

Leerkrachtenhandleiding lesmodule

# Evenwicht

Maak een kunstwerk



MAAK  
KUNDE



# Colofon

## Lesmodule Evenwicht

Leerkrachtenhandleiding groep 5-8

Versie 2019 - 1

### © NEMO

Deze lesmodule Maakkunde van NEMO Science Museum is ontwikkeld door NEMO Science Learning Center, het expertisecentrum van NEMO op het gebied van leren over wetenschap en technologie.

Deze lesmethode heb je ontvangen na het volgen van een Maakkundetraining. Het is toegestaan om het materiaal of delen van het materiaal te kopiëren en te distribueren voor gebruik binnen de eigen school. Het is niet toegestaan om het materiaal te kopiëren en te distribueren voor gebruik door derden.

Illustraties: Henk Stolker

Fotografie: Digidaan

### Voor reacties of vragen:

[info@maakkunde.nl](mailto:info@maakkunde.nl)

NEMO besteedt veel aandacht aan de betrouwbaarheid, juistheid en volledigheid van de informatie in deze lesmodule. Wij zijn niet aansprakelijk voor kennelijke (type)fouten.

### NEMO

Postbus 421

1000 AK Amsterdam

[www.maakkunde.nl](http://www.maakkunde.nl)

# Inhoud

<b>Lesmethode Maakkunde</b>	<b>3</b>
<b>Lesinstructie</b>	<b>5</b>
<b>Introductieles – Wat is techniek?</b> 40 minuten	<b>7</b>
Lesoverzicht	7
Lesbeschrijving	8
<b>Inleiding lesmodule Evenwicht</b>	<b>9</b>
<b>Les 1 – Wat is het probleem?</b> 45 minuten	<b>11</b>
Lesoverzicht	11
Lesbeschrijving	12
1.1 Inleiding	12
1.2 Het probleem introduceren	12
1.3 Verkennen	12
1.4 Afronding	13
<b>Les 2 – Evenwicht onderzoeken</b> 50 minuten	<b>14</b>
Lesoverzicht	14
Lesbeschrijving	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Evenwicht bij gelijke verdeling van gewicht	16
2.3 Evenwicht bij ongelijke verdeling van gewicht	17
2.4 Verplaatsen steunpunt	18
2.5 Afronding	19
<b>Les 3 – Ontwerp en maak een kunstwerk</b> 1 uur	<b>20</b>
Lesoverzicht	20
Lesbeschrijving	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Ontwerpen	21
3.3 Maken, testen en verbeteren	22
3.4 Afronding	22
<b>Les 4 – Is het probleem opgelost?</b> 1 uur	<b>23</b>
Lesoverzicht	23
Lesbeschrijving	24
4.1 Inleiding	24
4.2 Instructie maken	24
4.3 Presenteren	24
4.4 Afronding	24
<b>Achtergrondinformatie</b>	<b>25</b>
Achtergrondinformatie Evenwicht	27
Ideeën van kinderen over evenwicht	29
<b>Extra activiteiten lesmodule Evenwicht</b>	<b>31</b>
Lijst van lees- en prentenboeken	33
Informatieve boeken	33
Aanvullende activiteiten en excursies	33



# Lesmethode Maakkunde

## Over Maakkunde

Maakkunde is een hands-on lesmethode voor ontwerpen en onderzoeken. Deze lesmethode is geschikt voor groep 1 tot en met 8 van het basisonderwijs. Deze sluit aan bij de kerndoelen en kan goed worden gecombineerd met vakken als rekenen en taal.

Maakkunde richt zich op wetenschap en technologie en omvat een zeer breed scala aan wetenschappelijke fenomenen en technische principes. In de lesmodule staan uitdagingen centraal die dicht bij de belevingswereld van kinderen staan. De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem en testen en verbeteren het totdat het werkt.

Bij Maakkunde leren de leerlingen door te doen. Ze leren naast kennis over wetenschap en technologie ook 21e-eeuwse vaardigheden, zoals probleemoplossend vermogen, creativiteit en samenwerken. Zo ontwikkelen de leerlingen zelfvertrouwen en een positieve houding ten opzichte van wetenschap en technologie. De lesmethode is ontwikkeld met scholen en zeer uitgebreid getest.

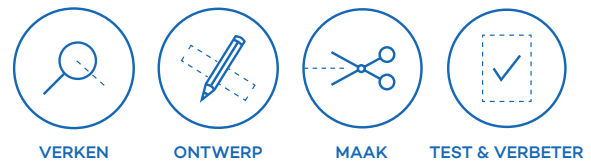
## De didactiek

Ontwerpend leren wordt gecombineerd met onderzoekend leren. De leerlingen lossen een probleem op door een product te maken, waarbij ze gebruik maken van de ontwerpcyclus. De benodigde natuurwetenschappelijke kennis doen ze op door het doen van onderzoek. Deze kennis kunnen ze daarna toepassen in het maken van het ontwerp. Wat de leerlingen gaan maken ligt vast in de methode. Hoe de

leerlingen het product gaan maken wordt door hen zelf bepaald. Hierdoor ontstaat een grote diversiteit aan eindproducten. De oplossing is dus enigszins gekaderd. Binnen de gestelde kaders komen de oplossingen en ideeën van alle leerlingen goed tot hun recht.

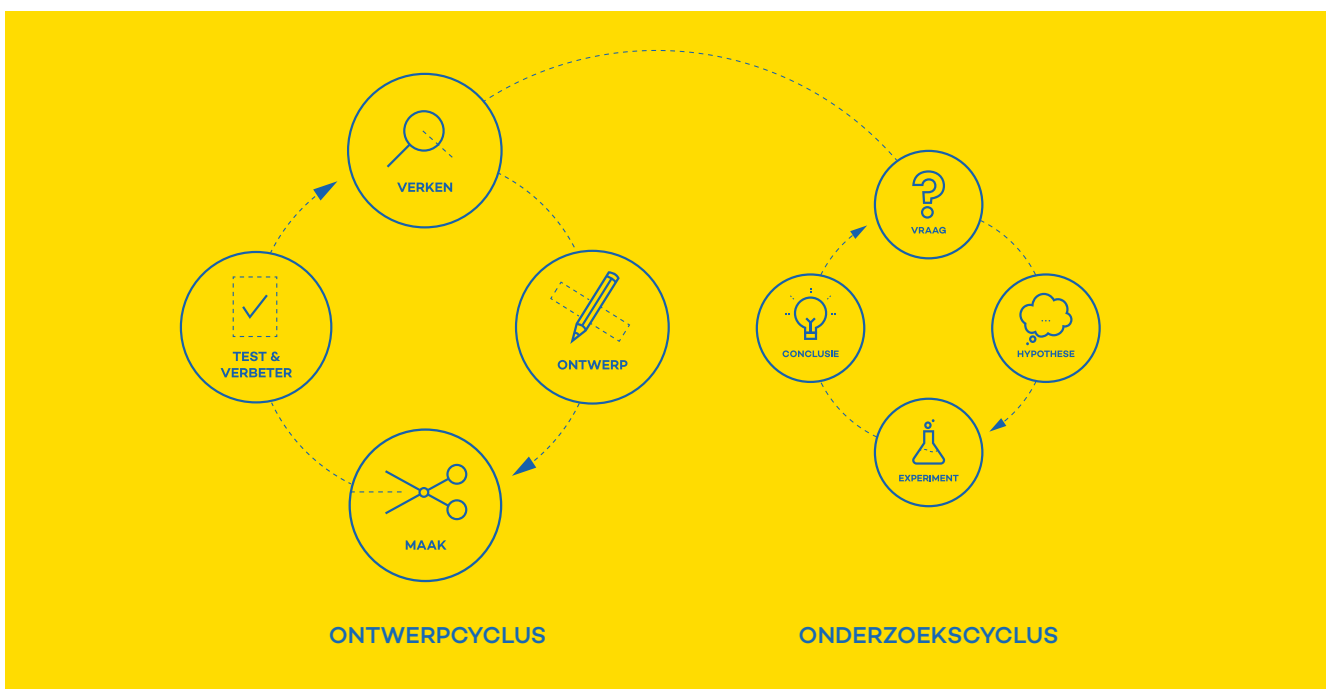
## Gebruik Ontwerpcyclus

In de lesmethode wordt de ontwerpcyclus gebruikt. Iedere stap is uitgebeeld met een pictogram. Deze cyclus kan je geheel of in delen gebruiken om de les te ondersteunen. In de leerkrachtenhandleiding staat beschreven waar je je bevindt in de ontwerpcyclus.



## Gebruik Onderzoekscyclus

De verkenstap van de ontwerpcyclus kan op verschillende manieren worden gedaan. In Maakkunde verken je onder andere door onderzoek te doen. Dit gebeurt in les 2. Hierbij maak je gebruik van de onderzoekscyclus. Elke stap is uitgebeeld met een pictogram. Deze cyclus kun je geheel of in delen gebruiken om de les te ondersteunen.



## Organisatie van de lessen

De lesmethode Maakkunde bestaat uit tien lesmodules, ieder met een aansprekend thema. Elke lesmodule bestaat uit vier lessen. Les 1 introduceert het probleem en geeft daarmee de basis voor de volgende lessen. Les 2 richt zich op de kennis die de leerlingen nodig hebben om het probleem op te lossen. In les 3 ontwerpen en maken de leerlingen hun oplossing. Ten slotte evalueren de leerlingen in les 4 hun product.

