

Metamaterialen

In deze les onderzoeken de leerlingen wat metamaterialen zijn. Ze bekijken voorbeelden en toepassingen en proberen zelf een metamateriaal te maken. Totale lesduur: 1 lesuur.

LESOPBOUW

- Introductie: Wat zijn metamaterialen?
- Verdieping: Waar worden metamaterialen voor gebruikt?
- Doen: Maak zelf een metamateriaal.
- Afronding: Reflecteren op de voor- en nadelen van toepassingen van metamaterialen.

VOORBEREIDING & BENODIGDHEDEN

Van tevoren kun je een aantal dingen doen:

- Lees de handleiding.
- Digibord met internetverbinding: klik door de slides voor op het digibord.
- Bekijk van tevoren de video's uit deze les.
- Leg A4-papier en een flinke stapel vouwblaadjes en scharen klaar.
- Print het stappenplan in de bijlage.

DIFFERENTIATIE

Als je nog meer wilt doen met papiervouwkunst, is de Digi-doener [Hypermoderne vouwkunst](#) een aanrader.



BURGERSCHAP

In deze les staat de pijler 'participatie' centraal, waarbij de focus ligt op het ontwikkelen van de houding 'Betrokkenheid bij en bijdragen aan een sociaal en ruimtelijk stimulerende en aangename leef- en leeromgeving in de school en de directe omgeving' (leerdoel 4 leerplankader SLO burgerschapsonderwijs en mensenrechteneducatie). In deze les leren de leerlingen over het gebruik van metamaterialen en gaan zelf aan de slag met het ontwikkelen van een metamateriaal.

Het onderdeel Burgerschap in de Digi-doener is gebaseerd op het Vakportaal burgerschap van SLO. SLO onderscheidt drie domeinen van burgerschapsonderwijs: democratie, participatie en identiteit. Vanuit dit perspectief werken we aan burgerschap in de Digi-doeners, meer informatie vind je [hier](#).



ETHIEK

In deze les staat het volgende ethische vraagstuk centraal: In hoeverre kunnen en mogen we de natuur manipuleren? Metamaterialen bestaan van nature namelijk niet. Doen we er goed aan om onnatuurlijke materialen te maken om onze omgeving te verbeteren? Of moeten we de natuur niet willen manipuleren voor ons eigen voordeel?

DOEL VAN DE LES

Domein curriculum 2021	Leerdoelen digitale vaardigheden	Kerdoelen	21st century skills
1 De wereking en het (creatieve) gebruik van digitale technologie DG3.1 Interactie en creatie met digitale technologie.	1 Computational thinking De leerling maakt gebruik van een tool om informatie te rangschikken.	1 Beeldende vorming De leerling leert mondeling of schriftelijk te reflecteren op eigen werk en werk van anderen, waaronder dat van kunstenaars.	1 Zelfregulering
	2 Computational thinking De leerling kan een experiment uitvoeren.		2 Probleem oplossen



INTRODUCTIE

Openingslide

Slide 1, Klassikaal

Vertel: De meeste natuurlijke materialen om ons heen hebben vaste eigenschappen. Metaal is bijvoorbeeld stijf, hout een beetje buigbaar en rubber kun je uitrekken. Van nature is er geen materiaal dat zijn eigen eigenschappen drastisch kan veranderen, bijvoorbeeld van zacht naar hard of veranderend van kleur. Door naar de zogenaamde ‘microstructuur’ van materialen te kijken, de kleine deeltjes waaruit materialen zijn opgebouwd, onderzoeken wetenschappers de mogelijkheid om de eigenschappen van materialen aan te passen. De kleine deeltjes worden als het ware geherprogrammeerd, zodat ze bijvoorbeeld eenvoudig van vorm kunnen veranderen. Materialen die dit kunnen, heten metamaterialen. Deze materialen kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor het fabriceren van zachte robots, die daardoor een ander soort bewegingen kunnen maken dan tot nu toe mogelijk was. Of denk aan materialen die we eenvoudig zelf met een 3D-printer kunnen fabriceren die kunnen zorgen voor veiligere constructies van huizen of betere functionaliteit en duurzaamheid van bouwmaterialen. Je kunt er zelfs onzichtbaarheidschillen van maken! (Bekijk [de video](#) samen met de leerlingen.)



