

S. P. DINKGREVE

© 2024



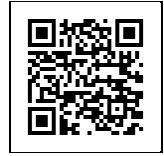
WETEN SCHAPS SCHOOL

NaSk1 voor de
middelbare school

KLAS 4 VMBO-GT

Voor de online versie met filmpjes en animaties,
ga naar: www.wetenschapsschool.nl

Dit werkboek is alleen bestemd voor klassikaal gebruik in het schooljaar 2024-2025 als onderdeel van een betaalde licentie. Bij gebruik in de klas buiten 2024-2025 is expliciet toestemming nodig. De scholen waarbij deze toestemming verleend is, zijn te vinden met de rechter QR-code. Voor gebruik thuis is geen licentie nodig.



Copyright © 2024 by Stephan P. Dinkgreve
All rights reserved. This book or any portion thereof may not be reproduced or used in any manner whatsoever without the express written permission of the publisher except for the use of brief quotations in a book review.

Printed in the Netherlands

Seventh Printing

www.wetenschapsschool.nl

Inhoudsopgave

Klas 4 NaSk 1 VMBO

Hoofdstuk 1 Geluid	3	Hoofdstuk 4 Elektriciteit II	63
§1 Geluid.....	3	§1 Elektriciteit in huis.....	63
§2 Trillingen	5	§2 Capaciteit	66
§3 De geluidssnelheid	11	§3 Transistor, NTC, LDR en condensator.....	68
§4 Geluidsterkte	14	§4 De spoel.....	73
Hoofdstuk 2 Kracht 1	18	§5 De transformator	81
§1 Soorten kracht	18	Hoofdstuk 5 Energie	89
§2 De zwaartekracht.....	22	§1 Soorten energie.....	89
§3 De netto kracht.....	27	§2 Energiebehoud	93
§4 Het parallellogram	31	§3 Chemische energie.....	97
§5 Het krachtenevenwicht.....	34	§4 Arbeid.....	99
§6 Constructies	40	§5 Energie-opwekking en milieu	102
Hoofdstuk 3 Kracht 2	43		
§1 Versnelling	43		
§2 Traagheid	45		
§3 Stabiliteit.....	49		
§4 Moment	51		
§5 Katrollen.....	60		

TESTVERSIE

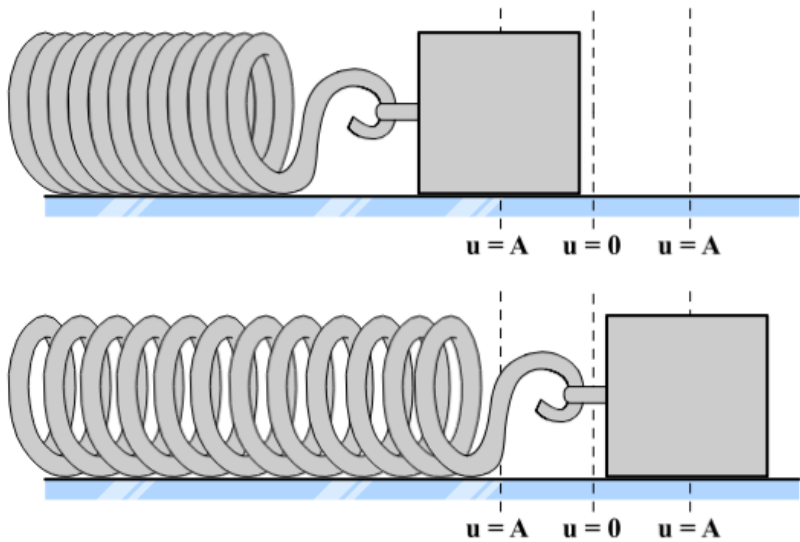
Hoofdstuk 1

Geluid

§1 Geluid

In dit hoofdstuk gaan we trillingen en golven bestuderen. Hiermee kunnen we o.a. geluid begrijpen. In deze paragraaf bestuderen we het verschil tussen trillingen en golven.

Een **trilling** is het simpel heen en weer bewegen van een voorwerp. Een voorbeeld hiervan is het zogenaamde **massa-veersysteem**. Dit systeem bestaat uit een blokje dat met behulp van een veer heen en weer beweegt over een wrijvingsloos horizontaal oppervlak (zie de onderstaande afbeelding. Op de website is dit een animatie).

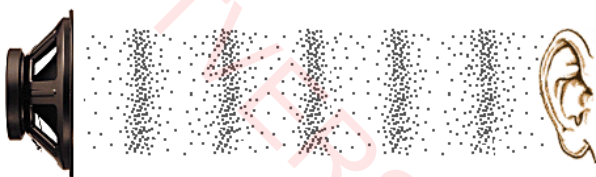


Zoals je kunt zien, beweegt het blokje heen en weer om het punt $u = 0$ m. We noemen deze positie de **evenwichtsstand**. Als het blokje hier bevindt, dan bevindt de veer zich in zijn neutrale positie. Rechts van dit punt is de veer uitgerekt. Links van dit punt is de veer ingedrukt. De afstand van het midden van het blokje tot deze evenwichtsstand noemen we de **uitwijking** (u). De maximale uitwijking van het blokje tijdens de trilling noemen we de **amplitude** (A).

Hieronder is een afbeelding van een golf in een touw te zien (op de website is dit een animatie). Door het touw aan de linkerkant op en neer te bewegen, komt het hele touw in beweging. Elk stukje van het touw brengt het volgende stukje in beweging. We noemen de resulterende beweging een **golf**. Omdat de golf zich naar rechts verplaatst door het touw spreken we van een **lopende golf**. Hoewel de golf zelf naar rechts beweegt, doen de deeltjes waaruit het touw bestaat dit niet. In de animatie op de website kan je goed zien dat de deeltjes alleen op en neer bewegen.

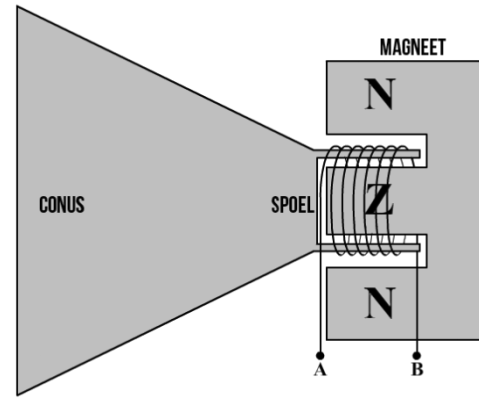


Net als in een touw, kunnen ook in de lucht golven ontstaan (zie de animatie op de website). Dit worden **geluidsgolven** genoemd. Deze golven ontstaan als we een **geluidsbron** in de lucht in **trilling** brengen. In de onderstaande afbeelding is de geluidsbron een **luidspreker**. Andere voorbeelden zijn het trillen van een gitaarsnaar of het trillen van stembanden. Als de **conus** van de luidspreker heen en weer beweegt, dan botst het tegen de omliggende luchtdeeltjes en deze luchtdeeltjes botsen weer tegen de volgende deeltjes etc. De beweging van de luchtdeeltjes zorgt ervoor dat er gebieden ontstaan met een **hoge dichtheid** (veel deeltjes) en met een **lage dichtheid** (weinig deeltjes). Hoe hoger deze dichtheid, hoe groter de **luchtdruk**. Deze gebieden van hoge en lage dichtheid vormen een golf die naar rechts beweegt.



Als je de deeltjes in de animatie volgt, dan zie je dat alle deeltjes naar links en naar rechts bewegen om een evenwichtsstand. Elk deeltje voert dus een trilling uit. De beweging van al deze deeltjes samen zorgt voor een lopende golf die naar rechts beweegt.

In de rechter afbeelding zien we een doorsnede van een simpele **speaker** of **luidspreker**. Aan de **conus** van de speaker is een **spoel** verbonden waarover een spanning staat. Door verschillende patronen van **stroompjes** door de spoel te sturen, ontstaat om de spoel een **wisselend magneetveld**. Een **permanente magneet** in de speaker reageert op dit magneetveld door de **conus aan te trekken en af te stoten**. Als gevolg gaat de conus **trillen**. We gaan hier meer over leren in het hoofdstuk “Elektriciteit II”.



De conus brengt op zijn beurt de lucht in trilling. De stof waarin de geluidsgolven zich verplaatsen noemen we het **medium** of **tussenstof**. Geluidsgolven komen niet alleen in lucht voor. In elk materiaal kunnen geluidsgolven ontstaan. In metalen, bijvoorbeeld, kunnen geluidsgolven zelfs nog sneller voortplanten dan in de lucht.

Als een ruimte **geen medium** bevat, dan spreken we van een **vacuüm**. In een vacuümruimte kan geluid niet voortplanten.

We nemen geluid pas waar als geluidsgolven aankomen bij een **ontvanger**. Een voorbeeld is het trommelvlies in ons oor. Dit kan in trilling worden gebracht door deze golf en zo nemen we **geluid** waar. Een ander voorbeeld van een ontvanger is een **microfoon**. De werking van een **microfoon** lijkt op de werking van de speaker. In dat geval zorgt geluid in de lucht er juist voor dat de conus (en dus ook de spoel) een beetje gaat trillen. Als een spoel trilt in de buurt van een magneet, dan ontstaat een patroon van **stroompjes**. Dit patroon kan daarna versterkt worden en via een luidspreker weer hoorbaar gemaakt worden.

Leerdoelen:

- Zorg dat je een trilling kan beschrijven met behulp van de uitwijking, de amplitude en de trillingstijd.
- Zorg dat je het verschil tussen een trilling en een golf kan beschrijven.
- Zorg dat je begrijpt dat geluid een geluidsbron, een tussenstof en een ontvanger nodig heeft.
- Zorg dat je weet dat zowel een luidspreker als een microfoon werkt met behulp van een conus, een magneet en een spoel. Bij een luidspreker brengt de lucht de spoel in beweging, waardoor stroompjes ontstaan. Bij een microfoon zorgen stroompjes juist voor de beweging van de spoel.
- Zorg dat je weet dat geluid een tussenstof of medium nodig heeft om in te verplaatsen en dat in een vacuüm dus geen geluid mogelijk is.

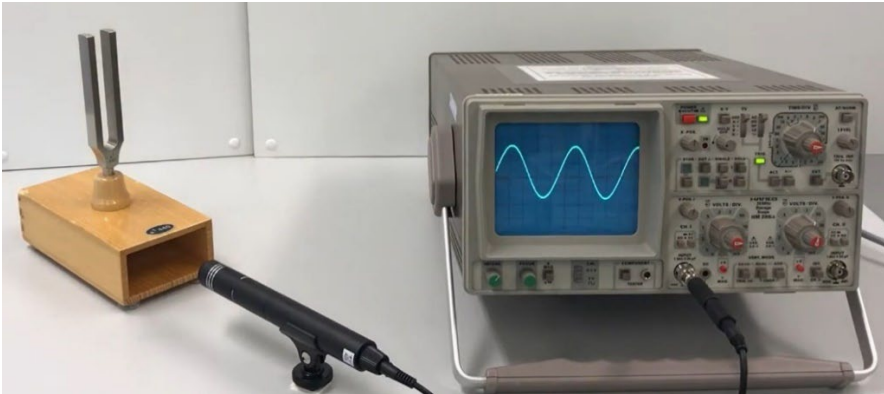
Opdrachten

1. (1p) Noem minstens drie geluidsbronnen.
2. (2p) Waarom heeft geluid een medium of tussenstof nodig?
3. (2p) Leg uit wat het verschil is tussen een trilling en een golf.
4. (2p) Geluid wordt veroorzaakt door trillende voorwerpen. Wat trilt er als we spreken? En wat trilt er als we een mug horen zoemen?
5. (1p) De luidspreker bestaat uit drie onderdelen. Noem deze drie onderdelen.
6. (1p) Een bel wordt aangezet in een ruimte die langzaam vacuüm wordt gepompt. Leg uit wat er met het geluid gebeurt?

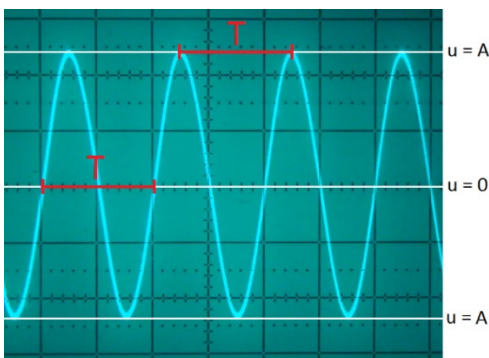
§2 Trillingen

In deze paragraaf gaan we een aantal eigenschappen van de trilling bestuderen, waaronder de trillingstijd en de frequentie.

In de vorige paragraaf hebben we gelezen dat geluid wordt veroorzaakt door het trillen van luchtdeeltjes. We kunnen deze trillingen zichtbaar maken met een **oscilloscoop**. In de onderstaande afbeelding zien we rechts een oscilloscoop. Hierop is een **microfoon** aangesloten. Zoals we in de vorige paragraaf geleerd hebben zet een microfoon geluid om in elektrische stroompjes. Deze stroompjes worden zichtbaar gemaakt op het scherm van de oscilloscoop. Links zien we een zogenaamde **stemvork**. Dit is een simpel metalen instrument dat met een hamertje aangeslagen kan worden. De stemvork produceert dan de "nette" toon die op het scherm zichtbaar is.



Het oscilloscoopbeeld kan worden opgevat als een diagram met op de horizontale as de **tijd (t)** en op de verticale as de **uitwijking (u)**. We spreken hier daarom ook wel van een **(u,t)-diagram**.



De bovenstaande trilling herhaalt zich in de tijd. We noemen een dergelijke beweging een **periodieke beweging**. De **trillingstijd (T)** geeft aan hoe lang het duurt voordat de beweging zich herhaalt. We noemen de trillingstijd ook wel de **periode**. In de bovenstaande afbeelding zien we twee manieren om de trillingstijd te meten.