Elke lesmodule van Maakkunde begint met de optionele 'Introductieles – Wat is techniek?'. Deze les is bedoeld voor leerlingen die nog nooit hebben gewerkt met Maakkunde. Deze les introduceert de ontwerpcyclus en maakt aan leerlingen duidelijk dat alles om ons heen ontworpen is.

## Leerkrachten ondersteuning

Elke les is beschreven in de lesinstructie van de leerkrachtenhandleiding. Deze handleiding bevat tips voor uitbreiding en differentiatie van de lessen, suggesties voor extra activiteiten, achtergrondinformatie en informatie over de ideeën van kinderen over het behandelde thema. Ook is er een benodigdhedenlijst. Online is aanvullend presentatiemateriaal te vinden, waaronder de afbeeldingen van de onderzoeks- en ontwerpcyclus en de bijbehorende losse pictogrammen.

# Lesinstructie







# Introductieles – Wat is techniek?

## Lesoverzicht

De leerlingen onderzoeken theezakjes. Ze ontdekken dat alles is ontworpen voor een bepaalde functie.



### Tijdsduur

40 minuten

#### Leerdoelen

De leerlingen:

- weten dat voorwerpen ontworpen zijn met het doel een bepaald probleem op te lossen of te voorzien in een specifieke behoefte;
- weten dat techniek overal om je heen in hele alledaagse voorwerpen te vinden is;
- maken kennis met de ontwerpcyclus.

#### Aansluiting bij taal

- De leerlingen formuleren en beargumenteren hun kennis over vorm en functie bij theezakjes.

#### Benodigheden voor 30 leerlingen

- Afbeelding van de ontwerpcyclus zichtbaar in de klas
- 1 pak post-its
- 5 grote vellen papier (bijv. A2)
- 5 sets van verschillende soorten theezakjes
  - theezakje (eenkops) met (papier/plastic) zakje eromheen
  - theezakje (eenkops) zonder (papier/plastic) zakje eromheen
  - theezakje voor een hele pot thee
  - piramidevormig theezakje
  - theezakje dat er luxer uit ziet

#### Vorbereiding

- Verdeel de leerlingen in vijf groepjes.

# Lesbeschrijving



## Inleiding

### Groepjes/klassikaal – 10 minuten

Vertel de leerlingen dat ze iets gaan leren over techniek.

Geef elk groepje vijf post-its. Laat de leerlingen bespreken waar ze allemaal aan denken bij de term 'techniek'. Elke leerling schrijft één gedachte over techniek op een post-it. Daarna plakken alle leerlingen de post-its op een groot vel en lichten ze hun keuze klassikaal toe.



## Alledaagse techniek onderzoeken

### Groepjes/klassikaal – 15 minuten

#### Onderzoek

Geef elk groepje een setje theezakjes en laat ze het materiaal, de vorm en functie van de theezakjes onderzoeken. Mogelijke vragen die je de leerlingen kunt stellen als je rondloopt:

- Waar is het theezakje van gemaakt?
- Waarom zitten er gaatjes in? Zijn de gaatjes groot? Waarom wel/niet?
- Waarom zien de theezakjes eruit zoals ze eruitzien?
- Waar is bij het maken rekening mee gehouden?
- Kan een theezakje er nog anders uitzien? Leg uit.

#### Bespreek

Vraag de leerlingen waarom het theezakje eruitziet zoals het eruitziet. Een theezakje is een alledaags voorwerp waarvoor geen ingewikkelde technologie nodig is geweest. Toch is hier heel goed over nagedacht. Laat hierbij het materiaal, de vorm en functie weer aan de orde komen:

- Welk probleem heeft het zakje opgelost? Losse blaadjes is je thee is onhandig. Je hebt dan een zeefje nodig om het er weer uit te krijgen. Dit is daarvoor een handige uitvinding.
- De thee zit vaak nog in een ander papieren zakje. Dit dient als bescherming. Ook kun je eraan zien welke smaak de thee heeft.
- Het zakje is niet met lijm dichtgemaakt. Waarschijnlijk omdat dat niet goed voor je is.
- Het zakje zit vast met kleine gaatjes in het papier. Op deze manier is het licht.
- Het papier is dun, dus goedkoper in materiaal- en vervoerskosten, maar niet zo dun dat het te snel scheurt.

- Het theezakje zelf is gemaakt van papier met hele kleine gaatjes, zodat de smaak en kleur erdoor kan, maar niet de theeblaadjes.
- Het theezakje zelf is groot genoeg dat er thee in kan voor één kopje thee en dat de blaadjes kunnen zwellen.

#### Concludeer

Over zoiets simpels als een theezakje is dus heel goed nagedacht. Alles is ontworpen voor een bepaalde functie. Bij het ontwerpen en bedenken is hier rekening mee gehouden. Ook bij het ontwikkelen van een theezakje is de ontwerpcyclus gebruikt.

#### Introduceer de ontwerpcyclus

Doorloop met de leerlingen de stappen: verken, ontwerp, maak, test & verbeter aan de hand van een fictief probleem.

Er is een rivier, er staan mensen aan de ene kant die naar de andere kant willen.

#### Verken

Bedenk wat je weet en wat je nog moet weten.

- Welke materialen heb je?
- Hoe zwaar zijn de mensen?
- Hoe ver is het naar de overkant?

#### Ontwerp

Bedenk mogelijke oplossingen en werk er eentje uit.

- Van welk materiaal wil je de brug maken?
- Hoe komt de brug eruit te zien?

#### Maak

Maak de brug.

#### Test & verbeter

Test je de brug en verbeter hem.

## Afronding

### Klassikaal – 15 minuten

Kom terug op wat de kinderen allemaal bedacht hebben bij de term 'techniek'. Denken de leerlingen nu anders over techniek? Techniek is alles dat door mensen is gemaakt; het lost een probleem op of vervult een behoefte. Als er een probleem opgelost moet worden kun je dat in een aantal stappen doen.

# Inleiding lesmodule Evenwicht

De leerlingen ontwerpen en maken een kunstwerk dat vrij in de ruimte hangt en in evenwicht is.



## Tijdsduur

3 uur en 35 minuten

(les 1-4; exclusief uitbreiding)

In les 1 wordt het probleem geïntroduceerd. De leerlingen leren dat gewicht een kracht is en dat een voorwerp in evenwicht is als de krachten die er op werken elkaars werking opheffen. In les 2 onderzoeken leerlingen hoe je een hefboom in evenwicht kunt brengen als het gewicht ongelijk verdeeld is. Ze ervaren en leren dat ze het principe van een hefboom kunnen gebruiken; door de armen van een hefboom korter of langer te maken kun je krachten vergroten. In les 3 lossen de leerlingen met behulp van de ontwerpcyclus het probleem op door een kunstwerk te maken. Dit kunstwerk bestaat uit onderdelen die bewegen en in evenwicht hangen. Ten slotte wordt in les 4 het proces geëvalueerd. In de lesbeschrijvingen staan opties tot uitbreiding en differentiatie.

## Klassenmanagement en materiaal

In deze lessen doen we suggesties voor het verdelen van de leerlingen in kleine groepjes of tweetallen. De aantallen benodigde materialen zijn hierop gebaseerd. Het staat je vrij om andere organisatorische keuzes te maken bij het geven van de lessen. Let er dan wel op dat de benodigdheden moeten worden aangepast.

Alle benodigdheden staan in de benodigdhedenlijst. De materialen zijn gemakkelijk verkrijgbaar. Online is ook presentatiemateriaal te vinden.

De maakfase kan een behoorlijke uitdaging voor de leerlingen zijn. Het is aan te raden om van tevoren zelf het kunstwerk te maken, zodat je weet waar de leerlingen tegenaan kunnen lopen.

## De ontwerp- en de onderzoekscyclus

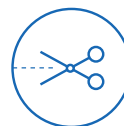
Bij de activiteiten in het lesmateriaal staat aangegeven op welke stap in de ontwerpcyclus deze activiteit betrekking heeft.



VERKEN



ONTWERP



MAAK



TEST & VERBETER

Bij het onderzoek in les 2 wordt gebruik gemaakt van de pictogrammen van de onderzoekscyclus.



VRAAG



HYPOTHESE



EXPERIMENT



CONCLUSIE

## Kerdoelen

1, 2, 3, 8, 12, 33, 42, 44, 45, 54, 55

## Leerdoelen

De leerlingen:

- passen de ontwerpcyclus toe bij het maken van een kunstwerk;
- passen de onderzoekscyclus toe bij het onderzoeken van evenwicht;
- gebruiken de begrippen die betrekking hebben op evenwicht;
- weten dat gewicht een kracht is die door de zwaartekracht wordt veroorzaakt en die naar beneden gericht is;
- weten dat evenwicht ontstaat als de krachten die op een voorwerp werken elkaars werking opheffen;
- weten wat een hefboom is en kennen de onderdelen steunpunt en arm;
- weten dat je een hefboom in evenwicht brengt als je het gewicht aan iedere arm gelijk maakt en op dezelfde afstand tot het steunpunt hangt;
- weten dat je een hefboom in evenwicht brengt door de arm waar meer gewicht hangt korter te maken;
- weten dat je een hefboom in evenwicht brengt door de arm waar minder gewicht hangt langer te maken;
- weten dat je de lengte van een arm kan aanpassen door het gewicht of het steunpunt te verplaatsen.