VERDIEPING

Slide 2, Klassikaal / Doen

Vertel: Maar hoe bedenk je een metamateriaal met nieuwe eigenschappen? Veel wetenschappers kijken hiervoor naar origami. Al eeuwen onderzoeken origami-kunstenaars hoe ze een eenvoudig materiaal als papier een andere vorm kunnen geven. De ontwerpen zijn steeds ingewikkelder geworden. Waar de meeste van ons al moeite hebben met het vouwen van een kraanvogel, bedenken deze kunstenaars ingewikkelde vouwpatronen, gebaseerd op wiskundige formules, om het papier zó te vouwen dat het van een plat en buigbaar materiaal verandert in elke vorm die je maar kunt bedenken. Ze maken bijvoorbeeld gebruik van kirigami, een variant op origami waarbij papier niet alleen wordt gevouwen, maar ook wordt geknipt. Op de afbeelding op de slide zie je een architectuur idee dat is ontstaan uit kirigami: door papier in te knippen krijgt het een heel andere vorm. Dit gaan we nu zelf ook proberen.



Deel scharen uit en geef elke leerling een A4-vel. Vraag de leerlingen het vel dubbel te vouwen (horizontaal of verticaal, het mag allebei) en hierin op ongeveer 0,5 cm afstand van elkaar lijnen te knippen, beginnend bij het dubbelgevouwen deel. Dat mogen rechte lijnen zijn, maar ook schuine, golvende of zigzaggende, als er tussen elke geknipte lijn maar ongeveer een halve centimeter zit. Vraag de leerlingen daarna om de vellen open te klappen en te bewegen. Vraag: Wat zien jullie? Is er een nieuwe vorm ontstaan? Is het steviger of juist niet? Kan het bewegingen maken die met een gewoon A4'tje niet mogelijk zijn (bijvoorbeeld zowel naar boven als naar beneden omklappen als je de uiteinden naar elkaar toe beweegt)? Eigenlijk heb je nu de basis van een metamateriaal gemaakt: door te knippen heb je ervoor gezorgd dat je de eigenschappen van het papier een beetje hebt veranderd.

DOEN

Slide 3, Doen

Verdeel de klas in groepjes van vier à vijf leerlingen en deel vouwblaadjes en het stappenplan in de bijlage uit. In de bijlage wordt het vouwen van een dubbele piramide stap voor stap met foto's en een korte beschrijving uitgelegd. Laat [de video](#) zien en vraag de leerlingen om de stappen in de video gelijktijdig uit te voeren. Als het te snel gaat, zet je de video even op pauze. Met name de laatste twee stappen vergen even oefening, vraag de leerlingen elkaar te helpen.



Als elke leerling een dubbele piramide heeft gevouwen, is het de bedoeling dat de leerlingen er zoveel mogelijk maken. Wanneer een groepje er gezamenlijk 50 heeft, bedenken ze samen hoe ze van deze dubbele piramides een metamateriaal kunnen maken door ze op verschillende manieren aan elkaar te bevestigen. Wordt het een lange bewegende sliert, een groot vel, een grote piramide of iets heel anders?

★TIP!

Wil het niet lukken het niet aan de hand van het stappenplan en de video op de slide? In [deze video](#) is een alternatieve uitleg voor het vouwen van een dubbele piramide.

Slide 4, Klassikaal

 Bekijk [de video](#) samen met de leerlingen. De video laat zien hoe een metamateriaal op verschillende manieren een praktische toepassing krijgt. Er zijn heel veel verschillende metamaterialen uitgevonden en ontwikkeld. Ze dienen natuurlijk heel veel verschillende doelen. Het materiaal uit de video zorgt er bijvoorbeeld voor dat het kan draaien en scharnieren zonder dat daar een constructie voor nodig is. Dat kan natuurlijk heel veel werk en tijd schelen en een veel duurzamere oplossing zijn. Er zijn ook metamaterialen ontwikkeld die zorgen voor een goede schokdemping.



Deze toepassing wordt niet alleen gebruikt in bijvoorbeeld auto's en vrachtwagens, maar ook in huizen die gebouwd zijn op aardbevingsgevoelig gebied. Zo kunnen we met metamaterialen de wereld bijvoorbeeld veiliger of duurzamer maken.

Laat de groepjes hun eigen ontwerp nog eens goed bekijken en de mogelijke bewegingen onderzoeken. Wat voor toepassingen kunnen ze verzinnen voor hun metamaterialen?