De grootte van elk hokje op de horizontale as van het oscilloscoopbeeld wordt gemeten in **ms/div**. "div" staat hier voor "division", hetgeen we in het Nederlands "hokje" zouden noemen. Een waarde van 10 ms/div betekent bijvoorbeeld dat elk hokje op de horizontale as overeenkomt met 10 milliseconden.

Met de trillingstijd kunnen we o.a. de **frequentie (f)** bepalen. We meten de frequentie in **hertz (Hz)** en dit komt overeen met het **aantal trillingen per seconde**. Er geldt:

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{SI-eenheden})$$

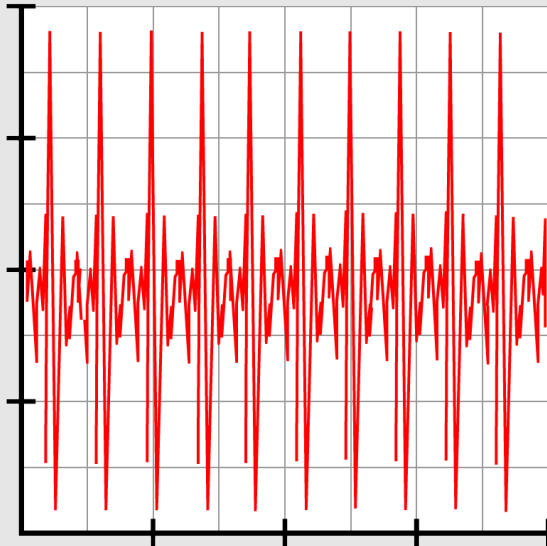
Trillingstijd (T)	seconde (s)
Frequentie (f)	hertz (Hz)

Let erop dat je de trillingstijd in deze formule altijd in seconden invult. Aan de formule kan je zien dat een **grotere frequentie** altijd zorgt voor een **kleinere trillingstijd** en andersom.

✂ Voorbeeld

Vraag:

Bepaal de frequentie van het onderstaande oscilloscoopbeeld van een saxofoon. De oscilloscoop is ingesteld op 10 ms/div.



Antwoord:

De tijdsduur behorende bij één trilling is in dit geval lastig nauwkeurig af te lezen. Het is hier daarom noodzakelijk om de trillingstijd van **zoveel mogelijk trillingen** tezamen te meten. Als we netjes meten, dan vinden we bijvoorbeeld dat 9 trillingen overeenkomen met 4,2 hokjes (ga dit zelf na). Omdat de oscilloscoop is ingesteld op 10 milliseconde per hokje, vinden we dat deze 9 trillingen overeenkomen met:

$$4,2 \times 10 = 42 \text{ ms}$$

De trillingstijd van één trilling wordt:

$$\frac{42}{9} = 4,7 \text{ ms}$$

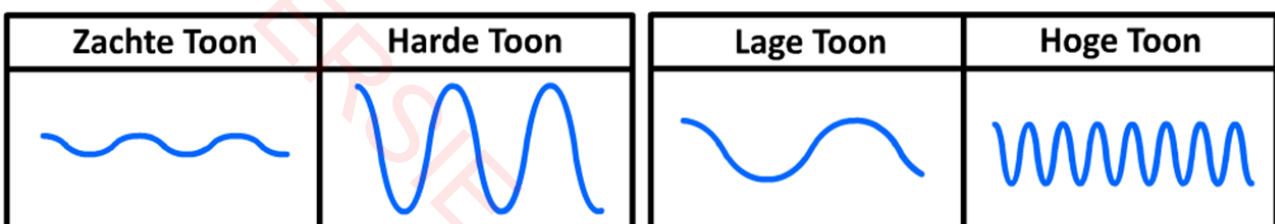
In seconden wordt dit $4,7 / 1000 = 0,0047 \text{ s}$. Met de formule voor de frequentie vinden we dan:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0047} = 213 \text{ Hz}$$

Een simpel muziekinstrument waarmee we tonen kunnen produceren met verschillende frequenties is een **snaar**. Dit is een dunne draad die onder **spanning** staat. De **frequentie** van een snaar kan **verhoogd** worden door de snaar **strakker aan te spannen**, door de snaar **korter te maken** of door een **dunnere snaar** te kiezen. Het geluid van de snaar is op zichzelf niet goed hoorbaar, maar kan **versterkt** worden met een **klankkast**. Dit is een holle ruimte waarin lucht kan gaan meetrillen met de snaren (zie de onderstaande afbeelding).



Laten we eens het oscilloscoopbeeld van een aantal tonen vergelijken. Hieronder zien we aan de linkerkant een oscilloscoopbeeld van een zachte en een harde toon. Zoals je kunt zien heeft een **zachte toon** een **kleine amplitude** en heeft de **harde toon** een **grote amplitude**. De "hardheid" van het geluid noemen we in de natuurkunde de **geluidsterkte**. Aan de rechterkant zien we een oscilloscoopbeeld van een lage en een hoge toon. Zoals je kunt zien heeft een **lage toon** een **lage frequentie** (en een **grote trillingstijd**) en heeft een **hoge toon** een **hoge frequentie** (en een **lage trillingstijd**). De frequentie van een toon bepaald dus de **toonhoogte** van het geluid.



Leerdoelen:

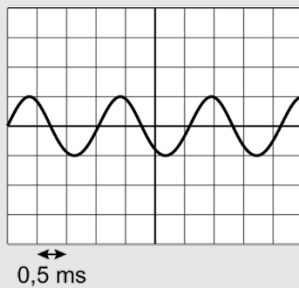
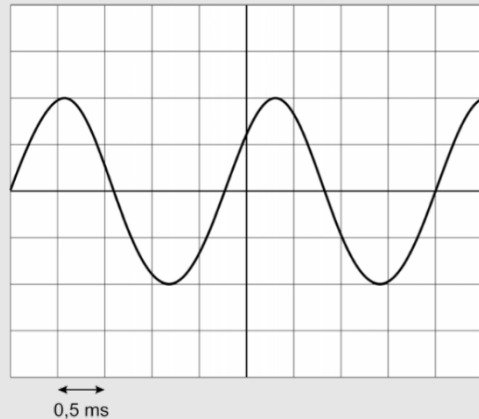
- Zorg dat je de trillingstijd kan bepalen met het (u,t)-diagram op een oscilloscoopbeeld en de bijbehorende stapgrootte in ms/div. Lees voor een nauwkeurig antwoord de tijd van zo veel mogelijk trillingen af. Deel deze tijd daarna door het aantal trillingen.
- Zorg dat je kan rekenen met $f = 1/T$ en zorg dat je weet dat een grotere trillingstijd zorgt voor een kleinere frequentie en andersom.
- Zorg dat je weet dat de frequentie van een snaar groter wordt bij een grotere spankracht, een dunnere snaar en een kortere snaar.
- Zorg dat je weet dat een hardere toon (een grotere geluidsterkte) op een oscilloscoop een grotere amplitude heeft en dat een hogere toon een grotere frequentie (en dus een kleinere trillingstijd) heeft.

Opdrachten

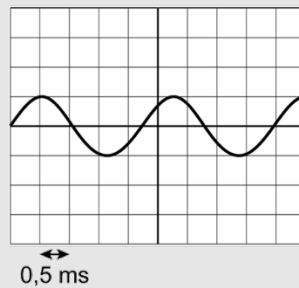
1. (1p) Welke sensor wordt aangesloten op de oscilloscoop om geluid zichtbaar te maken.
2. (3p) Een luidspreker produceert een toon van 2035 Hz. Bereken de trillingstijd van deze toon in milliseconden.
3. (3p) Een stemvork trilt 1000 keer in 5,0 seconden. Bereken de frequentie en de trillingstijd van deze trilling.
4. (3p) Een boom waait 5x heen en weer in 10 seconden. Bereken de trillingstijd en de frequentie.
5. (2p) Een kolibrie beweegt tijdens het vliegen zijn vleugels erg snel op en neer. Hierdoor is een zoemend geluid te horen met een frequentie van 55 Hz. Bereken hoelang één trilling van de vleugels duurt.
6. (1p) Een saxofonist speelt twee tonen. De tweede toon heeft een grotere frequentie. Leg uit of de trillingstijd van de tweede toon groter of kleiner is.
7. (2p) Een geluid heeft een trillingstijd van 60 ms. Bereken de frequentie van dit geluid.
8. (2p) Een geluid heeft een trillingstijd van $2,9 \times 10^{-7}$ s. Bereken de frequentie in MHz.
9. (2p) Gezoem van een mug heeft een hogere toonhoogte dan het gezoem van bijvoorbeeld een hommel. Welk insect beweegt zijn vleugels vaker op en neer?
10. (2p) Een leerling slaat een stemvork aan. Na een paar seconden is de amplitude van het geluid **even groot / groter / kleiner**. Na een paar seconden is de frequentie van het geluid **even groot / groter / kleiner**.
11. Een pianotoets wordt eerst hard en dan zacht aangeslagen.
 - a. (1p) Leg uit of de frequentie verschilt.
 - b. (1p) Leg uit of de trillingstijd verschilt.
 - c. (1p) Leg uit of de amplitude verschilt.
12. (4p) Een saxofonist speelt twee tonen. De eerste toon is laag en heel hard. De tweede toon is juist hoog en zacht. Teken hoe de twee tonen eruit zien op de oscilloscoop.
13. Een stemvork wordt aangeslagen. Na een tijdje wordt de toon steeds zachter hoorbaar.
 - a. (1p) Leg uit of de frequentie verandert tijdens het zachter worden van het geluid.
 - b. (1p) Leg uit of de amplitude verandert tijdens het zachter worden van het geluid.
14. (4p) Teken het (u,t)-diagram van een trillend voorwerp met een frequentie van 3,5 Hz en een amplitude van 2,5 cm.

15. Een leerling bespeelt een zogenaamde duimpiano die geluid maakt als de metalen strips worden aangeslagen.
- (2p) De duimpiano heeft een klankkast die het geluid versterkt. De frequentie **blijft hierdoor gelijk / wordt hierdoor groter / wordt hierdoor kleiner**. De amplitude **blijft hierdoor gelijk / wordt hierdoor groter / wordt hierdoor kleiner**.
 - (2p) De duimpiano heeft strips met verschillende lengtes. Dit is te vergelijken met de verschillende lengtes van de snaren van bepaalde snaarinstrumenten. De leerling slaat een lange en een korte strip aan. De lange strip geeft een **hogere / lagere toon** dan de korte strip. De lange strip heeft een **grotere / kleinere trillingstijd** dan de korte strip.

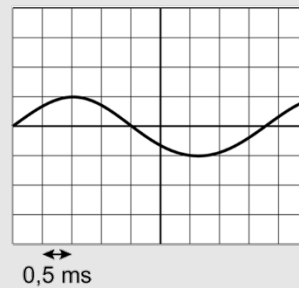
- (4p) Op een oscilloscoop maakt de leerling één toon van de duimpiano zichtbaar. Je ziet hiernaast een afbeelding van het scherm van de oscilloscoop vlak na het aanslaan van een strip. Bepaal met het beeld de frequentie van het geluid. Bepaal eerst de trillingstijd.
- (1p) Na enkele seconden is de geluidsterkte van de toon kleiner. De instellingen van de oscilloscoop blijven gelijk. Welk oscilloscoopbeeld is juist in deze situatie.



A



B

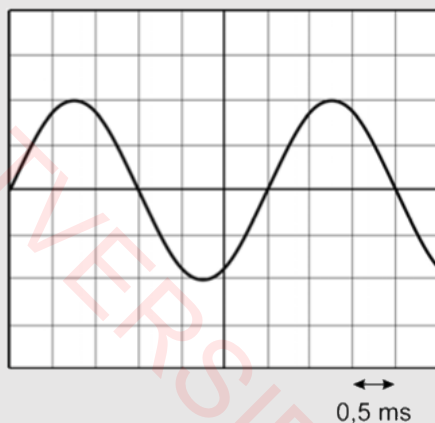


C

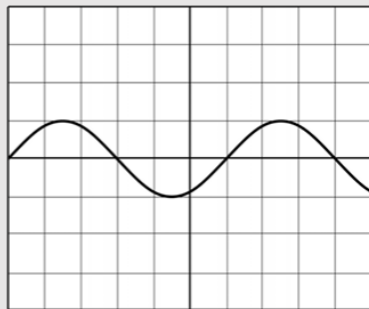
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)

16. Een leerling maakt met een stemvork een toon.

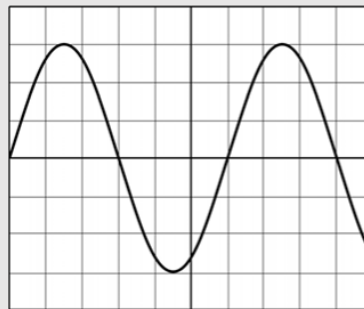
- (4p) Bereken met behulp van het beeld op het volgende oscilloscoopscherm de frequentie van het geluid. Noteer eerst de trillingstijd.



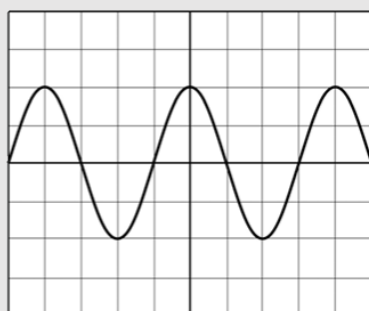
- b. (2p) De leerling maakt vervolgens een lagere, even harde toon. Welk van de onderstaande oscilloscoopbeelden geeft deze toon juist weer? De instellingen van de oscilloscoop blijven gelijk.