## Aansluiting bij taal

De leerlingen:

- formuleren vragen;
- verwoorden hun eigen ervaringen;
- beargumenteren hun ontwerpkeuzes;
- presenteren hun product;
- gebruiken de volgende begrippen:

- evenwicht
- gewicht
- krachten
- zwaartekracht
- krachten werken in een richting
- krachten heffen elkaars werking op
- mobile
- instructie
- bevestigen
- vrij in de ruimte
- hefboom
- arm
- steunpunt
- in evenwicht
- uit evenwicht
- afstand tot
- verdeling van gewicht

## Aansluiting bij rekenen

Optioneel voor differentiatie: de leerlingen berekenen met behulp van een verhoudingstabel hoe ze iets in evenwicht kunnen brengen.

## Mogelijkheden tot uitbreiding/ differentiatie

### Les 1

- Het onderwerp evenwicht benaderen vanuit het vak beeldende vorming.

### Les 2

- Zelfstandig onderzoek naar evenwicht uitvoeren met een bezem en een (spring)touw.
- Zelfstandig tot verschillende manieren komen om een hangende liniaal met aan een kant meer gewicht in evenwicht te brengen, werkblad 4.
- Berekenen hoe je iets in evenwicht kunt brengen met behulp van een verhoudingstabel.
- De rol van het steunpunt onderzoeken met een uitgeknipte arend, werkblad 7.
- De term zwaartepunt introduceren door de aflevering *Evenwicht in de sport* van Schooltv te bekijken.

### Les 3

- Extra criteria opstellen met betrekking tot het maken van het kunstwerk.
- Criteria vanuit beeldende vorming opstellen.

### Les 4

- Vergelijken van het eigen kunstwerk met kunst van bestaande kunstenaars.
- Organiseren van een feestelijke opening van de tentoonstelling.

# Les 1 – Wat is het probleem?

## Lesoverzicht

Het probleem wordt geïntroduceerd. De leerlingen activeren hun voorkennis door na te denken over de kennis die ze nodig denken te hebben om het probleem op te lossen.



### Tijdsduur

45 minuten

#### Leerdoelen

De leerlingen:

- gebruiken de verkenstap van de ontwerpcyclus;
- kennen de eigenschappen van een mobile;
- weten dat gewicht een kracht is die door de zwaartekracht wordt veroorzaakt en die naar beneden gericht is;
- weten dat evenwicht ontstaat als de krachten die op een voorwerp werken elkaars werking opheffen.

#### Aansluiting bij taal

De leerlingen:

- formuleren vragen over de kennis die zij nodig denken te hebben;
- verwoorden hun eigen ervaringen met evenwicht;
- kennen de begrippen gewicht, zwaartekracht, krachten, naar beneden gericht, elkaars werking opheffen, in evenwicht, vrij in de ruimte en verdeling van gewicht.

#### Benodigheden voor 30 leerlingen

- Afbeelding van de ontwerpcyclus zichtbaar in de klas
- Afbeelding van het schilderij *Rood, geel en blauw* van Mondriaan
- Afbeelding van het kunstwerk *Four big dots* van Calder
- Bezem
- (Spring)touw
- 15 x werkblad 1

#### Vorbereiding

- Zoek op internet de benodigde afbeeldingen van de kunstwerken van Mondriaan en Calder. Zet deze klaar om te tonen.

# Lesbeschrijving



## 1.1 Inleiding

Klassikaal – 5 minuten

Vertel de leerlingen dat ze de komende lessen veel gaan leren over evenwicht. Ze gaan zelf ervaren wanneer iets in evenwicht is door experimenten te doen. Daarna gaan ze een kunstwerk maken dat vrij in de ruimte hangt en in evenwicht is. Tijdens deze les passen de leerlingen de verkenstap van de ontwerpcyclus toe door het probleem binnen dit onderwerp te verkennen. Vertel de leerlingen dat ze gaan nadenken over het oplossen van een probleem.



## 1.2 Het probleem introduceren

Klassikaal – 5 minuten



Een school heeft ouders uitgenodigd voor een kijkmiddag en wil voor die gelegenheid de school aantrekkelijker maken door kunstwerken vrij in de ruimte op te hangen. De kunstwerken moeten bestaan uit meerdere onderdelen die kunnen bewegen, maar zo'n kunstwerk hangt al snel scheef. Hoe zorg je ervoor dat zo'n beweeglijk kunstwerk in evenwicht hangt? Kunnen de leerlingen zo'n soort kunstwerk ontwerpen, maken, testen en verbeteren?



## 1.3 Verkennen

Klassikaal/tweetallen – 30 minuten

Bij een kunstwerk dat vrij in de ruimte hangt horen bepaalde eigenschappen.

Bekijk samen met de leerlingen het schilderij *rood, geel en blauw* van Mondriaan en het kunstwerk *Four big dots* van Calder.

Besprek met de leerlingen dat de kunstwerken elk op een andere manier zijn ontworpen en gemaakt. Benoem samen de overeenkomsten en de verschillen.

### Concludeer

Voor het kunstwerk van Calder gelden de volgende eigenschappen:

- Het kunstwerk hangt niet aan een muur, maar hangt vrij in de ruimte.
- Het kunstwerk bestaat uit verschillende onderdelen die aan elkaar bevestigd zijn en kunnen bewegen.
- Het kunstwerk is in evenwicht.

Demonstreer aan de hand van een hangende bezem de rol van gewicht bij evenwicht.

Leg een bezem op de grond. Knoop het touw om het midden van de bezem. Vertel aan de leerlingen dat je de bezem vrij in de ruimte op wil hangen. Wat denken ze dat er gebeurt als je de bezem aan het touw optilt? Bespreek waarom de bezem aan de kant met de borstel zit meer gewicht ten opzichte van het touw. Gewicht is een kracht die veroorzaakt wordt door de werking van de zwaartekracht en die naar beneden toe gericht is. Aan de kant waar meer gewicht zit wordt harder getrokken.

Laat de leerlingen het onderwerp evenwicht verder verkennen door te voorspellen en onderzoeken hoe de bezem in evenwicht gebracht kan worden. Bespreek wat er gebeurt met de krachten als het touw verplaatst wordt of als er gewicht aan de andere kant van de bezem wordt gehangen.



## Concludeer

Er ontstaat evenwicht als de krachten die op een voorwerp werken elkaars werking opheffen.

## Bedenk vragen

Het oplossen van een probleem begint met het stellen van vragen. Wat moeten de leerlingen weten om hun kunstwerk te ontwerpen en te maken. Het kunstwerk moet vrij in de ruimte opgehangen kunnen worden en de onderdelen die kunnen bewegen moeten in evenwicht zijn als het hangt. In tweetallen kunnen de leerlingen hun vragen opschrijven op werkblad 1.

## Besprek de vragen klassikaal

Schrijf alle vragen op het bord. Vragen die besproken kunnen worden:

- Hoe kun je iets wat kan bewegen in evenwicht brengen?
- Wanneer hangt iets vrij in de ruimte?
- Uit welke onderdelen bestaat een kunstwerk dat je ophangt?
- Wat zijn manieren om iets te bevestigen?
- Hoe groot moet het kunstwerk zijn?
- Welke materialen mogen er gebruikt worden?
- Wat zijn de criteria voor een geslaagde oplossing?

## Aandachtspunten

- Als leerlingen alleen vragen stellen over materialen en/of de criteria, moedig ze dan aan over natuurkundige kwesties na te denken door vragen te stellen als 'Hoe kun je iets in evenwicht brengen?'.  
Er is bewust gekozen om de leerlingen geen mobile maar een kunstwerk te laten maken, om de opdracht zo open mogelijk te houden.
- Het is belangrijk dat de gebruikte begrippen duidelijk zijn voor de leerlingen. Schrijf begrippen en andere woorden die uitleg behoeven ergens zichtbaar op. Vul deze lijst aan tijdens de lessen.

## Optie voor uitbreiding

Sluit aan bij beeldende vorming door het onderwerp compositie te bespreken. Wanneer is een compositie in evenwicht? Voor de kunststroming *De Stijl* en de kunstenaar Mondriaan is evenwicht een belangrijk thema in hun werk geweest.

## 1.4 Afronding

### Klassikaal – 5 minuten

Besprek met de leerlingen de les na en herhaal de ontwerpcyclus. Geef aan met welk deel van de ontwerpcyclus de leerlingen deze les zijn bezig geweest. De volgende les gaan ze experimenten doen om meer over evenwicht te weten te komen.

## Tip!

Noteer de begrippen die aan bod zijn gekomen op een goed zichtbare plek. Vul deze lijst aan gedurende de lesmodule.

# Les 2 – Evenwicht onderzoeken

## Lesoverzicht

De leerlingen voeren verschillende experimenten uit om meer over evenwicht te ontdekken.



### Tijdsduur

50 minuten

#### Leerdoelen

De leerlingen:

- passen de onderzoekscyclus toe bij het onderzoeken van evenwicht;
- weten wat een hefboom is en kennen de onderdelen steunpunt en arm;
- weten dat je een hefboom in evenwicht brengt als je het gewicht aan iedere arm gelijk maakt en op dezelfde afstand tot het steunpunt hangt;
- weten dat je een hefboom in evenwicht brengt door de arm waar meer gewicht hangt, korter te maken;
- weten dat je een hefboom in evenwicht brengt door de arm waar minder gewicht hangt, langer te maken;
- weten dat je de lengte van een arm aanpast door het gewicht of het steunpunt te verplaatsen.
- Optioneel voor differentiatie: de leerlingen ontdekken zelf dat er meerdere manieren zijn om een liniaal met meer gewicht aan een kant in evenwicht te brengen. Ze kunnen hier werkblad 4 voor gebruiken.