AFRONDING

Slide 5, Klassikaal

 **Vertel:** We hebben bekeken en onderzocht wat metamaterialen zijn en we hebben nagedacht over nuttige en mooie toepassingen van metamaterialen. Maar levert het ontwikkelen van metamaterialen ook risico's op? (Bekijk [de eerste video](#) tot 0:52 samen met de leerlingen.) Wat vinden jullie van deze ontwikkeling? Is metamateriaal dat wordt gebruikt als een robot die zichzelf tot leven kan wekken, zelfstandig taken kan uitvoeren, en zichzelf kan oplossen in water als hij klaar is, supergaaf of juist een eng idee? Wat zijn voordelen en wat zijn risico's? (Mogelijke antwoorden: Een voordeel is dat een robotje weinig kost, niet aangestuurd hoeft te worden en niet opgeruimd hoeft te worden. Een nadeel kan zijn dat zulke robotjes bijvoorbeeld kunnen worden ingezet voor spionage of om mensen te controleren en dat dit, omdat ze zichzelf vernietigen, bijna niet meer herleidbaar is.) Laat de leerlingen hier kort over discussiëren.

(Bekijk [de tweede video](#) tot 0:52 samen met de leerlingen.) Is metamateriaal dat wordt gebruikt om een onzichtbaarheidsschild te maken een fantastisch idee, of zien jullie er risico's in? Doen we er goed aan om onnatuurlijke materialen te maken om onze omgeving te verbeteren? Of moeten we de natuur niet willen manipuleren voor ons eigen voordeel? (Laat de leerlingen nadenken over goede regelgeving voor het ontwikkelen en toepassen van metamaterialen.)

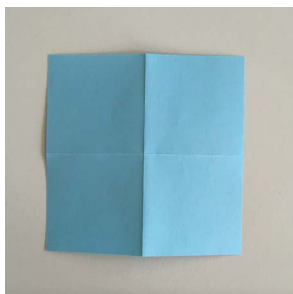


BIJLAGE VOOR DE LEERKRACHT

HOE VOUW JE EEN DUBBELE PIRAMIDE?

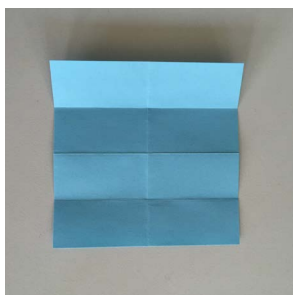
Stap 1

Neem een vouwblaadje en vouw horizontaal en verticaal dubbel.
Vouw het blaadje daarna weer open.



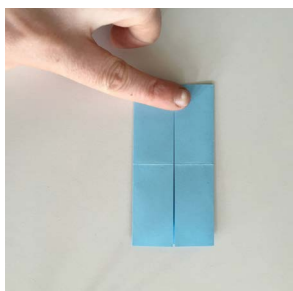
Stap 2

Vouw de bovenste helft tot aan de middenlijn en vouw weer open.
Doe dit ook met de onderste helft.



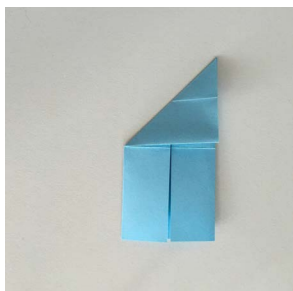
Stap 3

Draai het vel een kwart slag en vouw de bovenste en onderste helft naar de middenlijn.



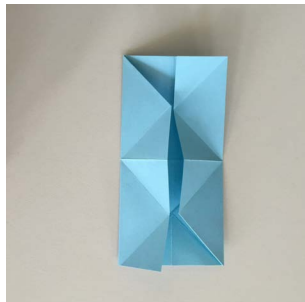
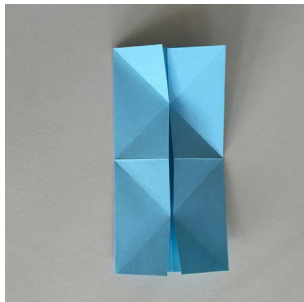
Stap 4

Vouw de punt links boven naar de hoek van de vouwlijn rechts in het midden zodat het een driehoek vormt.
Vouw het weer terug en herhaal dit voor elke hoek (links boven, rechts boven, links onder, rechts onder).

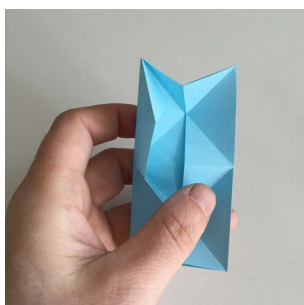


Stap 5

Je papier ziet er nu uit zoals links afgebeeld. Vouw linksboven en rechtsonder het driehoekje aan het uiteinde naar binnen toe (zoals rechts afgebeeld).

**Stap 6**

Druk nu aan de rechterkant de hoeken samen zodat er een vouw ontstaat.

**Stap 7**

Duw de vouw onder het driehoekje dat je naar binnen hebt gevouwen en vouw het driehoekje er weer overheen.

**Stap 8**

Je hebt nu een kant van de dubbele piramide gemaakt. Herhaal de laatste stap ook aan de andere kant en je hebt een dubbele piramide.