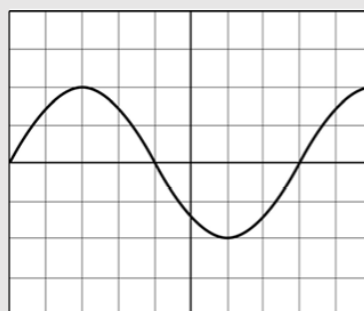
0,5 ms



0,5 ms



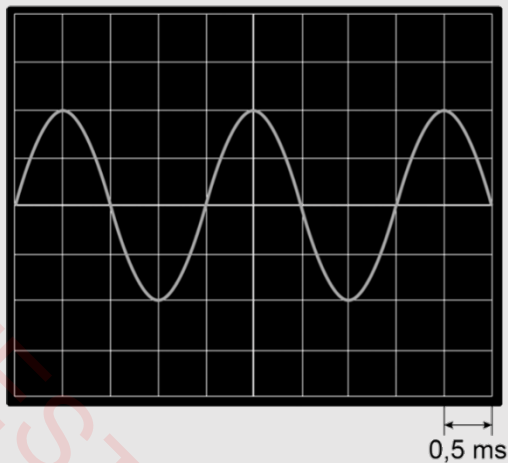
0,5 ms



0,5 ms

(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)

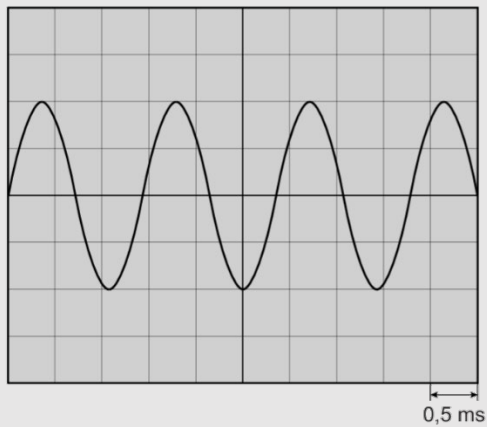
17. Hulpdiensten hebben een sirene die twee tonen maakt. Het onderstaande oscilloscoopbeeld laat een toon zien van de sirene van een ambulance.



0,5 ms

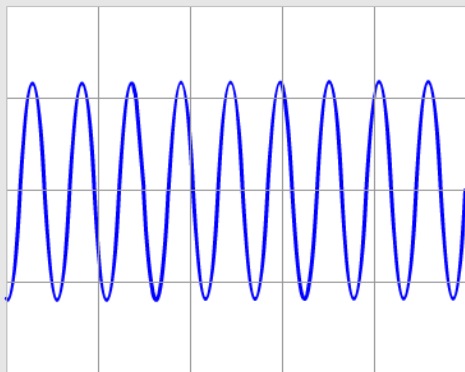
- a. (4p) Bepaal de frequentie van deze toon.
- b. (2p) De sirene maakt ook nog een tweede toon. Deze toon klinkt lager en even luid. In dit geval is de amplitude **kleiner / groter** en er zijn **meer / minder** trillingen zichtbaar.
- (Bron: Examen VMBO-T, 2021-1)

18. Hieronder is het oscilloscoopbeeld van een toon van een muziekinstrument te zien. Bereken de frequentie van deze toon. Noteer hiervoor eerst hoeveel trillingen zichtbaar zijn.

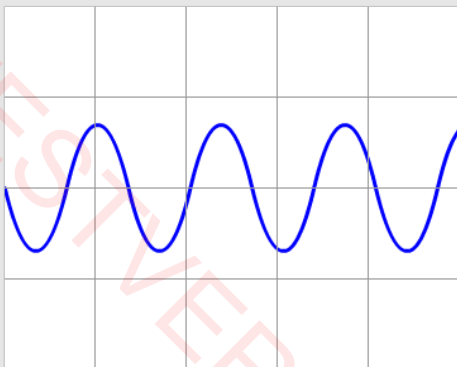


(Bron: Examen VMBO-T, 2019-2)

19. Hieronder zien we het oscilloscoopbeeld van een zuivere toon. De tijdsbasis is 5,0 ms/div.



- a. (5p) Bereken de frequentie van deze toon.
- b. (1p) Dezelfde toon heeft een octaaf lager een twee keer zo kleine frequentie. Teken het oscilloscoopbeeld van deze toon met dezelfde tijdsbasis.
20. Hieronder zien we het oscilloscoopbeeld van een zuivere toon. De tijdsbasis is 0,2 ms/div.



- a. (4p) Bereken de frequentie van deze toon.
- b. (1p) Teken dezelfde toon als we de tijdsbasis op 0,4 ms/div zouden zetten.

§3 De geluidssnelheid

In deze paragraaf gaan we rekenen met de golfsnelheid.

Voor de snelheid van een golf gebruiken we de formule voor de snelheid uit het hoofdstuk "Beweging":

$$v_{\text{geluid}} = \frac{s}{t}$$

In BINAS kan je voor een aantal stoffen de geluidssnelheid opzoeken. De meeste geluidssnelheden zijn hier gegeven bij een temperatuur van **293 K**. Dit komt overeen met $293 - 273 = 20$ graden Celsius. Voor ijs is de geluidssnelheid bij 269 K gegeven (-4 graden Celsius) en voor lucht is ook de snelheid bij 288 K (15 graden Celsius) gegeven.

Voorbeeld

Vraag:

Je ziet tijdens een hevige storm een bliksemflits. 8 seconden later hoor je de bijbehorende knal. Bereken hoe ver de bliksem van je vandaan was. De temperatuur van de lucht is 20 °C.

Antwoord:

Eerst noteren we de gegevens:

$$t = 8 \text{ s}$$

Volgens BINAS geldt voor lucht van 20 graden Celsius (293 K):

$$v_{\text{geluid}} = 343 \text{ m/s}$$

Nu kiezen we de juiste formule en vullen deze in:

$$s = v_{\text{geluid}} \times t$$

$$s = 343 \times 8 = 2744 \text{ m}$$

De bliksem vond dus op een afstand van 2744 meter plaats.

In het volgende voorbeeld gaan we redeneren met het begrip **echo**. Zoals je waarschijnlijk wel weet is een echo een reflectie van geluid tegen een oppervlak.

Voorbeeld

Vraag:

Met behulp van **echo** kan men bepalen hoe diep de zeebodem is. Men stuurt aan de onderkant van een schip een geluidspuls naar beneden en meet hoelang het duurt voordat de puls tegen de bodem reflecteert en terugkomt bij het schip. De echo doet er 0,59 s over om terug te komen bij het schip. Bereken hoe diep de zeebodem is.

Antwoord:

Het geluid beweegt eerst naar de zeebodem en daarna weer terug. Dit duurt 0,59 s. We willen weten hoelang het geluid erover doet om alleen de weg naar beneden af te leggen. Hiervoor delen we door twee:

$$t = 0,59 / 2 = 0,295 \text{ s}$$

Volgens BINAS geldt voor zeewater:

$$v_{\text{geluid}} = 1510 \text{ m/s (BINAS)}$$

Nu kiezen we de juiste formule en vullen deze in:

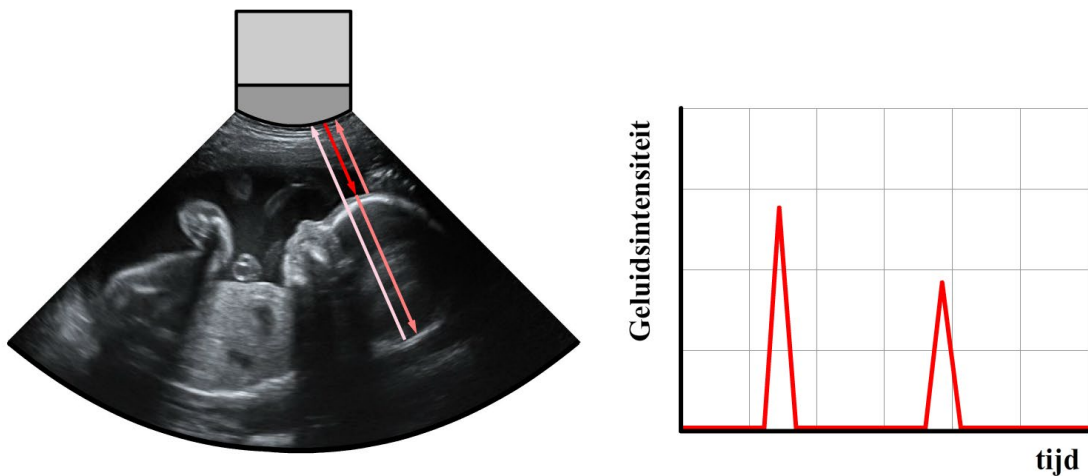
$$s = v_{\text{geluid}} \times t$$

$$s = 1510 \times 0,295 = 445 \text{ m}$$

De zeebodem is dus 445 meter diep.

Bij **echoscopie** wordt ook gebruik gemaakt van **echo**. Hieronder zien we bijvoorbeeld een echo van een foetus (een baby in de buik van een zwangere vrouw). Deze foto's worden gemaakt door met een **speaker** korte geluidspulsen de buik van een zwangere vrouw in te sturen. Dit geluid is **ultrasoon**. Dit betekent dat het geluid is boven de **menselijke gehoorgrens**. We kunnen dit geluid dus **niet horen**. Een deel van deze geluidsgolven **reflecteert** tegen de foetus naar

een **microfoon**. In de onderstaande linker afbeelding zien we geluid dat reflecteert tegen de voor en achterkant van de schedel van een foetus. In het rechter diagram zie we het geluid dat terugkomt bij de microfoon. De eerste piek geeft aan wanneer het geluid tegen de voorkant van de baby terugkomt. De tweede piek geeft aan wanneer het geluid tegen de achterkant van de baby terugkomt. Door te meten **hoe lang** het duurt voordat de verschillende pulsen terugkomen, kan een beeld worden gemaakt van de foetus.



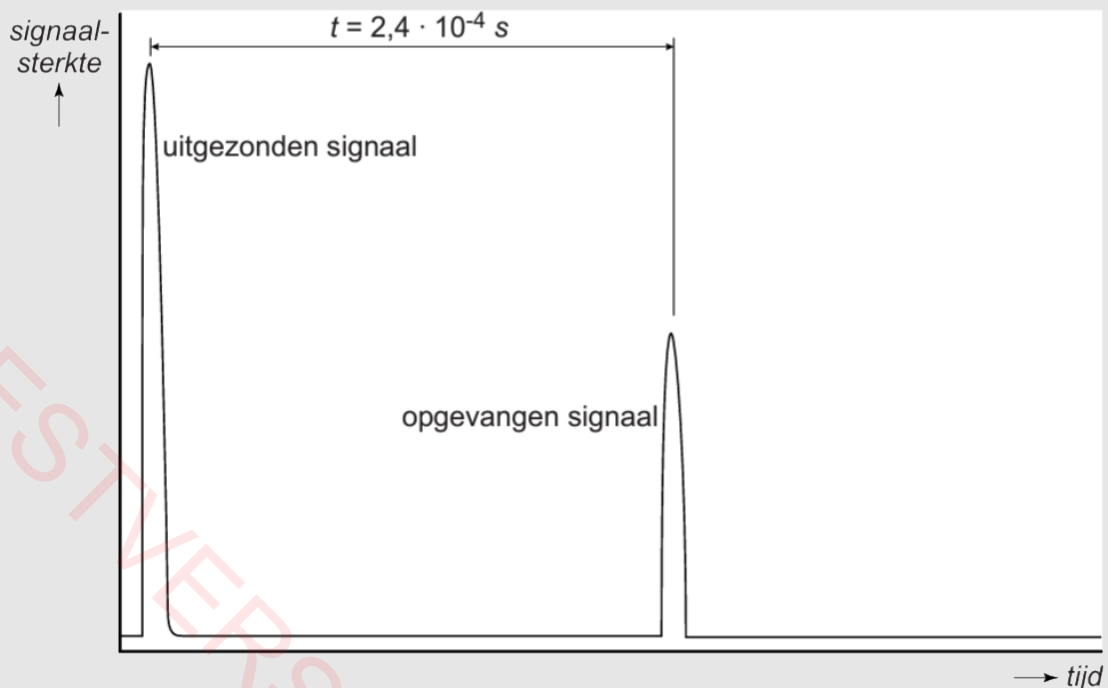
Leerdoelen:

- Zorg dat je kan rekenen met de formule $v_{\text{geluid}} = s/t$ en dat je de geluidssnelheid in verschillende stoffen in BINAS kan opzoeken aan de hand van de temperatuur in kelvin.
- Zorg dat je de temperatuur van kelvin kan omrekenen naar graden Celsius en andersom.
- Zorg dat je kan rekenen aan de echo. Houdt er rekening mee dat geluid bij een echo twee keer dezelfde afstand aflegt.
- Zorg dat je weet dat bij een echoscopie ultrasoon geluid gebruikt wordt om een beeld van een foetus te maken in de buik van een zwangere vrouw. Het geluid reflecteert tegen het weefsel van de baby.

Opdrachten

1. (2p) Zoek de geluidssnelheid op in BINAS bij een temperatuur van 20 graden Celsius.
2. (3p) Je ziet tijdens een hevige storm een bliksemflits. 8 seconden later hoor je de bijbehorende knal. Bereken hoe ver de bliksem van je vandaan was. De temperatuur van de lucht is 20 °C.
3. (3p) Ook door gesteenten kunnen golven voortbewegen. De snelheid van deze golven is 5000 m/s. Het zijn deze golven die voor aardbevingen zorgen. Stel dat het epicentrum van een aardbeving 450 km van je vandaan ligt. Bereken hoelang het duurt voordat de aardbeving je bereikt.
4. (3p) Vroeger kwam het wel eens voor dat iemand zijn oor op de stalen trainrails legde om een trein van verre te horen aankomen (tegenwoordig is dit geen goed idee, omdat over veel rails een grote spanning staat). Bereken hoelang het duurt voordat het geluid van een trein op 5 km afstand hoorbaar is via de rails. Gebruik hierbij dat staal met name uit ijzer bestaat.
5. (2p) Een leerling staat op een afstand van 250 m van een ambulance. De temperatuur is 288 K (15 °C). Bereken hoelang het duurt voordat het geluid van de sirene de leerling bereikt.
6. (2p) De snelheid van geluid in zeewater is **groter / kleiner** dan in de lucht. Het geluid legt in zeewater dezelfde afstand af in een **langere / kortere** tijd dan in lucht.
7. (4p) Met behulp van echo kan men bepalen hoe diep de zeebodem is. Men stuurt aan de onderkant van een schip een geluidspuls naar beneden en meet hoelang het duurt voordat de puls tegen de bodem reflecteert en terugkomt bij het schip. Stel dat de echo er 0,59 s over doet. Hoe diep is in dat geval de zeebodem.