#### Aansluiting bij taal

De leerlingen:

- verwoorden de eigen ervaringen die ze opdoen tijdens de experimenten;
- kennen en gebruiken de begrippen in evenwicht, uit evenwicht, steunpunt, hefboom, arm, gewicht, afstand tot en verdeling van gewicht, vergroten van kracht en krachten heffen elkaars werking op.

#### Aansluiting bij rekenen

- Optioneel voor differentiatie: de leerlingen berekenen met behulp van een verhoudingstabel hoe ze iets in evenwicht kunnen brengen.

#### Benodigheden voor 30 leerlingen

- Afbeelding van de onderzoekscyclus zichtbaar in de klas
- Presentatie
- 15 stukken bindtouw (40 cm)
- Bezem
- (Spring)touw
- 15 scharen
- 15 linialen (30 cm)
- 45 wasknijpers
- 6 rollen plakband
- Optioneel voor uitbreiding: werkblad 2, bezem, (spring)touw ( $\pm 1$  m), werkblad 7, knipblad, schaar, 2 paperclips
- Optioneel voor differentiatie: werkblad 4, stuk touw (40 cm), liniaal (30 cm), 3 wasknijpers, schaar en plakband

#### Vorbereiding

- Lees de achtergrondinformatie over evenwicht.
- Zet de presentatie met de illustraties ter verduidelijking van concepten in deze les klaar.
- Zet het filmpje *Meer kracht door het gebruik van een hefboom!* van Schooltv klaar.
- Vraag de leerlingen zelf kosteloos materiaal te verzamelen dat ze kunnen gebruiken in les 3.



# Lesbeschrijving



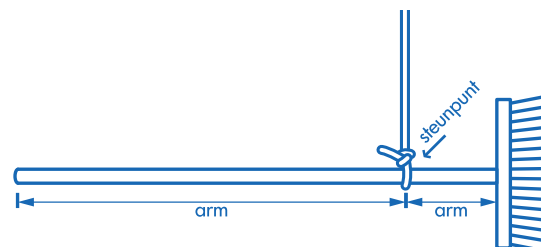
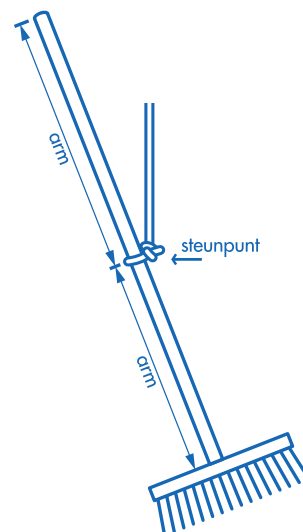
## 2.1 Inleiding

Klassikaal – 10 minuten

Vertel de leerlingen dat ze in deze les onderzoek gaan doen. Dit is een onderdeel van de verkenstap van de ontwerpcyclus. Leg met behulp van de afbeelding van de onderzoekscyclus de verschillende stappen hiervan uit. De leerlingen passen de kennis die ze in deze les opdoen toe in les 3 bij het maken van het ontwerp.

Deze les onderzoeken de leerlingen evenwicht. Demonstreer nog een keer wat er gebeurt als je een bezem in het midden van de steel ophangt aan een touw. Herhaal dat gewicht een kracht is die door de zwaartekracht wordt veroorzaakt en naar beneden gericht is. De zwaartekracht trekt harder aan een zwaar voorwerp dan aan een licht voorwerp. Dit zorgt ervoor dat de bezem aan de kant van de borstel naar beneden draait. Om de bezem in evenwicht te krijgen moeten de krachten die op de bezem werken gelijk zijn. Vraag aan de leerlingen hoe ze de kracht aan de kant waar geen borstel en dus minder gewicht zit kunnen vergroten. Laat een aantal leerlingen hun voorspelling testen. Kom met de leerlingen tot de volgende conclusie: je kunt de bezem in evenwicht brengen door het gewicht aan beide kanten gelijk te verdelen ten opzichte van het touw of door het touw te verplaatsen in de richting van het extra gewicht, de borstel.

Introduceer het begrip hefboom door samen het korte filmpje (2 minuten) *Meer kracht door het gebruik van een hefboom!* van Schooltv te bekijken. Met dit filmpje wordt duidelijk hoe een hefboom werkt. Benoem en verduidelijk daarna, met behulp van onderstaande illustratie, de onderdelen arm en steunpunt.



### Concludeer

- Een hefboom bestaat uit een steunpunt en iets wat draait over dat steunpunt. Het steunpunt is daar waar het touw vast zit aan de bezem. De delen van de steel die rechts en links van het steunpunt zitten noem je armen.
- Met een hefboom kun je kracht vergroten. Door de arm waar minder gewicht aan zit langer te maken of door de arm waar meer gewicht zit korter te maken.

Dit principe kunnen de leerlingen gebruiken in les 3, wanneer ze hun kunstwerk in evenwicht gaan brengen.

### Optie voor uitbreiding

Geef de bezem een plek in de klas. Laat de leerlingen gedurende de week zelfstandig onderzoek doen naar evenwicht met werkblad 2. De leerlingen leggen bij dit experiment de bezem op de binnenkant van hun twee handen en brengen vervolgens hun handen steeds dicht bij elkaar, naar het midden van de bezem. De bezem raakt uit evenwicht omdat het nu op een steunpunt rust en het gewicht ongelijk verdeeld is.



## 2.2 Evenwicht bij gelijke verdeling van gewicht

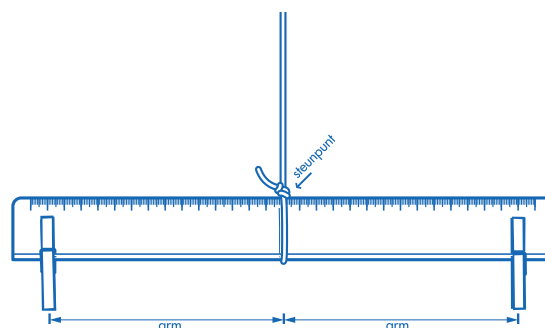
Tweetallen/zelfstandig – 15 minuten

Met het volgende experiment onderzoeken de leerlingen hoe je een hefboom in evenwicht kunt brengen door het gewicht aan iedere arm gelijk te maken en op dezelfde afstand ten opzichte van het steunpunt te hangen. De leerlingen voeren het onderzoek in tweetallen zelfstandig uit met werkblad 3.

Bespreek na 10 minuten klassikaal het experiment.

### Concludeer

Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door het gewicht aan iedere arm gelijk te maken en op dezelfde afstand tot het steunpunt te hangen.



### Optie voor differentiatie

Laat de leerlingen zelf onderzoek doen naar manieren om een liniaal die aan een touwtje hangt, met een ongelijke gewichtsverdeling, in evenwicht te brengen. Gebruik hiervoor werkblad 4.

De leerlingen kunnen tot de volgende oplossingen komen:

- Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door het gewicht aan iedere arm gelijk te maken en op dezelfde afstand tot het steunpunt te hangen.
- Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door de arm waar minder gewicht hangt langer te maken. Dit doe je door de wasknijper (het gewicht) verder van het steunpunt af te plaatsen.
- Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door de arm waar meer gewicht aan hangt korter te maken. Dit doe je door de wasknijpers (het gewicht) richting steunpunt te plaatsen.
- Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door de arm waar meer gewicht aan hangt korter te maken. Dit kan door het steunpunt in de richting van de twee wasknijpers (meer gewicht) te plaatsen.



## 2.3 Evenwicht bij ongelijke verdeling van gewicht

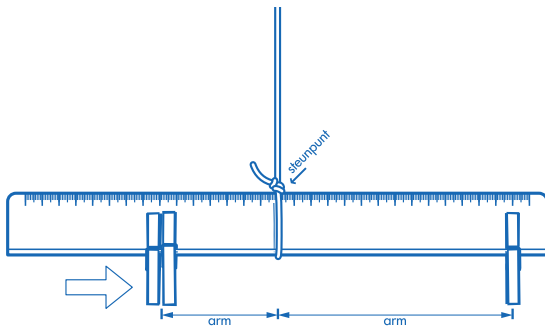
Tweetallen/zelfstandig – 10 minuten

Met het volgende experiment onderzoeken de leerlingen hoe je een hefboom, met aan een kant een zwaar en aan de andere kant een licht gewicht, in evenwicht kunt brengen door het gewicht te verplaatsen. De leerlingen voeren het onderzoek in tweetallen zelfstandig uit met werkblad 5.

Bespreek na 10 minuten klassikaal het experiment.

### Concludeer

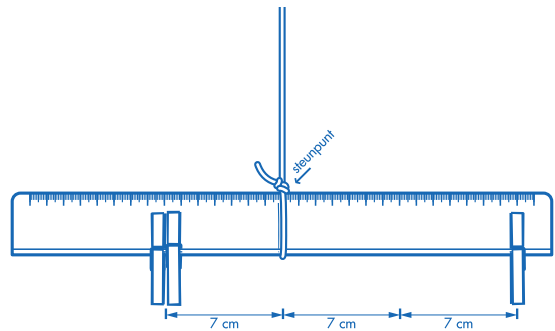
- Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door de arm waar minder gewicht hangt langer te maken door de wasknijper (het gewicht) verder van het steunpunt af te plaatsen.
- Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door de arm waar meer gewicht aan hangt korter te maken door de wasknijpers (het gewicht) richting steunpunt te plaatsen.



