 1** • Wonder O4 cover new
- blz. 1, 2, 10, 13, 29, 41, 44** • WONDER O4 — Wonderclub-verhaal
- blz. 1, 2, 4, 8** • Wonder O4 wind machine
- blz. 2, 11, 16, 19, 26, 28, 35, 40, 43** • BO, het onderzoeksrobotje
- blz. 6, 11, 34** • Bram, de bouwer
- blz. 7** • WONDER O4 — zesdelige strip
- blz. 12, 41, 43** • WONDER O4 — omslagillustratie
- blz. 30** • Twee scharnieren, één lijn
- blz. 31, 44** • De brug wordt getest

blz. 32, 42 • Wonder O4 comic debug

blz. 33 • WONDER O4 — zesdelige strip

blz. 40, 42 • Noor, de speurneus

blz. 50 • WONDER O5 — omslagillustratie

BO, Noor, Bram, de strip en de als illustratie vermelde scènes zijn originele, met AI gemaakte beelden. De foto's hieronder zijn echte foto's. Schema's zijn uitlegtekeningen. Foto's zijn verkleind en kunnen voor de opmaak zijn bijgesneden; ze houden hun aangegeven licentie. Teksten, diagrammen, puzzels en vormgeving: WONDER.



IN DE VOLGENDE EDITIE • Vanaf 8 oktober 2026

Reis door tijd en ruimte

- Waarom loopt een jaar op Mars anders?
- Lees het verleden in een scherf.
- De Wonderclub ontdekt een verwisseld museumlabel.