8. Met een app op je telefoon kan je de afstand tot voorwerpen bepalen. De smartphone zendt geluid uit. Even later ontvangt de smartphone het weerkaatste geluid. Met het tijdsverschil tussen zenden en ontvangen berekent de smartphone de afstand tot een voorwerp. De app is geijkt voor een geluidssnelheid van 340 m/s en geeft aan dat het voorwerp 1,36 meter ver weg is.
- (3p) Bereken de tijd die het geluid onderweg is.
 - (1p) Noteer de temperatuur waarbij de geluidssnelheid van de app geijkt is, in Kelvin en in graden Celsius.
 - (2p) In de loop van de dag stijgt de temperatuur. Bij hogere temperatuur is bij gelijke afstand de snelheid van het geluid **even groot / groter / kleiner**. De tijd die het geluid over deze afstand doet is **even lang / korter / langer**.
(Bron: Examen VMBO-T, 2018-1)
9. Een leerling heeft een knieblessure en gaat naar een fysiotherapeut. De fysiotherapeut maakt tijdens het onderzoek een echo van de knie.
- (1p) Voor het maken van de echo wordt een apparaat gebruikt dat ultrasoon geluid uitzendt en weer opvangt. Zo'n apparaat heet een echoscoop. Met welk apparaat is de echoscoop te vergelijken bij het uitzenden van geluid? Kies uit: een decibel-meter, een microfoon, een oscilloscoop of een luidspreker.
 - (1p) In de echoscoop zit ook een geluidsontvanger. Waar is deze geluidsontvanger mee te vergelijken? Kies weer uit dezelfde opties als bij vraag a.
 - (3p) Tussen het uitzenden en het ontvangen van het geluidssignaal zit $3,8 \times 10^{-5}$ s. De gemiddelde geluidssnelheid in de knie is 1540 m/s. Bereken de afstand tussen de echoscoop en de plaats waar het geluid weerkaatst.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)
10. (3p) Met behulp van een echo kunnen breuken in beton worden gevonden. Een geluidsbron zendt een signaal uit. De breuk weerkaatst het geluid richting de ontvanger. Een computer meet hoelang het signaal onderweg is bij een dik stuk beton. Hieronder zie je een vereenvoudigde weergave van de signalen op het scherm van de computer.



De geluidssnelheid in beton is 4300 m/s. Bereken de afstand tot de breuk.
(Bron: Examen VMBO-T, 2019-2)

§4 Geluidsterkte

In deze paragraaf bespreken we de geluidsterkte. We gaan het ook hebben over geluidshinder en oplossingen daarvoor.

Geluidsterkte meten we met een **decibelmeter (dB-meter)**. Rekenen met **decibel (dB)** gaat anders dan je gewend bent bij andere eenheden. Stel dat **één trompetspeler** een geluid maakt van **50 dB**, als we er dan **nog een trompetspeler naast** zetten die hetzelfde geluid maakt, dan meten we **53 dB**. Bij het **verdubbelen** van de geluidsenergie hebben we dus te maken met een stijging van maar **3 dB**. Als we **weer verdubbelen**, nu naar **vier trompetspelers**, dan wordt de geluidsterkte **56 dB**.

Voorbeeld

Vraag:

Drie trompetspelers produceren samen een toon met een geluidsterkte van 70 dB. Hoeveel trompetspelers heb je nodig om een geluid van 82 dB te produceren? Ga ervan uit dat de trompetspelers allemaal op gelijke afstand staan en hetzelfde geluid produceren.

Antwoord:

Elke **verdubbeling** van het aantal trompetspelers komt overeen met een stijging van **3 dB**. In dit geval is de geluidsterkte gestegen met $82 \text{ dB} - 70 \text{ dB} = 12 \text{ dB}$. Hiervoor moeten we het aantal trompetspelers $12 / 3 = 4$ **keer verdubbelen**. Dit doen we als volgt:

$$3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 48$$

We hebben dan dus met 48 trompetspelers te maken!

Voorbeeld

Vraag:

Vijf trompetspelers produceren samen een toon met een geluidsterkte van 70 dB. Hoeveel decibel meet je bij 80 trompetspelers?

Antwoord:

We starten met 5 trompetspelers en blijven dit verdubbelen tot we bij 80 trompetspelers uitkomen:

$$5 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 80$$

Zoals je ziet hebben we het aantal trompetspelers **vier keer** moeten **verdubbelen**. Elke keer komt er 3 dB bij:

$$70 \text{ dB} + 3 + 3 + 3 + 3 = 82 \text{ dB}$$

Voorbeeld

Vraag:

Een leerling gebruikt bij een concert oordopjes om geen gehoorschade op te lopen. Hierdoor neemt de geluidsterkte 15 dB af. Bereken hoeveel keer het geluid hierdoor wordt verzwakt.

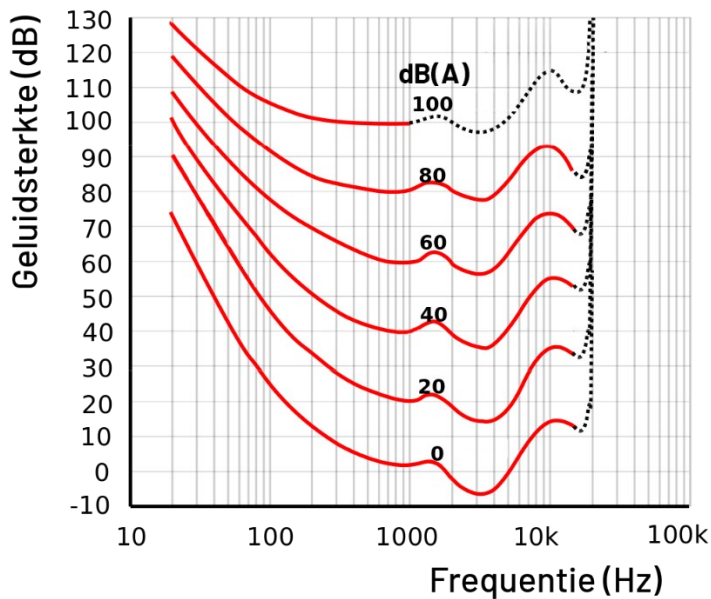
Antwoord:

Bij elke afname van 3 dB halveert de hoeveelheid geluid. We rekenen als volgt uit hoe vaak het geluid halveert:

$$15/3 = 5 \times$$

Als het geluid 5 keer halveert, dan verzwakt het geluid $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$ **keer**.

Hoe **hard** geluid daadwerkelijk klinkt **voor het menselijk oor** hangt niet alleen af van de hoeveelheid decibel, maar ook van de **frequentie** van het geluid. Dit zien we in het onderstaande diagram. Op de horizontale as staat de frequentie van het geluid en op de verticale as het aantal decibels. De grafieken geven aan hoe het **menselijk oor** verschillende **hoeveelheden decibels ervaart**. We noemen dit de **dB(A)-schaal**. Zoals je ziet lijkt geluid harder bij lage en hoge frequenties. Het is niet nodig dat je deze grafiek kan aflezen.



(Afbeelding: Henkiedenis; CC BY-SA 3.0)

De **onderste grafiek** in het bovenstaande diagram komt overeen met **0 dB(A)**. Geluid met een **lagere geluidsterkte** kunnen we **niet horen**. Bij 140 dB(A) wordt de **pijngrens** bereikt. Dit is geluid zo hard dat het **pijn** doet en levert **permanente gehoorschade** op. In BINAS kan je een tabel vinden waarin het effect van geluid bij verschillende decibels beschreven staat. We zien hier dat vanaf 85 dB geluid **gehoorbeschadiging** kan veroorzaken. Tussen de 85 en de 90 dB gebeurt dit echter pas na 8 uur aanhoren van dit geluid. Bij hogere dB neemt de kans op gehoorschade steeds meer toe. Er is ook een tabel in BINAS waar je kan vinden hoe lang je veilig naar geluid kan luisteren bij verschillende decibels en een tabel waar de gehoorgevoeligheid bij verschillende leeftijden wordt vergeleken.

Kijk nogmaals naar het bovenstaande diagram. Zoals je kunt zien start de grafiek bij **20 Hz** en eindigt de grafiek bij **20 000 Hz = 20 kHz**. Dit zijn de **gehoorgrenzen**. Geluid buiten deze grenzen is door mensen **niet te horen**. Het is belangrijk dat je de gehoorgrenzen uit je hoofd kent.

Omdat hard geluid voor geluidschade kan zorgen, is het belangrijk mensen hiertegen te beschermen. Stel je woont bijvoorbeeld langs een snelweg, dan kan een **geluidsscherm** of **geluidswal** helpen door het geluid zoveel mogelijk te **absorberen** en te **reflecteren** zodat de bewoners hiervan geen **geluidshinder** ervaren. Mensen die werken met apparaten die veel geluid maken (denk aan zware boormachines) kunnen bijvoorbeeld **gehoorbeschermers** dragen.



(Afbeelding: Henkiedenis; CC BY-SA 3.0)

Leerdoelen:

- Zorg dat je weet dat de geluidsterkte slechts met 3 dB toeneemt als de hoeveelheid geluid verdubbeld.
- Zorg dat je weet dat de dB(A)-schaal aangeeft hoe de hoeveelheid decibels worden waargenomen door het menselijk oor. Onder 0 dB(A) is geluid niet hoorbaar. Boven de 140 dB(A) wordt de pijngrens bereikt.
- Zorg dat je met BINAS kan laten zien of geluid schadelijk is voor het gehoor bij verschillende decibels. Zorg ook dat je kan opzoeken hoe lang je veilig naar geluid kan luisteren bij bepaalde decibels.

- Zorg dat je weet dat de gehoorgrenzen bij mensen bij 20 Hz en 20 000 Hz = 20 kHz liggen.
- Zorg dat je snapt dat geluid soms hinderlijk kan zijn, bijvoorbeeld als je woont naast een drukke snelweg. Geluidschermen, gehoorbeschermers en andere vormen van geluidsisolatie kunnen hier tegen beschermen.

Opdrachten

- (2p) In een elektrische geurverspreider zit een trillende plaat. Door het trillen van de plaat ontstaat er een mist met geurstof in de lucht. De plaat trilt met een frequentie van 2400 kHz. Vul de volgende zinnen aan: Een mens kan geluiden horen met een frequentie van maximaal _____ kHz. Het geluid van de trillende plaat is dus **wel / niet** te horen.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
- (1p) Bij een echo wordt ultrasoon geluid gebruikt. Dit ligt boven de menselijke gehoorgrens. Boven welke frequentie moet dit geluid dus liggen.
- (4p) Een gletsjer maakt geluid dat niet hoorbaar is voor de mens. Het opgevangen geluid heeft een trillingstijd van 60 ms. Ga na dat dit geluid inderdaad niet hoorbaar is voor de mens.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)
- (4p) De hoogste toon die een bepaald type luidspreker weer kan geven, heeft een trillingstijd van 0,040 ms. Bereken de frequentie en leg uit of deze toon hoorbaar is voor de mens.
(Bron: Examen VMBO-T, 2019-1)
- (1p) Wanneer de geluidsterkte afneemt wordt de **amplitude / trillingstijd** van het geluid **groter / kleiner**.
- (1p) Vermindert gehoorbescherming het geluidsniveau bij de bron of bij de ontvanger.
- Het afremmechanisme van een achtbaantreinje veroorzaakt kortstondig een geluid met een geluidsterkte van 116 dB.
 - (1p) In welke zone valt dit geluid? Kies uit: zeer hinderlijk, zeer luid, extreem luid of pijngrens.
 - (1p) De werknemers die de passagiers helpen met uitstappen mogen geen gehoorbeschadiging oplopen. Noteer een veiligheidsmaatregel waarmee deze werknemers de kans op gehoorschade kunnen verminderen.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
- Een leerling is aanwezig bij een concert. Het publiek op de voorste rij staat op een afstand van 8 meter van de luidspreker. De geluidsterkte op deze afstand is 79 dB.
 - (1p) In welke zone valt dit geluid? Kies uit: indringend, hinderlijk, storend bij telefoneren en zeer luid.
 - (2p) Voor de geluidsterkte geldt: Voor elke verdubbeling van de afstand neemt de geluidsterkte met 6 dB af. Het publiek op de achterste rij zit op een afstand van 32 meter van de luidspreker. Bereken de geluidsterkte in dB op deze afstand.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)
- Een leerling gaat naar een concert en draagt geluiddempende oordopjes. De oordopjes dempen het geluid met 15 dB.
 - (2p) Bij elke halvering van het geluid neemt het geluidsniveau met 3 dB af. Bereken hoeveel keer de leerling het geluid zachter hoort door het gebruik van de oordopjes.
 - (1p) Zonder oordopjes is de geluidsterkte 106 dB. Noteer de maximale blootstellingsduur aan dit geluid.
 - (1p) In welke zone valt dit geluid? Kies uit: erg stil, storend bij telefoneren, hinderlijk, zeer hinderlijk, zeer luid en extreem luid.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)