### Optie voor differentiatie

Laat de leerlingen bij experiment 2.3 uitrekenen waar de wasknijper rechts op de liniaal moet komen. Zie de korte toelichting hieronder en kijk voor de uitgebreide toelichting bij de achtergrondinformatie. De natuurkundige formule voor evenwicht in een hefboom is:  $(\text{kracht} \times \text{lengte arm})_{\text{links}} = (\text{kracht} \times \text{lengte arm})_{\text{rechts}}$ . Het gewicht (de kracht) en de lengte van de arm hangen samen en kunnen met een verhoudingstabel inzichtelijk gemaakt worden. In het geval van de opdracht van werkblad 5 ziet dat er zo uit:

Links			Rechts			
Kracht	x	Arm	=	Kracht	x	Arm
2	x	7	=	1	x	14
		14	=			14





## 2.4 Verplaatsen steunpunt

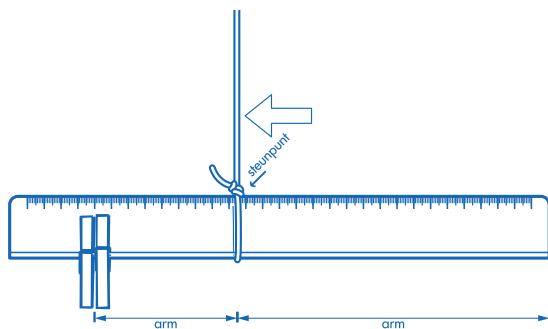
Tweetallen/zelfstandig – 10 minuten

Met het volgende experiment onderzoeken de leerlingen hoe je een hefboom, met aan een kant een zwaar en aan de andere kant een licht gewicht, in evenwicht kunt brengen door het steunpunt te verplaatsen. De leerlingen voeren het onderzoek in tweetallen zelfstandig uit met werkblad 6.

Bespreek na 10 minuten klassikaal het experiment.

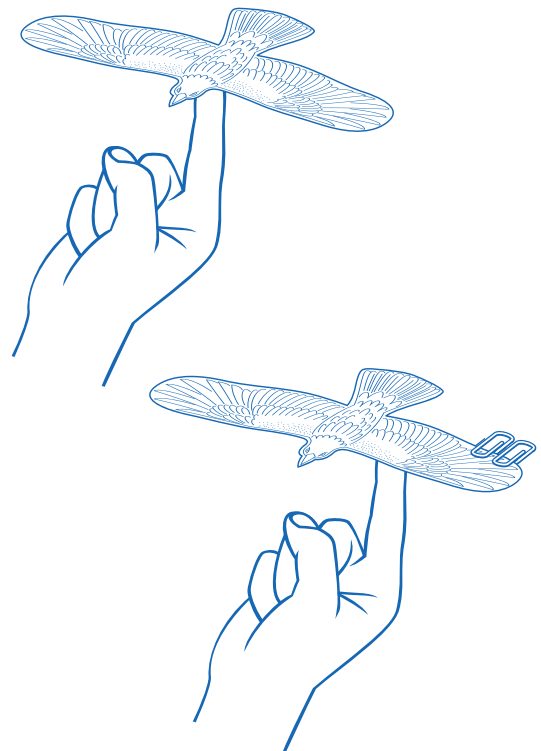
### Concludeer

Je kunt de liniaal in evenwicht brengen door de arm waar meer gewicht aan hangt korter te maken. Dit kan door het steunpunt in de richting van de twee wasknijpers (meer gewicht) te plaatsen.



### Optie voor differentiatie

Laat de leerlingen zelfstandig met werkblad 7 de invloed van de plaats van het steunpunt met betrekking tot evenwicht onderzoeken.



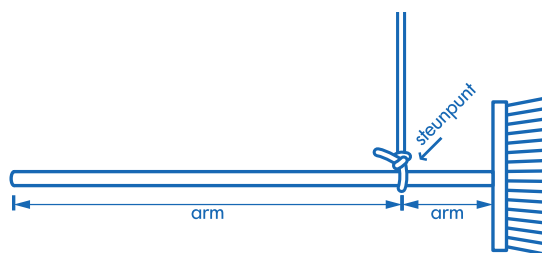
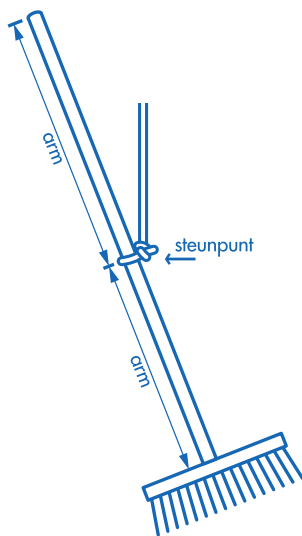
## 2.5 Afronding

### Klassikaal – 5 minuten

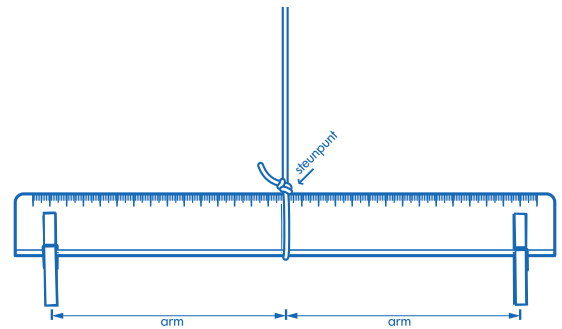
Benoem dat evenwicht ontstaat als de krachten die op een voorwerp werken elkaars werking opheffen en dat gewicht een kracht is waarmee de zwaartekracht aan een voorwerp trekt en dat hij naar beneden gericht is.

Herhaal vervolgens de uitkomsten van de experimenten in deze les. Gebruik de illustraties uit de presentatie om de conclusies van de experimenten te verduidelijken.

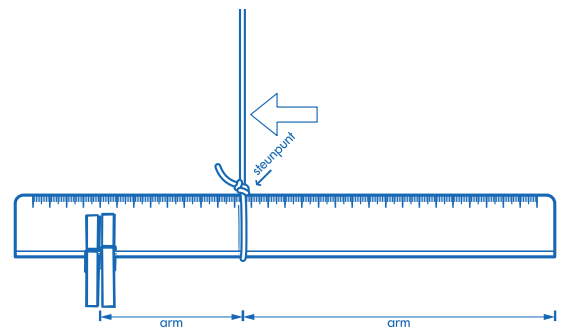
- Een hefboom bestaat uit een steunpunt en iets wat draait over dat steunpunt. Het touw is het steunpunt. De delen van de steel die rechts en links van het steunpunt zitten noem je armen.



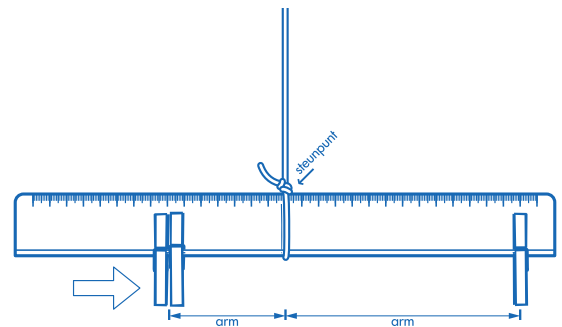
- Een hefboom kun je in evenwicht brengen door het gewicht aan iedere arm gelijk te maken en op dezelfde afstand tot het steunpunt te hangen.



- Een hefboom kun je in evenwicht brengen door de arm waar minder gewicht hangt langer te maken.



- Een hefboom kun je in evenwicht brengen door de arm waar meer gewicht hangt korter te maken.



- Je kunt de lengte van een arm aanpassen door het gewicht of het steunpunt te verplaatsen.

Deze principes kunnen de leerlingen gebruiken in les 3, wanneer ze hun kunstwerk in evenwicht gaan brengen.

# Les 3 – Ontwerp en maak een kunstwerk

## Lesoverzicht

De leerlingen ontwerpen en maken een kunstwerk waarbij ze de stappen doorlopen van de ontwerpcyclus. Ze gebruiken de kennis die ze in les 2 hebben opgedaan.



### Tijdsduur

1 uur

#### Leerdoelen

De leerlingen:

- passen de ontwerpcyclus toe bij het ontwerpen en maken van een kunstwerk;
- passen verschillende constructie- en verbindingstechnieken toe.

#### Aansluiting bij taal

De leerlingen:

- kennen het begrip bevestigen;
- beargumenteren de keuzes voor hun ontwerp met de begrippen die ze geleerd hebben in les 1 en 2.

#### Benodigheden voor 30 leerlingen

- Afbeelding van de ontwerpcyclus zichtbaar in de klas
- 15 x werkblad 8
- 2 waterpassen
- 10 telefoontangen
- 5 handboren of priemen
- 30 scharen
- 5 rollen plakband
- 5 flesjes vloeibare lijm
- 5 klosjes ijzerdraad (25 mm)
- 100 paperclips
- 1 doosje splitpennen
- 150 satéprikkers (100 x 18 cm en 50 x 30 cm)
- 100 rietjes
- 100 houten tandenstokers
- 2 bundels raffia
- 2 bollen katoengaren

- 2 klosjes naaigaren
- 2 rollen nylondraad (0,3 – 0,8 mm)
- 100 kralen
- 30 ballonnen
- 20 ansichtkaarten
- 30 piepschuim ballen
- 20 schroeven
- 20 bouten
- 20 kurken
- 20 materialen uit de natuur (bijv. bloemen, takjes, blaadjes e.d.)
- Door de leerlingen zelf meegebrachte materialen ter decoratie

#### Vorbereiding

- Het kunstwerk wordt uiteindelijk opgehangen en moet dan in evenwicht hangen. Dit betekent dat ook tijdens het maken het kunstwerk moet kunnen hangen. Bijvoorbeeld aan een bestaande losse haak of aan een zelfgemaakte haak van ijzerdraad.

#### Aandachtspunt

De leerlingen maken een kunstwerk dat opgehangen wordt. Bedenk van tevoren op welke plek de kunstwerken kunnen worden opgehangen en gepresenteerd worden. Bijvoorbeeld aan een draad die je in de klas spant.

# Lesbeschrijving



## 3.1 Inleiding

Klassikaal – 5 minuten

In deze les gebruiken de leerlingen hun opgedane kennis bij het ontwerpen en maken van hun kunstwerk. Vat met de leerlingen samen wat ze tot nu toe hebben geleerd:

- Hoe kun je straks de bewegende onderdelen van je kunstwerk in evenwicht brengen als je het gewicht aan beide kanten gelijk verdeelt?
- Hoe kun je de bewegende onderdelen van je kunstwerk in evenwicht brengen als je het als een hefboom beschouwt? Op welke manier kun je een hefboom gebruiken om kracht te vergroten?
- Welke stappen van de ontwerpcyclus hebben de leerlingen doorlopen? Bij welke stap zijn ze nu?



## 3.2 Ontwerpen

Klassikaal/tweetallen – 10 minuten

De leerlingen ontwerpen en maken in tweetallen een kunstwerk dat in evenwicht is.

### Introduceer de materialen en het gereedschap

#### Gereedschap

- Schaar
- Telefoontang
- Handboor of priem
- Waterpas

#### Draad

- Raffia
- Katoengaren
- Naaigaren
- Nylondraad

#### Armen

- Satéprikkers
- Rietjes
- Houten tandenstokers
- Takken
- IJzerdraad

#### Decoratieve voorwerpen

- Kralen
- Ballonnen
- Materiaal uit de natuur (bijv. bloemen, takjes, schelpen)
- Ansichtkaarten
- Piepschuim ballen
- Kurken
- Schroeven
- Bouten
- Knopen
- Door de leerlingen zelf meegebrachte materialen ter decoratie

#### Voor het bevestigen

- Lijm
- Paperclips
- Splitpennen
- Plakband
- Schilderstape

#### Aandachtspunten

- Bespreek dat de draden in eerste instantie zo moeten worden bevestigd dat er nog mee kan worden geschoven. Als de leerlingen hun ontwerp bepaald hebben, moeten de verbindingen goed op hun plaats blijven, zodat het kunstwerk in evenwicht blijft.
- Omdat de onderdelen van het kunstwerk worden opgehangen aan een draad zullen er gaatjes in verschillende soorten materialen gemaakt moeten worden. Wijs de leerlingen op veilig gebruik van gereedschap om gaatjes mee te maken. Voor het gebruik van bepaald gereedschap zoals een handboor en/of priem kan extra uitleg nodig zijn.

#### Bespreek met de klas de criteria

Wanneer is het probleem opgelost? Benoem in ieder geval het volgende criterium:

Het kunstwerk bestaat uit onderdelen die kunnen bewegen en die, als het kunstwerk vrij in de ruimte hangt, in evenwicht zijn.

Mogelijke andere criteria:

- Het kunstwerk bestaat uit minstens 12 onderdelen die kunnen bewegen.
- Het kunstwerk bevat lichte en zware gewichten.

Bespreek vervolgens hoe de kunstwerken geëvalueerd gaan worden. Hoe denken de leerlingen hierover? Een paar belangrijke dingen om rekening mee te houden:

- Iedereen is het erover eens hoe de kunstwerken geëvalueerd worden. Het is belangrijk dat de leerlingen hier zeggenschap over hebben, omdat het hun betrokkenheid vergroot.
- De leerlingen hoeven met deze uitdaging niet in één keer het perfecte kunstwerk te maken. Het is prima als ze eerst iets maken en er dan achter komen dat dit niet de beste oplossing was. De ontwerpcyclus gaat over testen en verbeteren. Zo gaat het bij ingenieurs ook.
- Het is belangrijk dat de leerlingen snappen dat ze van elkaar kunnen leren. En hoewel ze allemaal in tweetallen hun eigen kunstwerk maken, kunnen ze elkaar om advies vragen en naar elkaars werk kijken.

#### Optie voor differentiatie

- Breid in overleg met de leerlingen de criteria uit:
  - Vergroot het aantal onderdelen dat moet kunnen bewegen.
  - Bereken voor het maken aan de hand van het ontwerp eerst waar het gewicht komt en waar het steunpunt.
  - Hang een licht en een zwaar voorwerp aan tegengestelde armen.
  - Maak het kunstwerk zodanig dat de voorwerpen verwisseld kunnen worden maar nog altijd vrij kunnen bewegen.
  - Gebruik alleen kosteloos materiaal.
  - Verwerk in de criteria ook een aspect vanuit beeldende vorming, zoals compositie, kleur of vorm.

#### Ontwerp

De leerlingen ontwerpen hun kunstwerk. Hiervoor kunnen ze werkblad 8 gebruiken. De leerlingen maken hun kunstwerk nadat ze hun ontwerp hebben gemaakt.



### 3.3 Maken, testen en verbeteren

#### Tweetallen – 40 minuten

##### Maak

De leerlingen maken in tweetallen een kunstwerk aan de hand van hun ontwerp.

Vraag na ongeveer 15 minuten hoe het maken gaat.

- Werkt het idee dat jullie hebben bedacht?
- Hebben jullie tips of trucs die jullie met de klas willen delen?

De leerlingen kunnen hun ideeën aan de rest van de klas voorleggen en adviezen en ideeën uitwisselen. Laat ze vervolgens verder werken aan hun kunstwerk.

##### Test

De leerlingen testen steeds tussendoor of het kunstwerk in evenwicht hangt als ze iets nieuws bevestigen.

##### Verbeter

De leerlingen kunnen steeds verbeteringen aanbrengen aan hun kunstwerk.

### 3.4 Afronding

#### Klassikaal – 5 minuten

Bespreek de criteria en het maakproces dat de leerlingen hebben doorlopen:

- Welke oplossingen hebben de leerlingen gevonden om de problemen die ze tegenkwamen op te lossen?
- Hoe hebben de leerlingen de bewegende onderdelen in evenwicht gebracht?

In de volgende les presenteren de leerlingen hun kunstwerk. Daarvoor maken ze een instructie voor hun kunstwerk in evenwicht. Ze vertellen aan de hand van deze instructie hun aandachtspunten en tips met betrekking tot hun oplossingen. Daarbij gebruiken ze de termen bevestigen, steunpunt en arm, gewicht en evenwicht.



# Les 4 – Is het probleem opgelost?

## Lesoverzicht

In deze les worden het proces en het product geëvalueerd. Is het probleem opgelost of voorziet het in een bepaalde behoefte? Hoe hebben de leerlingen de verworven kennis toegepast en hoe is er met de ontwerpcyclus gewerkt? Dit is ook het moment waarop ze hun oplossing voor het probleem presenteren én het moment om trots te zijn op wat ze geleerd en gemaakt hebben.



### Tijdsduur

1 uur

#### Leerdoelen

De leerlingen:

- weten dat er verschillende manieren zijn om een probleem op te lossen;
- weten dat terugkijken en evalueren aan de hand van criteria belangrijke aspecten van de ontwerpcyclus zijn;
- presenteren hun kunstwerk aan elkaar en beargumenteren daarbij hun keuzes in het maakproces.

#### Aansluiting bij taal

De leerlingen:

- gebruiken de begrippen van les 1, 2 en 3 bij het verwoorden van de opgedane kennis;
- presenteren hun kunstwerk aan elkaar en beargumenteren daarbij hun keuzes in het maakproces;
- maken een instructie voor hun kunstwerk waarbij ze zinnen formuleren met begrippen die aan bod zijn gekomen in les 2 en 3.

#### Benodigheden voor 30 leerlingen

- De door de leerlingen ontworpen kunstwerken
- 15 x werkblad 9

#### Vorbereiding

- Zorg dat de kunstwerken op een goed zichtbare en bereikbare plek hangen. De leerlingen presenteren met behulp van werkblad 9 hun kunstwerk.

# Lesbeschrijving



## 4.1 Inleiding

### Klassikaal – 5 minuten

De leerlingen hebben in tweetallen een kunstwerk ontworpen en gemaakt. In deze les bespreken de leerlingen de verschillende oplossingen en evalueren ze de producten. Laat aan de leerlingen zien dat ze nu de ontwerpcyclus hebben doorlopen.