10. Een sirene van een ambulance maakt overdag een geluid van 100 dB. In de nacht is het geluidsniveau 10 dB minder.
- (1p) Waarom moet de sirene van een hulpdienst overdag meer geluid maken dan in de nacht?
 - (1p) In welke zone van gehoorgevoeligheid valt het geluid dat de sirene 's nachts maakt? Kies uit: hinderlijk, zeer hinderlijk, zeer luid en extreem luid
 - (1p) Vergelijk het geluid van 100 dB met het geluid van 90 dB. Wat is juist over de maximale blootstellingsduur aan geluid van 100 dB? Kies uit: het is 2x zo groot, 2x zo klein, 4x zo groot en 4x zo klein.
 - (2p) Een leerling staat op een afstand van 250 m van de hulpdienst. Op haar smartphone leest de leerling een geluidsniveau van 62 dB af. Voor het geluidsniveau geldt: Bij een verdubbeling van de afstand neemt het geluidsniveau met 6 dB af. Bereken op welke afstand het geluidsniveau van de sirene 44 dB is.
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-1)
11. (2p) Een bepaald type gehoorbescherming verlaagt het geluidsniveau met 21 dB. Bereken hoeveel keer het geluid door de gehoorbescherming wordt verzwakt.
12. Een smartphone laat muziek horen met een geluidsniveau van maximaal 88 dB. Door het gebruik van een versterker wordt dat verhoogd tot 94 dB.
- (2p) Vergelijk het geluid van 94 dB met het geluid van 88 dB. Vul de zin aan: Het geluid van 94 dB is _____ keer zo hard als het geluid van 88 dB. Leg je antwoord uit met een berekening.
 - (1p) De maximale blootstellingsduur aan geluid van 94 dB is **gelijk aan / minder dan / meer dan** vier uur.
 - (1p) In welke zone valt het maximale geluidsniveau van de luidspreker? Kies uit: hinderlijk, zeer hinderlijk, zeer luid en extreem luid.
(Bron: Examen VMBO-T, 2019-1)
13. De violist heeft een leeftijd van 50 jaar.
- (1p) Wat is juist over de gemiddelde afname van de gehoorgevoeligheid bij deze leeftijd? Kies uit:
 - Bij hoge tonen is de afname het grootst.
 - Bij lage tonen is de afname het grootst.
 - Bij hoge en lage tonen is de afname gelijk.
 - Bij 50 jaar is er geen afname van de gehoorgevoeligheid.
 - (1p) Bij een toon van 1000 Hz is bij de violist een afname van de gehoorgevoeligheid van 10 dB gemeten. Het gehoor van de violist is **beter dan gemiddeld / gelijk aan het gemiddelde / slechter dan gemiddeld** bij een leeftijd van 50 jaar.
(Bron: Examen VMBO-T, 2018-1)

BINAS tabellen die je dit hoofdstuk nodig hebt

BINAS tabel	
7-12	Formules
27	Geluidsnelheden
28	Gehoorgevoeligheid
29	Veroudering gehoorgevoeligheid
30	Maximale blootstelling geluid

Hoofdstuk 2

Kracht 1

§1 Soorten kracht

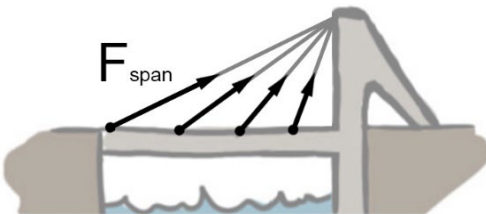
In dit hoofdstuk gaan we leren over krachten. We beginnen deze paragraaf met het introduceren van de verschillende soorten krachten.

We spreken van een **kracht** (F) als er aan een voorwerp geduwd of getrokken wordt. De SI-eenheid van kracht is de **newton** (**N**). In de natuurkunde geven we krachten symbolisch weer met behulp van zogenaamde **vectorpijlen**. De pijl start op de plek waar de kracht wordt uitgeoefend. Dit wordt ook wel het **aangrijpingspunt** genoemd. De pijl wijst in de **richting** waarin de kracht werkt en de **lengte** van deze pijl geeft de **grootte** van de **kracht** aan. Hoe langer de pijl, hoe groter de kracht.

Er bestaan verschillende soorten krachten. Hieronder zien we bijvoorbeeld de **spierkracht** (F_{spier}) en de **motorkracht** (F_{motor}) afgebeeld.



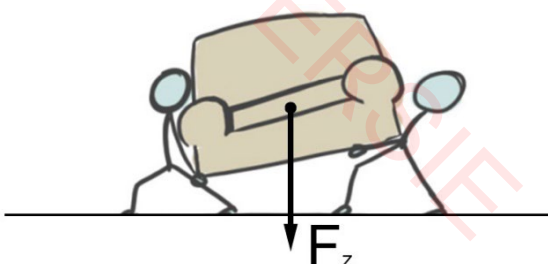
Hieronder is de **spankracht** (F_{span}) afgebeeld. Dit is de kracht waarmee een koord of kabel aan een voorwerp trekt. In het onderstaande voorbeeld zorgen spankrachten in kabels ervoor dat een brug omhooggehouden wordt.



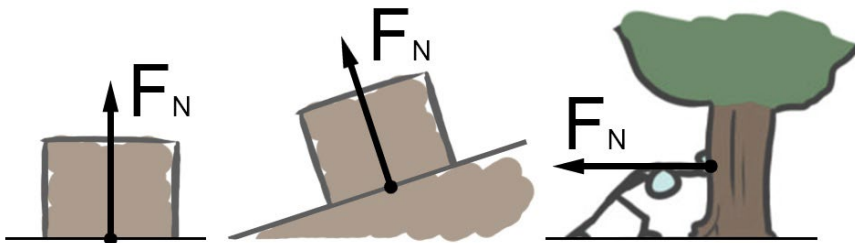
Hieronder is de **veerkracht** (F_{veer}) weergegeven. Als je een veer uitrekt of indruwt, dan voel je dat de veer weer terug wil naar zijn neutrale vorm. We noemen dit ook wel de **evenwichtsstand** van de veer. Als we de veer uitrekken, dan wil de veer terug naar binnen. Als we de veer indrukken, dan wil de veer terug naar buiten.



Hieronder is de **zwaartekracht** (F_z) afgebeeld. De zwaartekracht zorgt ervoor dat voorwerpen richting het **centrum van de aarde** worden getrokken. Omdat het centrum van de aarde zich recht onder ons bevindt, werkt de zwaartekracht dus altijd **recht naar beneden**.

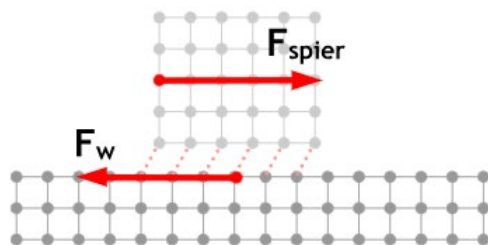


De **normaalkracht** (F_N) is de kracht die ervoor zorgt dat een voorwerp niet door een ondergrond heen zakt. Hieronder zien we bijvoorbeeld twee blokken die niet door de grond zakken en een persoon die niet door een boom heen kan duwen. Zoals je kunt zien wijst de normaalkracht in alle gevallen **loodrecht** op de ondergrond.

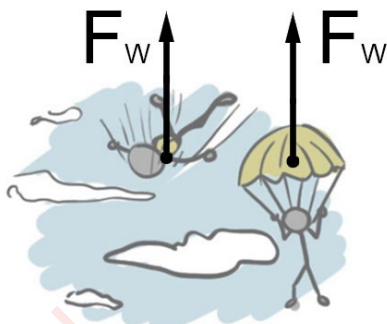


De normaalkracht ontstaat wanneer de atomen in de ondergrond dichter op elkaar worden geduwd. Als atomen echter te dicht op elkaar zitten, dan stoten ze elkaar af. Deze afstotende kracht is de normaalkracht (op de website kan je hier een animatie van zien).

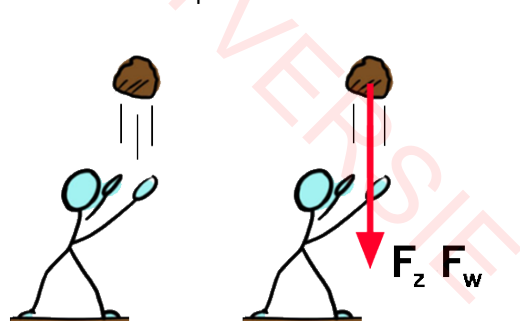
Een ander voorbeeld is de **wrijvingskracht** (F_w). Er bestaan verschillende soorten wrijvingskracht. In de onderstaande afbeelding wordt de **schuifwrijvingskracht** ($F_{w,schuif}$) afgebeeld. Deze kracht ontstaat als we een voorwerp over een ondergrond **schuiven**. De atomen aan de grond trekken aan de atomen in het voorwerp en dit zorgt voor een afremmende kracht. De schuifwrijvingskracht wijst altijd **tegen de bewegingsrichting** van het voorwerp in.



Naast de schuifwrijvingskracht bestaat ook nog de **rolwrijvingskracht** ($F_{w,rol}$) en de **luchtwrijvingskracht** ($F_{w,lucht}$). Ook deze krachten werken altijd **tegen de bewegingsrichting** in.



Let erop dat er in sommige gevallen geen kracht in de bewegingsrichting werkt. Neem bijvoorbeeld de onderstaande steen die omhoog gegooid wordt. Deze steen beweegt **omhoog**, terwijl de krachten op het voorwerp (de **zwaartekracht** en de **wrijvingskracht**) juist **naar beneden** werken. De reden dat de steen toch omhoog beweegt is dat de persoon op een eerder moment een **spierkracht** omhoog heeft uitgeoefend, maar op het moment dat de steen loskomt van de hand werkt deze spierkracht niet meer.

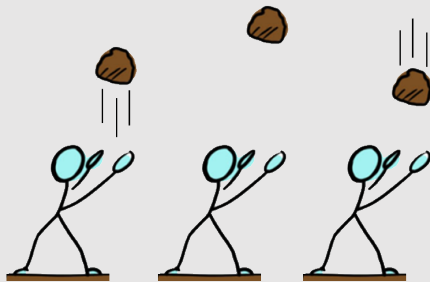


Leerdoelen:

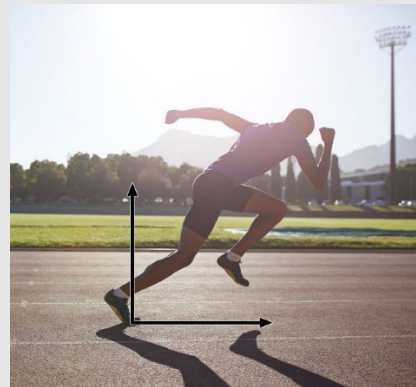
- Zorg dat je de motorkracht, de spierkracht, de spankracht, de zwaartekracht, de veerkracht, de normaalkracht en de rol-, schuif en luchtwrijvingskracht in de juiste richting kan tekenen.
- Zorg dat je weet dat er niet altijd een kracht in de bewegingsrichting werkt.

Opdrachten

1. Ga naar deze opdracht op de website of maak het stencil aan het einde van de paragraaf.
2. (4p) Een persoon gooit een steen de lucht in. De persoon is hieronder op drie momenten weergegeven. In de linker afbeelding beweegt de steen omhoog, in de middelste afbeelding blijft de steen een moment stilstaan op zijn hoogste punt en in de rechter afbeelding valt de steen naar beneden. Teken in alle drie de situaties de krachten die werken op de steen.



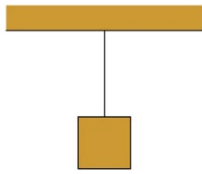
3. (3p) Een auto staat stil geparkeerd op een helling (zie de linker onderstaande afbeelding). Teken in de afbeelding de zwaartekracht, de normaalkracht en de wrijvingskracht. Het is niet nodig rekening te houden met de lengte van de krachten.
4. (2p) Een sprinter zet zich met zijn achterste voet af tegen de grond. Noem de krachten die rechtsonder afgebeeld zijn en werken de voet.



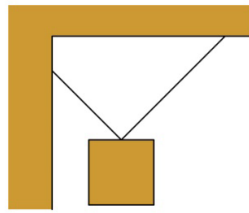
5. Bij tennisrackets wordt om het handvat rubber tape gewikkeld, waardoor het racket niet uit je hand kan glijden. Welke tegenwerkende kracht wordt door de tape vergroot?
6. Een ladder leunt tegen een muur. Welke kracht zorgt ervoor dat de ladder niet door de muur valt.
7. De rem van fiets wordt warm tijdens het remmen. Welke kracht zorgt voor het warm worden?