De leerlingen starten deze les met het formuleren van tips voor het maken van hun kunstwerk op werkblad 9. In de ruimte waar de kunstwerken komen te hangen gebruiken de leerlingen deze tips om hun kunstwerk te presenteren.

## 4.2 Tips formuleren

### Tweetallen – 20 minuten

Gebruik werkblad 9 om de leerlingen tips te laten schrijven voor het maken van hun kunstwerk. Er is aandacht voor materialen, oplossingen en aandachtspunten. Een criterium voor het schrijven van de instructie is dat de geleerde begrippen bevestigen, steunpunt en arm, gewicht en evenwicht erin terugkomen. Als de leerlingen later hun kunstwerk presenteren aan de klas kunnen ze de instructie gebruiken om hun aanpak te verduidelijken.

## 4.3 Presenteren

### Klassikaal/tweetallen – 30 minuten

Laat van ieder tweetal een leerling rondlopen en vragen stellen. De andere leerling blijft bij het kunstwerk, beantwoordt vragen en presenteert het kunstwerk. Wissel na 10 minuten de rollen om. Vragen kunnen zijn:

- Hoe zijn de onderdelen die kunnen bewegen bevestigd?
- Welke plaats heeft het steunpunt gekregen? Waarom?
- Waar zie je dat er kracht vergroot is? Hoe is dat gedaan?
- Als niet iedere laag in evenwicht hangt probeer dan samen te bespreken hoe de laag toch in evenwicht gebracht kan worden.

## Bespreek

- Wat waren oplossingen om de bewegende onderdelen in evenwicht te krijgen?
- Welke problemen kwam je tegen bij het bevestigen van een nieuw onderdeel?

## Kom terug op het probleem

Binnenkort is er een kijkdag voor ouders. Om de school aantrekkelijker te maken is de leerlingen gevraagd om een kunstwerk te maken dat uit onderdelen bestaat die kunnen bewegen en in evenwicht hangt als het vrij in de ruimte opgehangen wordt.

Is het probleem opgelost? Zijn de kunstwerken nog steeds in evenwicht als ze opgehangen zijn?

## 4.4 Afronding

### Klassikaal – 5 minuten

Bespreek met de leerlingen wat ze geleerd hebben bij het maken van hun kunstwerk. Denk hierbij aan:

- de natuurkundige kennis over evenwicht die ze verworven en toegepast hebben;
- het werken met de onderzoeks- en ontwerpcyclus.

## Opties voor uitbreiding

- Sluit aan bij beeldende vorming en taal door de leerlingen hun eigen kunstwerk te laten bespreken in relatie tot het werk van kunstenaars zoals Mondriaan en Calder.
- Laat de leerlingen een feestelijke opening van de tentoonstelling van de kunstwerken organiseren. Naast het organiseren van de opening zelf moeten de leerlingen ook zorgen voor een goede presentatie van de kunstwerken.

# Achtergrond informatie





# Achtergrondinformatie

## Evenwicht

### Belangrijke natuurkundige concepten en kennis

- Gewicht is een kracht.
- Als de krachten die op een voorwerp inwerken de situatie niet verandert is het in evenwicht.
- Met een hefboom kun je kracht vergroten.
- Het gewicht (de kracht) en de lengte van de arm hangen samen en kunnen met een verhoudingstabel inzichtelijk gemaakt worden.
- Een mobile als kunstvoorwerp.
- Kinetische kunst, kunst waarbij beweging een integraal onderdeel van de kunst vormt.
- Alexander Calder; ingenieur, beeldhouwer en kunstenaar.

### Gewicht en massa

Gewicht is de wetenschappelijke term voor hoeveelheid aantrekkingskracht tussen een object en de aarde die in Newton wordt uitgedrukt. In het dagelijks taalgebruik wordt de term gewicht gebruikt voor het aantal kilogrammen van iets. Natuurkundig is dit niet gewicht maar massa. Het gewicht van een voorwerp is gelijk aan de zwaartekracht die op de massa van het voorwerp wordt uitgeoefend. Massa is de maateenheid voor de hoeveelheid 'materie' in een voorwerp, die wordt uitgedrukt in kilogrammen. Als bijvoorbeeld astronauten naar de maan vliegen, blijft hun massa hetzelfde, de hoeveelheid 'materie' in hun lichaam verandert niet. Echter hun gewicht neemt af, omdat de zwaartekracht op de maan minder is dan op aarde. De astronauten voelen daardoor een kleinere kracht die hen richting het oppervlak van de maan trekt. Het resultaat is dat ze het makkelijk vinden om in de lucht te springen.

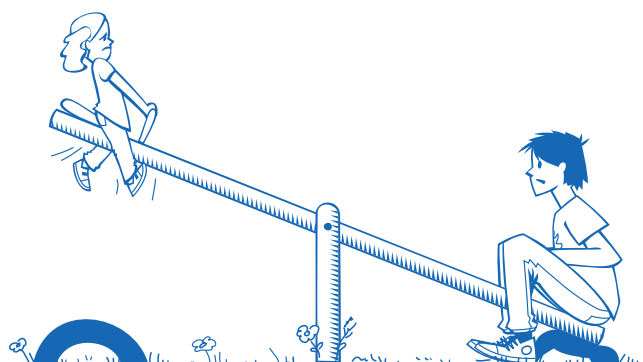
### Evenwicht

Een voorwerp is in evenwicht als de krachten die op een voorwerp inwerken de situatie niet verandert.

### Een primaire hefboom

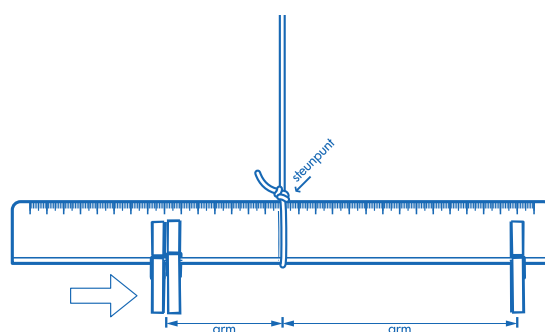
Gewicht is dus een kracht. En met een hefboom kun je kracht vergroten. Dit doe je in het dagelijks leven bijvoorbeeld bij het openen van een blikje verf met een schroevendraaier. Je gebruikt een hele korte arm (de kop van de schroevendraaier tot de rand van het blikje), een draaipunt (de rand van het blikje) en een hele lange arm (de rest van de schroevendraaier vanaf de rand van het blikje). Hierdoor kun je met weinig kracht op de lange arm, toch het blikje openen.

Bij het maken van het kunstwerk hebben we te maken met een primaire hefboom. Een wip is een duidelijk voorbeeld van een primaire hefboom. Bij een primaire hefboom zit het steunpunt in het midden van de krachten die op beide armen werken.

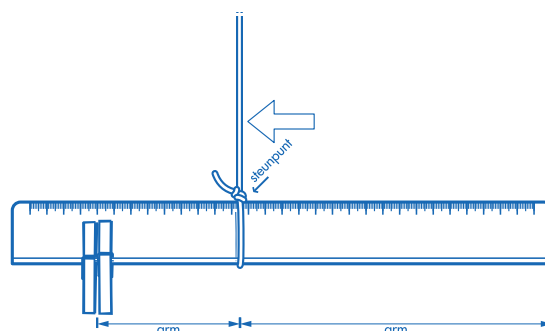


De leerlingen ervaren dat ze hun kunstwerk op de volgende manieren in evenwicht kunnen brengen:

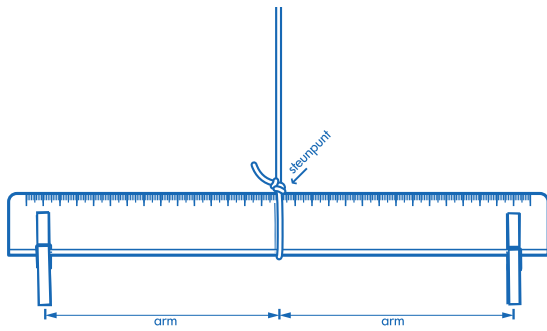
- Door de arm waar meer gewicht hangt korter te maken.



- Door de arm waar minder gewicht hangt langer te maken.

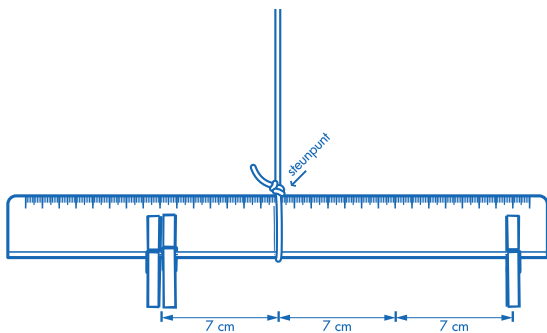


Door het gewicht aan iedere arm gelijk te maken en op dezelfde afstand ten opzichte van het steunpunt te hangen.