Stencil Krachten Tekenen

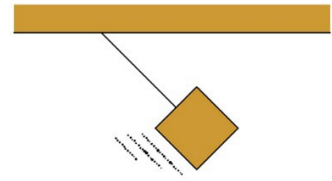
Teken en benoem de krachten die op het blok werken in de volgende situaties:



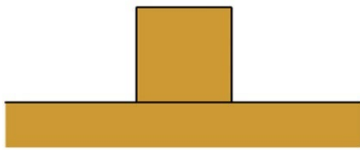
Een blok hangt stil



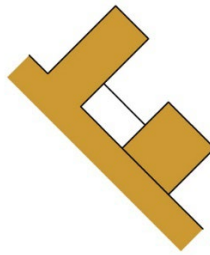
Een blok hangt stil



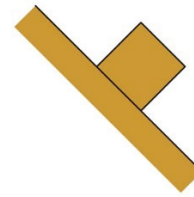
Een blok slingert in het vacuüm



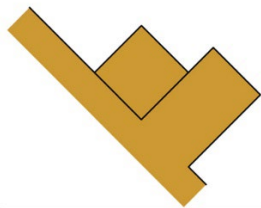
Een blok ligt stil



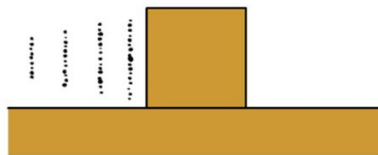
Een blok hangt stil



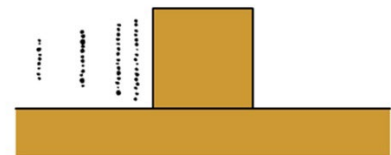
Een blok ligt stil op een helling



Een blok ligt stil



Een blok beweegt zonder wrijving



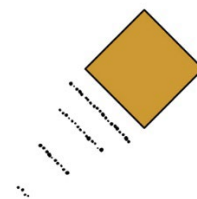
Een blok komt tot stilstand dankzij wrijving



Een blok valt in het vacuüm



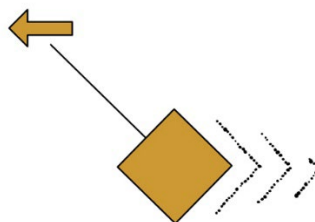
Een blok valt in de lucht



Een blok is de lucht in gegooid



Een blok is de lucht in gegooid en hangt een moment stil op zijn hoogste punt



Een blok wordt voorgetrokken in de lucht

§2 De zwaartekracht

In deze paragraaf gaan we de grootte van de zwaartekracht berekenen. Ook gaan we de vectorpijl van de zwaartekracht op schaal leren tekenen.

De grootte van de zwaartekracht kan berekend worden met de volgende formule:

$$F_z = m \times g$$

Zwaartekracht (F_z)	newton (N)
Massa (m)	kilogram (kg)
Valversnelling (g)	meter per seconde per seconde (m/s^2)

De massa moet in deze formule **altijd** gegeven worden in **kilogram**. De **valversnelling (g)** is de versnelling die een voorwerp in vrije val ondervindt. Op aarde is de valversnelling altijd gelijk aan ongeveer:

$$g_{aarde} = 10 \text{ m/s}^2$$

Op de maan voelt een voorwerp met dezelfde massa "lichter aan". Dit komt doordat de valversnelling op de maan veel kleiner is. De waarde van de valversnelling op aarde en op de maan is te vinden in BINAS.

Voorbeeld

Vraag:

Een leerling houdt een steen in zijn handen met een massa van 1800 gram. Bereken de spierkracht die de leerling moet uitoefenen om de steen stil in zijn handen te houden.

Antwoord:

De kracht die de leerling moet uitoefenen is gelijk aan de zwaartekracht van de steen. Om de zwaartekracht uit te rekenen, moeten we eerst de massa in kilogram omschrijven:

$$m = 1800 \text{ g} = 1,800 \text{ kg}$$

Nu vullen we de formule in:

$$F_z = mg$$

$$F_z = 1,800 \times 10 = 18 \text{ N}$$

De persoon moet dus een kracht van 18 N uitoefenen om de steen stil in zijn hand te kunnen houden.

We kunnen de zwaartekracht o.a. meten met een **veerunster**, ook wel een **newtonmeter** of **krachtmeter** genoemd (zie de afbeelding in het volgende voorbeeld). In een veerunster zit een veer. Aan de hand van hoeveel de **veer uitrekt**, kan de **kracht** worden afgelezen. Let bij het uitkiezen van een krachtmeter altijd even op het **meetbereik**. De krachtmeter in de volgende afbeelding meet bijvoorbeeld van 0 tot 50 N. Er zijn ook krachtmeters met een veel kleiner bereik (bijvoorbeeld 0 tot 0,50) en ook met een groter bereik (bijvoorbeeld 0 tot 500 N). Hoe **groter** het **bereik**, hoe **stugger** de **veer** is. Een stugge veer is **moeilaik uit te rekken**. Ook geldt dat hoe **kleiner het bereik** is, hoe **nauwkeuriger** je de kracht kan aflezen.

✂ Voorbeeld

Vraag:

Een leerling hangt een blokje aan een krachtmeter. De krachtmeter is hiernaast weergegeven. Bepaal de massa van het blokje.

Antwoord:

Als we de krachtmeter aflezen, dan vinden we 23 N (ga dit zelf na!):

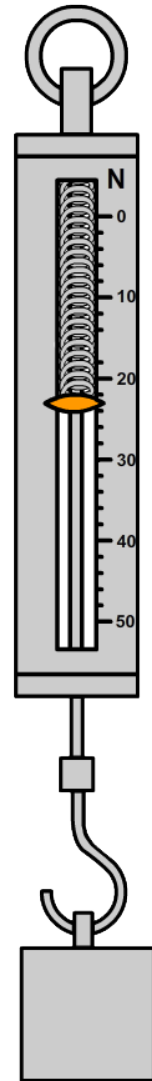
$$F_z = 23 \text{ N}$$

Met de formule $F_z = mg$ berekenen we nu de massa van het blokje. We moeten de formule hiervoor wel eerst in de juiste vorm omschrijven:

$$m = \frac{F_z}{g}$$

$$m = \frac{23}{10} = 2,3 \text{ kg}$$

De massa van het blokje is dus 2,3 kg.



In de onderstaande linker afbeelding zien we een blok waarop een zwaartekracht werkt van 30 N. We kunnen deze kracht met behulp van een vectorpijl weergeven in de tekening. Hiervoor gebruiken we een zogenaamde **krachtenschaal**. Een voorbeeld van een schaal is:

$$1,0 \text{ cm} \hat{=} 5 \text{ N}$$

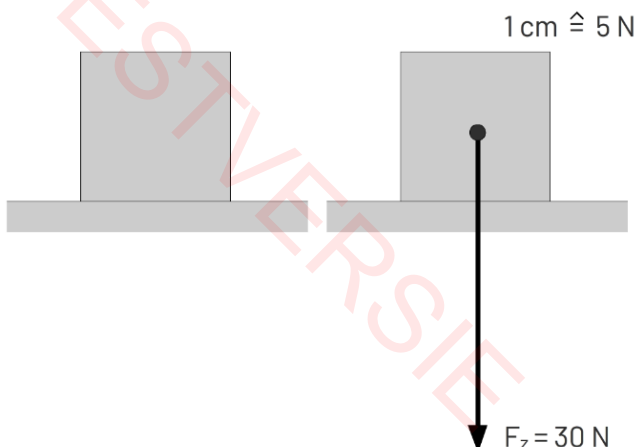
Dit wil zeggen dat elke centimeter van de vectorpijl in de afbeelding **overeenkomt** met 10 N. Met een verhoudingstabel kunnen we nagaan hoelang de pijl moet zijn:

1,0 cm	... cm
5 N	30 N

De gemakkelijkste manier om dit soort problemen op te lossen is door **kruislings te vermenigvuldigen**. Je **vermenigvuldigt** in dat geval de twee getallen die **diagonaal** genoteerd zijn en daarna **deel** je door het overgebleven getal. In de instructiefilmpjes bij deze paragraaf wordt deze techniek uitgebreid uitgelegd. We vinden hiermee:

1,0 cm	6 cm
5 N	30 N

Voor een blok van 30 N hebben we dus een pijl van 6,0 cm nodig (zie de onderstaande rechter afbeelding). **AANPASSEN!**

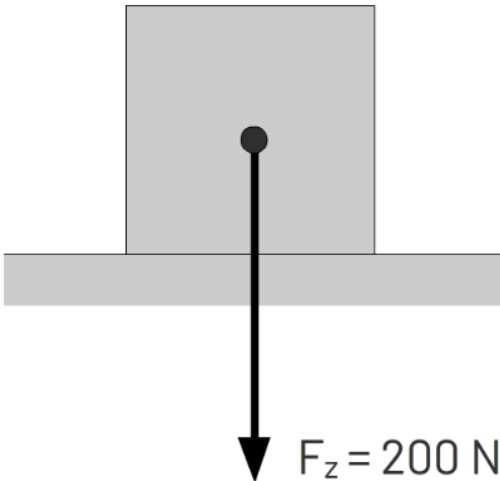


In sommige gevallen is de pijl al gegeven en wordt gevraagd de **krachtenschaal te vinden**. In de onderstaande afbeelding is de pijl bijvoorbeeld 3,6 cm lang en de kracht is gelijk aan 200 Newton. **AANPASSEN!!!** De schaal bepalen we in dit geval weer met een verhoudingstabel.

3,6 cm	1,0 cm
200 N	58,8 N

De krachtenschaal is nu dus:

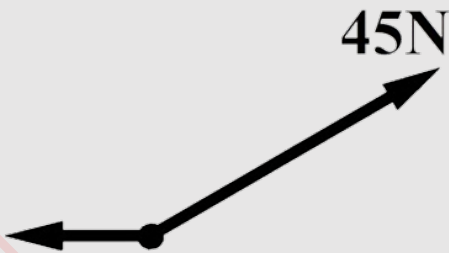
$$1,0 \text{ cm} \hat{=} 58,8 \text{ N}$$



✂ Voorbeeld

Vraag:

In de onderstaande afbeelding zijn twee krachten weergegeven. De rechter kracht heeft een grootte van 45 N. Bepaal de grootte van de linker kracht.



Antwoord:

Als we de rechter kracht opmeten, dan vinden we een lengte van 4,8 cm (meet van het midden van het bolletje tot het puntje van de rechter pijl). Er geldt dus:

$$4,8 \text{ cm} \hat{=} 45 \text{ N}$$

Als we beide kanten door 4,8 delen, dan vinden we de **krachtenschaal** die hier gebruikt is:

$$1,0 \text{ cm} \hat{=} 9,375 \text{ N}$$

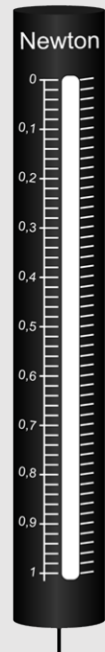
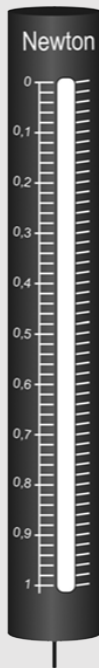
De linker pijl heeft een lengte van 2,1 cm. Volgens de krachtenschaal komt dit overeen met $2,1 \times 9,375 = 20 \text{ N}$.

Leerdoelen:

- Zorg dat je kan rekenen met de formule $F_z = mg$. Zorg dat je weet dat $g = 10 \text{ m/s}^2$ op aarde en dat de massa in deze formule altijd in kilogram gegeven moet worden.
- Zorg dat je weet dat een krachtmeter werkt met behulp van het uitrekken van een veer en zorg dat je krachtmeters correct kan aflezen.
- Zorg dat je met een krachtenschaal de grootte van een kracht kan uitrekenen en andersom.

Opdrachten

1. (2p) Een leerling heeft een massa van 50 kg. Bereken de zwaartekracht van de leerling.
2. (3p) Bereken nu de zwaartekracht van dezelfde leerling als hij op de maan zou staan.
3. (2p) Een blok wordt aan een krachtmeter gehangen. De krachtmeter geeft 35 N aan. Bereken de massa van het blokje.
4. (4p) De massa van een blokje is 74 gram. De massa wordt aan een krachtmeter gehangen. Zet in de rechter afbeelding een streepje bij de juiste aanwijzing op de krachtmeter. (Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
5. Een leerling hangt een blokje met een gewicht van 1,40 N aan een krachtmeter.
 - a. (2p) Kies de krachtmeter met het juiste meetbereik en zet een streepje bij de juiste aanwijzing op de schaalverdeling.



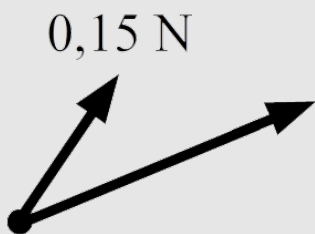
- b. (2p) Bereken de massa van het blokje. (Bron: Examen VMBO-T, 2021-1)

6. Een leerling hangt een blokje aan een krachtmeter, maar de krachtmeter is niet gevoelig genoeg om de zwaartekracht van het blokje te meten.
 - a. (2p) Helpt het om een krachtmeter te gebruiken met een groter bereik. Leg je antwoord uit.
 - b. (2p) Helpt het om een krachtmeter te gebruiken met een minder stugge veer. Leg je antwoord uit.
 - c. (2p) Helpt het om een zwaarder blokje aan de krachtmeter te hangen. Leg je antwoord uit.

7. (4p) Hieronder is links twee keer een blok afgebeeld met een massa van 75 kg. Teken twee keer de bijbehorende kracht. Gebruik in de linker afbeelding de schaal $1 \text{ cm} \cong 200 \text{ N}$ en in de rechter afbeelding de schaal $1 \text{ cm} \cong 150 \text{ N}$
8. Hieronder is rechts een blok weergegeven inclusief de zwaartekracht die op het blok werkt.
- (2p) Vind de krachtschaal van de zwaartekracht.
 - (2p) Bepaal de massa van het blok.

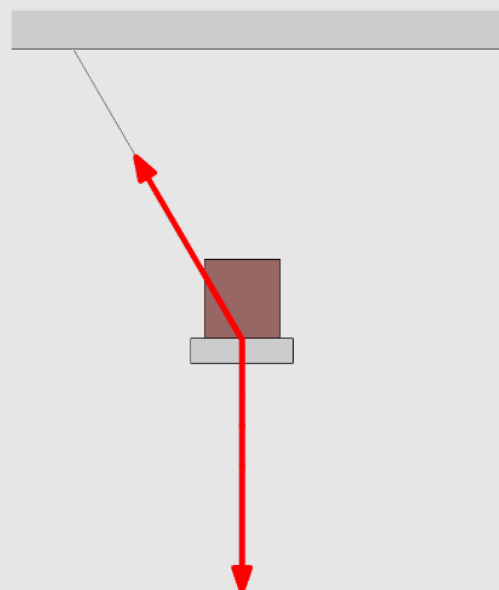


9. (3p) Hieronder zien we twee krachten afgebeeld. De linker kracht heeft een grootte van $0,15 \text{ N}$. Bepaal de grootte van de rechter kracht.