### Evenwicht berekenen

De natuurkundige formule voor evenwicht in een hefboom is:  $(\text{kracht} \times \text{lengte arm})_{\text{links}} = (\text{kracht} \times \text{lengte arm})_{\text{rechts}}$ . Het gewicht (de kracht) en de lengte van de arm hangen samen en kunnen met een verhoudingstabel inzichtelijk gemaakt worden. In het geval van de opdracht van werkblad 4 ziet dat er zo uit:

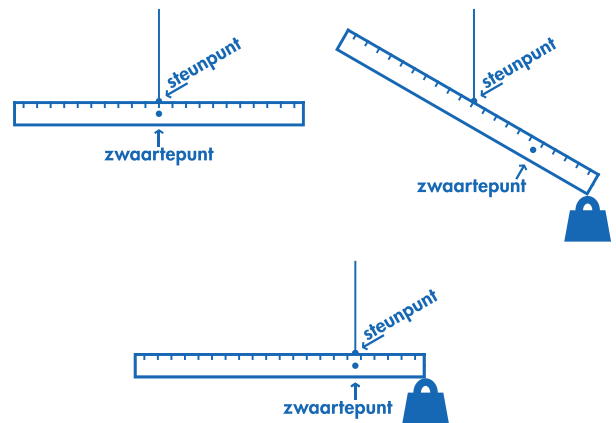


Links			Rechts			
Kracht	x	Arm	=	Kracht	x	Arm
2	x	7	=	1	x	14
		14	=			14

De lengte van de liniaal zelf maakt niet uit, het gaat om de afstand van het gewicht tot het steunpunt. Je kunt deze veranderen door de wasknijpers (gewicht) te verplaatsen. Je kunt deze ook veranderen door het steunpunt te verplaatsen.

### Krachten in evenwicht – het zwaartepunt

Alle voorwerpen hebben een zwaartepunt. Dit is het middelpunt van de massa van een voorwerp, de plek waar gemiddeld al het gewicht lijkt te zitten. Een voorwerp blijft in evenwicht balanceren als het zwaartepunt precies boven of onder de plek zit waar het voorwerp op steunt. Anders valt het voorwerp om. Het zwaartepunt is gedefinieerd als het punt waar als je er kracht op zet het object gaat bewegen zonder te draaien. Bij de liniaal ligt dat zwaartepunt precies in het midden. Zou je echter aan een van de uiteinden van de liniaal extra gewicht hangen, dan verschuift het zwaartepunt naar de zwaardere kant van de liniaal. Kijk maar eens naar de afbeeldingen hieronder.



### Een mobile

Mobiles kennen we vooral als speelgoed. Ze werden voor het eerst als kunstvoorwerpen gemaakt in de jaren 20 van de vorige eeuw en werden populair in de kunst van de jaren 50 en 60. Ze behoren tot het genre van de kinetische kunst. De belangrijkste eigenschap van mobiles is dat ze zonder motor bewegen. Marcel Duchamp bedacht de term 'mobile', die hij voor het eerst voor zijn eerste readymade kunstobject Fietswiel (1913) gebruikte.

### Kinetische kunst

Kinetische kunst ('kinesis' is het Griekse woord voor beweging) is een kunstvorm waarbij beweging een integraal onderdeel van de kunst vormt. De beweging wordt veroorzaakt door natuurlijke krachten, zoals wind en water, of door mechanische of zelfs computergestuurde middelen. De kunstenaars voegen vaak wetenschappelijke of technische aspecten aan hun werk toe.

### Alexander Calder

Alexander Calder (1898-1976) was een Amerikaanse ingenieur, beeldhouwer en kunstenaar. In zijn kunstwerken combineerde hij abstractie met beweging. Zijn eerste bewegende beelden waren speelgoedstukken van ijzer en een grote hoeveelheid andere materialen. Vanaf 1930 bouwde hij zijn eerste mobiles.

# Ideeën van kinderen over evenwicht

Kinderen hebben al verklaringen voor natuurwetenschappelijke fenomenen voordat zij er op school mee in aanraking komen. Deze ideeën en mentale modellen zijn ontwikkeld uit dagelijkse interacties en ervaringen met de wereld om hen heen en komen niet altijd overeen met onze huidige kennis van de natuurwetenschappen. Zo zijn er bijvoorbeeld kinderen die denken dat wind ontstaat doordat bomen met hun takken wapperen. Het zelf ervaren dat de eigen verklaring niet kan kloppen blijkt belangrijk bij het veranderen van deze ideeën, al duurt het veranderen soms een leven lang. In de lesmodules van Maakkunde is er rekening gehouden met het kunnen uiten van de eigen ideeën en het ervaren van de natuurwetenschappelijke fenomenen. De meest voorkomende ideeën over het onderwerp van deze lesmodule zijn hieronder in kaart gebracht.

## Evenwicht

Kinderen van 4 en 5 jaar oud kunnen evenwicht nog niet goed verklaren, ze kunnen het concept evenwicht wel goed toepassen. Als kinderen een toren bouwen van blokken van verschillende grootte dan leren ze spelenderwijs dat een groot blok op een klein blok in balans moet zijn. Pine, Messer en St. John (2001) gaven in hun onderzoek kinderen van 6 en 7 jaar oud een balkje met aan een kant een gewicht erop gemonteerd. De kinderen werden gevraagd de balk te laten balanceren. Dat kan alleen als het steunpunt uit het midden ligt. De helft van de kinderen lukte dit niet en verklaarde de taak onmogelijk. Volgens hun mentale model moet het steunpunt altijd in het midden zijn. Deze kinderen kunnen hun mentale model aanpassen als ze worden geconfronteerd met een situatie waarin hun mentale model ontkracht wordt. Dus door het experimenteren met ongelijke gewichten op een wip en als oplossing het steunpunt verplaatsen.

## Zwaartekracht

Het is aangetoond dat kinderen vaak zwaartekracht als reden noemen voor het naar beneden vallen van voorwerpen (1). Ze beschouwen zwaartekracht als een 'naar beneden trekkende' of 'aantrekkende' kracht. Anderen verstaan onder zwaartekracht het naar beneden duwen van voorwerpen. Wellicht koppelen ze zwaartekracht aan lucht en associëren ze het niet met het gewicht (of massa) van een voorwerp.

## Krachten in evenwicht

Kinderen denken vaak dat op niet-bewegende voorwerpen geen krachten inwerken en begrijpen niet dat krachten nodig zijn om het voorwerp op aarde in een stilstaande positie te houden (2). Om dat te begrijpen helpt het om de kinderen die krachten te laten voelen. Zo kunnen ze evenwicht bij een reeks voorwerpen onderzoeken en hun eigen evenwicht veranderen om krachten te voelen. Wat belangrijk is, is dat ze snappen dat een voorwerp niet zozeer niet beweegt omdat er geen krachten op inwerken, maar dat de krachten in evenwicht zijn. Bij een niet-bewegend voorwerp is er sprake van twee krachten: de neerwaarts werkende zwaartekracht en de opwaarts werkende (normaal)kracht. Deze krachten zijn gelijk aan elkaar en in evenwicht. Dit zien we ook bij een potje touwtrekken waarbij, ondanks dat er aan beide kanten kracht uitgeoefend en getrokken wordt, het touw niet beweegt als de krachten in beide richtingen even groot zijn.

- (1) Black, P. & Harlan, W. (1995) *Nuffield Primary Science Teachers' Guide: Forces and Movement. Ages 7-12*. London: HarperCollins Publishers.
- (2) Pine, K. Messer D. & ST.John, K. (2001). *Children's misconceptions in primary science: a survey of teachers' views*. Research in Science & Technological Education, 19(1), 79-96.

Handwriting practice area consisting of 20 sets of horizontal dashed lines.



# Extra activiteiten





# Extra activiteiten

## Lijst van lees- en prentenboeken

Posthuma, S. (2012). *De draad van Alexander Calder*. Amsterdam: Leopold, Den Haag: Gemeentemuseum Den Haag. ISBN 9789025860134

## Informatieve boeken

Royston, A. (2016). *Kracht en beweging*. Ettenleur: Uitgeverij Corona, Ars Scribendi Uitgeverij. ISBN 9789461753977

Macaulay, D. (2015). *Hoe werkt dat nou?* Houten: Uitgeverij Spectrum. ISBN 9789000352098

Watt, F. (2011). *Ketnet kunst: Knutsel, teken en schilder je eigen kunstwerken!* Antwerpen: Uitgeverij Standaard. ISBN 9789002243080

Bunkers, T. (2013). *Kids Art*. Utrecht: Tirion Art. ISBN 9789043916042

Berger, U. (2004). *Kracht; spannende proefjes met krachten en evenwicht*. Averbode: Uitgeverij Averbode. ISBN 903172131X

## Aanvullende activiteiten en excursies

- Plan een excursie naar een kunstmuseum en besteed aandacht aan kinetische kunst of bijvoorbeeld het onderwerp evenwicht of beweging in de beeldende kunst.
- Excursie naar het Gemeentemuseum Den Haag. Dit museum heeft een vaste tentoonstelling met lesmateriaal over De Stijl en Mondriaan waarin het zoeken naar evenwicht in een schilderij aan bod komt.
- Geef invulling aan een gymles/dansles met activiteiten rondom evenwicht.
- Nodig een professional uit in de klas, bijvoorbeeld een kunstenaar of iemand die op een bouwkraan werkt.
- De website van het Rijksmuseum biedt de mogelijkheid om objecten uit hun collectie gratis te downloaden en te bewerken. Deze kunnen het uitgangspunt zijn voor een les beeldende vorming die aansluit bij deze lesmodule. Ga op de website van het Rijksmuseum naar Rijksstudio.
- Op de website van Maakkunde staan ook korte activiteiten bij de lesmodule Evenwicht, zoek op Maakkunde/uitproberen.

Handwriting practice area consisting of 20 sets of horizontal dashed lines.