10. Hiernaast is schematisch een persoon op een schommel afgebeeld. In de afbeelding zijn twee krachten weergegeven die werken op de persoon en het zitje.

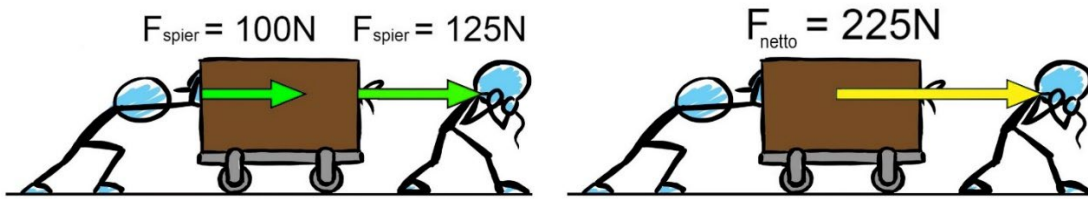
- (2p) Benoem de twee krachten.
- (3p) De zwaartekracht werkende op de persoon en het zitje is 390 N . Bepaal met behulp van de tekening de grootte van de spankracht. Zorg dat je de krachten op de millimeter nauwkeurig meet.



§3 De netto kracht

In deze paragraaf gaan we krachten bij elkaar optellen. We noemen de totale kracht die op een voorwerp werkt de **netto kracht**.

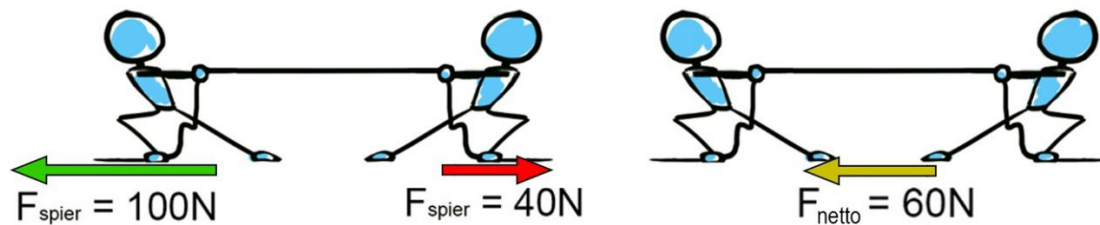
De totale kracht die op een voorwerp werkt noemen we de **netto kracht** (F_{netto}). Hieronder zien we twee personen die beide een kracht uit oefenen op een kar. De linker persoon oefent een kracht van 100 N uit en de rechter persoon een kracht van 125 N. In totaal oefenen ze dus een netto kracht naar rechts uit van $100 + 125 = 225$ N.



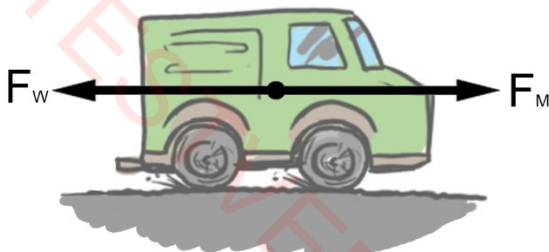
Hieronder werken twee krachten juist tegen elkaar in. We vinden nu een netto kracht van $40 - 40 = 0$ N.



In de onderstaande afbeelding oefent één persoon een kracht van 100 N uit naar links en de andere persoon een kracht van 40 N naar rechts. De linker leerling oefent dus een $100 - 40 = 60$ N grotere kracht uit dan de rechter leerling. De netto kracht is dus 60 N en wijst naar links.



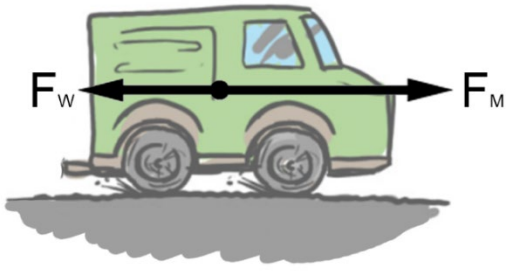
Als we ons **voortbewegen**, zowel te voet als met een voertuig, dan hebben we ook altijd te maken met meerdere krachten. Hieronder zien we bijvoorbeeld een auto die naar rechts rijdt met behulp van de **motorkracht**. We noemen dit ook wel de **aandrijfkracht** van de auto. Daarnaast werkt er ook nog een **wrijvingskracht tegen de bewegingsrichting in**. Deze wrijvingskracht bestaat uit een combinatie van **rolwrijving** en **luchtwrijving**.



In het bovenstaande voorbeeld zijn de **aandrijfkracht** en de **wrijvingskracht gelijk**. De **netto kracht** is hier dus **nul**. Dan zou je misschien denken dat het voertuig stil staat, maar dit is **niet noodzakelijk** het geval. Als de **netto kracht nul** is, dat staat het voorwerp **stil** of het voorwerp beweegt met een **constante snelheid**. Er geldt dus:

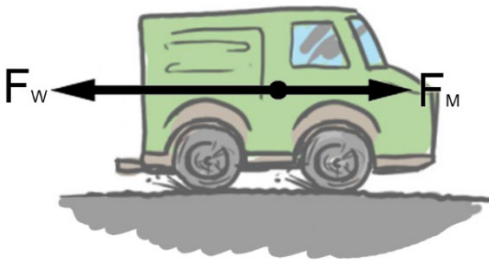
$$F_{\text{netto}} = 0 \leftrightarrow \text{stilstand of constante snelheid}$$

Als de **aandrijfkraft** **groter** is dan de **wrijvingskracht**, dan **versnelt** het voertuig. De snelheid neemt dan dus toe.



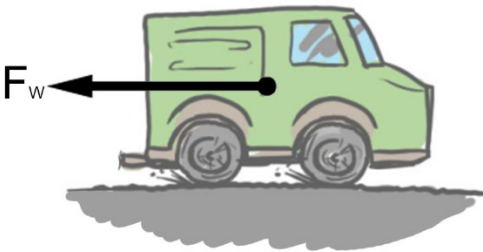
$$F_{aandrijf} > F_w \leftrightarrow \text{versnellen}$$

Als de **aandrijfkraft** **kleiner** is dan de **wrijvingskracht**, dan **vertraagt** het voorwerp. De snelheid neemt dan dus af.



$$F_{aandrijf} < F_w \leftrightarrow \text{vertragen}$$

De auto kan ook remmen. In dat geval is er geen aandrijfkraft. De **remkracht** werkt tegen de bewegingsrichting in:



Voorbeeld

Vraag:

Een persoon trekt een zware kar naar rechts. Op de kar werkt een wrijvingskracht van 60 N. De netto kracht werkende op de kar is 30 N en wijst ook naar rechts. De persoon oefent een spierkracht uit naar rechts. Teken de krachten op schaal $1 \text{ cm} \triangleq 7,5 \text{ N}$



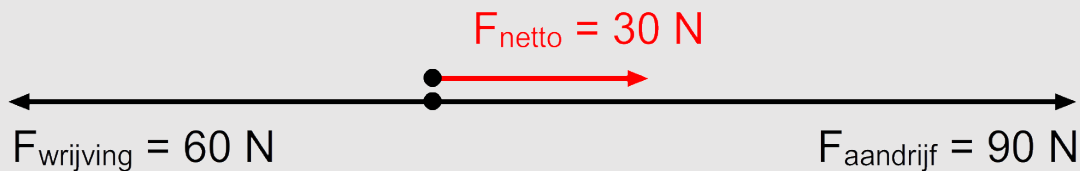
Antwoord:

Een netto kracht van 30 N naar rechts vertelt ons dat de **spierkracht 30 N groter** moet zijn dan de **wrijvingskracht**. De wrijvingskracht is 60 N, dus de spierkracht wordt dan $60 + 30 = 90$ N.

Met een verhoudingstabel vinden we hoe groot de verschillende krachten moeten zijn:

1,0 cm	4 cm	8 cm	12 cm
7,5 N	30 N	60 N	90 N

F_{netto} is dus 4 cm en wijst naar rechts. F_{aandrijf} is 12 cm en wijst ook naar rechts. En F_{wrijving} is 8 cm en wijst naar links (zie de onderstaande afbeelding).



Leerdoelen:

- Zorg dat je de netto kracht kan berekenen als twee krachten in dezelfde of tegengestelde richting wijzen en dat je één van de krachten kan berekenen met behulp van de netto kracht.
- Zorg dat je weet dat bij een netto kracht van nul een voorwerp stil staat of met constante snelheid beweegt. Bij een voertuig is dan de aandrijfkracht gelijk aan de wrijvingskracht.
- Zorg dat je weet dat bij een positieve netto kracht het voorwerp versnelt. Bij een voertuig is dan de aandrijfkracht groter dan de wrijvingskracht.

Opdrachten

1. (1p) Een persoon trekt een kar naar rechts. Spierkracht is 50 N en de rolwrijvingskracht op een kar is 40 N. Bereken de netto kracht.



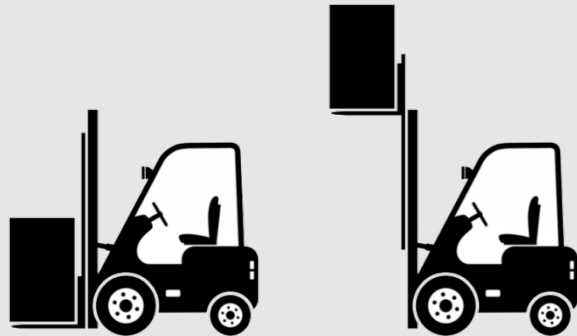
2. (2p) Een persoon trekt een kar naar rechts. De wrijvingskracht op een kar is 40 N. De netto kracht is 20 N naar rechts. Bereken de spierkracht van de persoon.
3. (2p) Een persoon trekt met een constante snelheid een kar naar rechts. De spierkracht van de persoon is 30 N. Wat is in dat geval de wrijvingskracht en de netto kracht.
4. (3p) Twee leerlingen zijn aan het touwtrekken. De linker persoon oefent een kracht van 70 N uit. De netto kracht is gelijk aan 30 N en wijst naar rechts. Teken de twee spierkrachten en de netto kracht. Gebruik de schaal $1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$. Teken de krachten vanaf het midden van het touw.



5. (2p) Een hoogspringer komt tot stilstand op de mat. Is tijdens het afremmen de netto kracht op de springer omhoog gericht, nul newton of omlaag gericht? En is de kracht die de mat op de springer uitoefent groter of kleiner dan de zwaartekracht? Leg je antwoord uit.

6. Een groot pakket van 600 kg wordt met een heftruck opgetild met een constante snelheid (zie de onderstaande afbeelding).

- a. (3p) Hoe groot is de kracht omhoog.
- b. (1p) Hoe groot is de netto kracht.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)



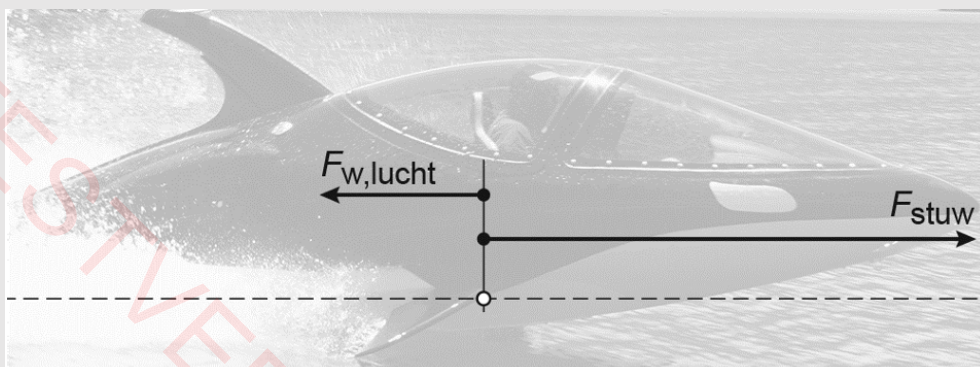
7. Een leerling rijdt op topsnelheid op haar elektrische step. De stuwkracht van de step is 18 N.

- a. (1p) Teken in de afbeelding de stuwkracht vanuit punt P. Gebruik als krachtschaal $1,0 \text{ cm} \triangleq 5,0 \text{ N}$.



- b. (1p) Hoe groot is de netto kracht.
- c. (2p) Nu gaat de leerling op een lagere snelheid verder, wederom met een constante snelheid. De stuwkracht is nu 10 N. Hoe groot is nu de wrijvingskracht en de netto kracht.
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)

8. (2p) In de onderstaande afbeelding zien we een orca-duikboot die naar rechts vaart. In de afbeelding zijn de stuwkracht en de luchtweerstand getekend tijdens het varen met constante snelheid. Teken in de afbeelding de vector van de tegenwerkende kracht van het water langs de stippellijn. Licht je antwoord toe.

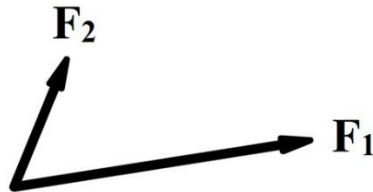


(Bron: Examen VMBO-T, 2018-2)

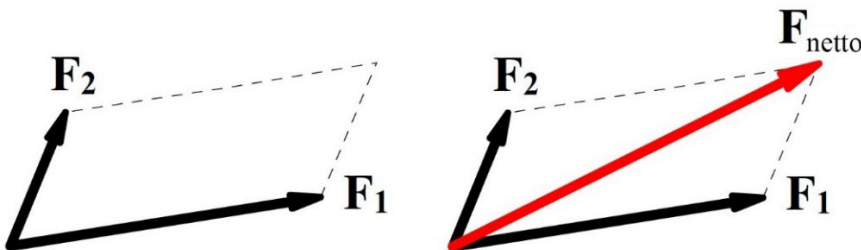
§4 Het parallellogram

In de vorige paragraaf bestond de netto kracht telkens uit krachten die in dezelfde of in tegengestelde richting werken. In deze paragraaf gaan we de netto kracht bepalen voor krachten die onder een willekeurige hoek werken.

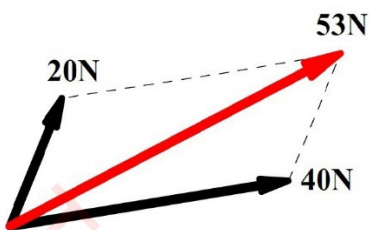
De twee honden in de volgende afbeelding kunnen bijvoorbeeld elk een spankracht uitoefenen op de hand van hun baasje in een **willekeurige richting**. Wat is in dit geval de netto kracht?



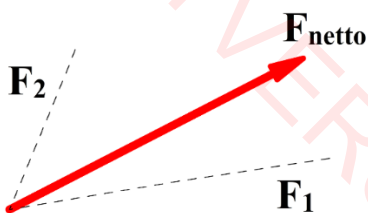
In dit geval gebruiken we voor het "optellen van de krachten" de **parallellogrammethode**. Een **parallellogram** is een vierhoek, waarbij de tegenoverstaande zijden **parallel** aan elkaar lopen en **even lang** zijn. In de onderstaande afbeelding is te zien hoe met het parallellogram de netto kracht te bepalen is.



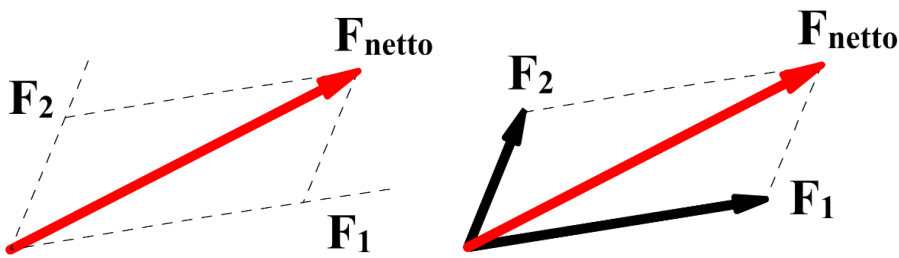
In de onderstaande afbeelding zien we dat kracht F_1 gelijk is aan 40 N en kracht F_2 aan 20 N. Als we de schaal bepalen en hiermee de netto kracht bepalen, dan vinden we 53 N (ga dit zelf na!). Merk op dat $20 + 40 \neq 53$. Het "optellen van krachten" met een parallellogram werkt dus niet zoals je normaal gesproken optelt!



We kunnen ook het omgekeerde doen. Met een parallellogram kunnen we ook de netto kracht opdelen in twee **componenten**. We noemen dit het **ontbinden** van een kracht. In de onderstaande afbeelding is de netto kracht van de twee honden weergegeven. De honden trekken in de richting van de stippellijnen.



Eerst maken we een parallellogram (zie de linker afbeelding) en dan tekenen we de twee krachten van de honden (zie de rechter afbeelding).

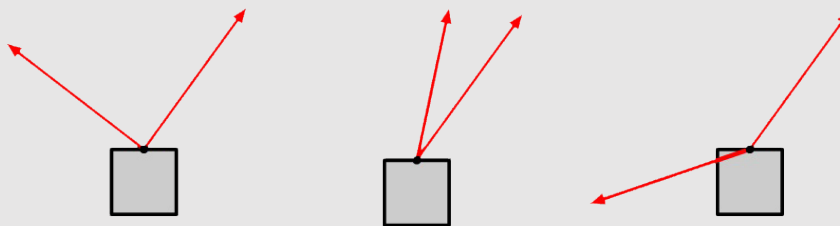


Leerdoelen:

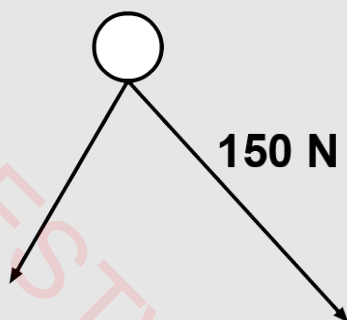
- Zorg dat je de netto kracht kan bepalen als twee krachten onder willekeurige hoek werken met de parallellogrammethode.
- Zorg dat je een kracht kan ontbinden in componenten met de parallellogrammethode.

Opdrachten

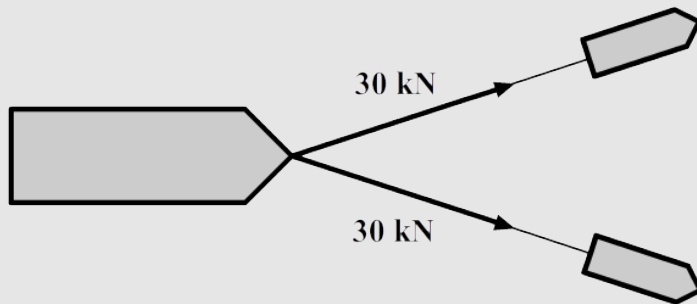
1. (6p) In de onderstaande afbeelding werken er telkens twee krachten op een voorwerp. Teken telkens de netto kracht. Meet van het midden van het bolletje tot de punt van de pijl.



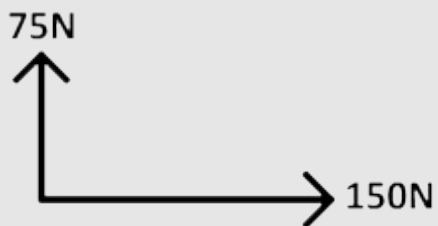
2. (4p) Bepaal in de volgende afbeelding de grootte van de linker kracht en van de netto kracht. Zorg dat je op de millimeter nauwkeurig meet.



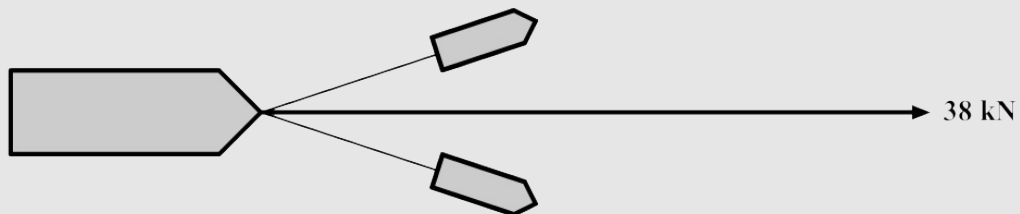
3. (3p) In de volgende afbeelding trekken twee kleine sleepbootjes een grotere boot voort. Teken de netto kracht. Bepaal daarna de grootte van deze kracht.



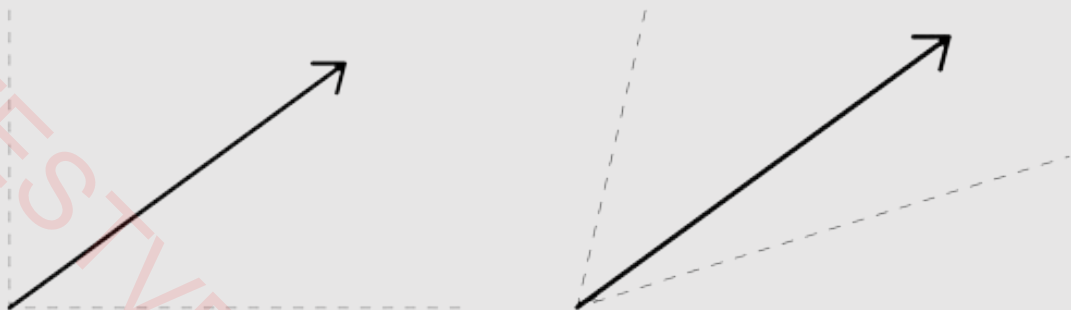
4. Hieronder zijn twee krachten loodrecht op elkaar afgebeeld. Bepaal de grootte van de netto kracht.



5. (3p) In de volgende afbeelding trekken twee kleine sleepbootjes een grotere boot voort met behulp van twee touwen. De netto kracht van de twee spankrachten in de touwen is in de afbeelding weergegeven. Bepaal de grootte van de twee spankrachten die de sleepbootjes uitoefenen.



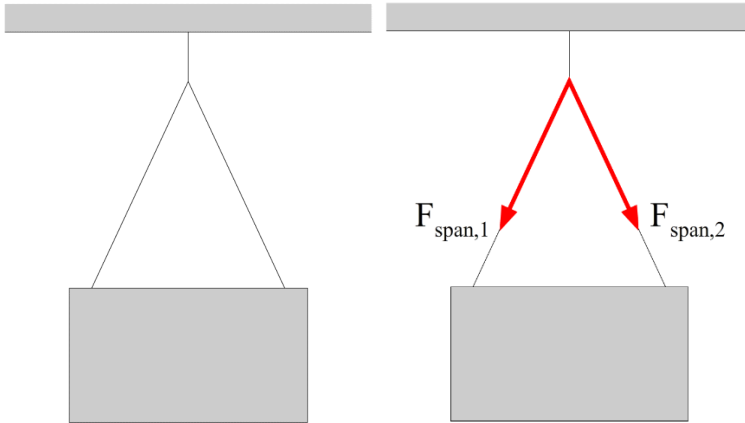
6. (4p) Ontbind de krachten in de volgende afbeeldingen in twee krachten die over de stippellijnen lopen.



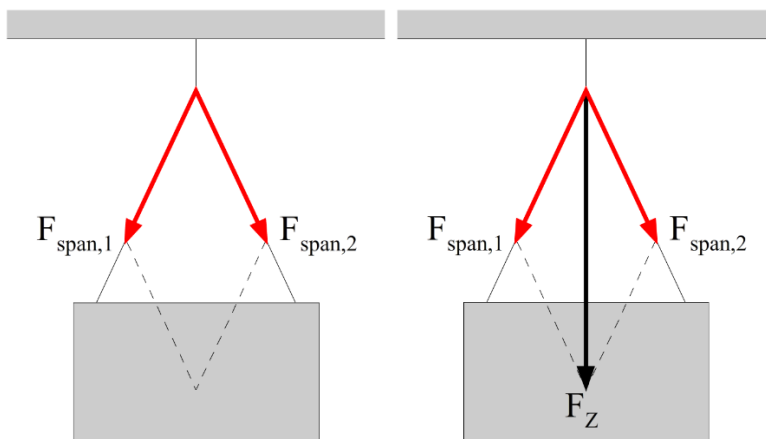
§5 Het krachtenevenwicht

In deze paragraaf gaan we naar toepassingen kijken van het samenstellen en ontbinden van krachten.

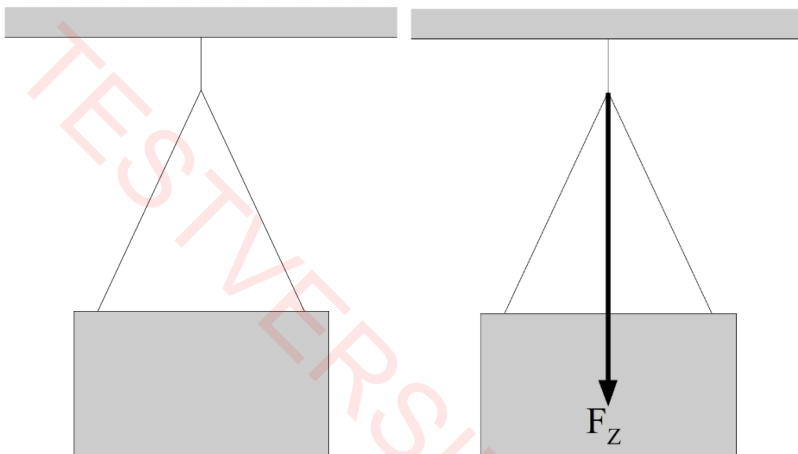
We kunnen het samenstellen van krachten in het volgende voorbeeld toepassen. We zien een blok dat met behulp van twee touwen aan een plafond hangt. In de rechter afbeelding zijn de twee spankrachten in de touwen gegeven.



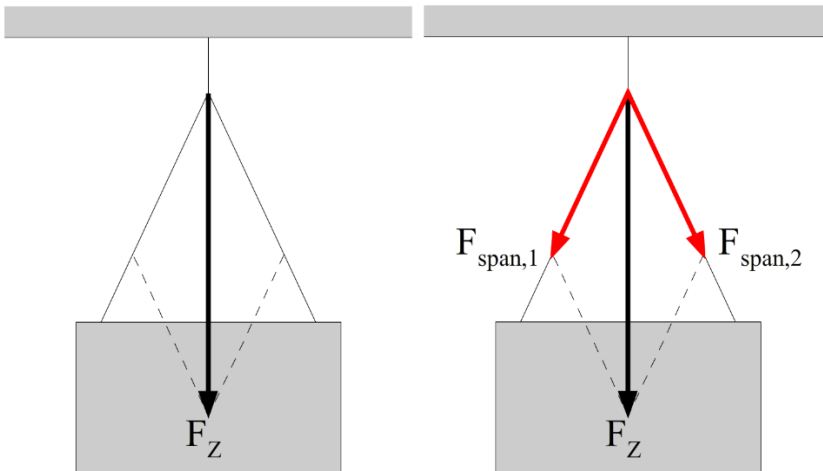
We gaan nu de netto kracht van deze twee spankrachten bepalen. In de onderstaande linker afbeelding tekenen we het parallellogram en in de rechter afbeelding tekenen we de netto kracht. In dit geval is deze netto kracht gelijk aan de zwaartekracht van het blok.



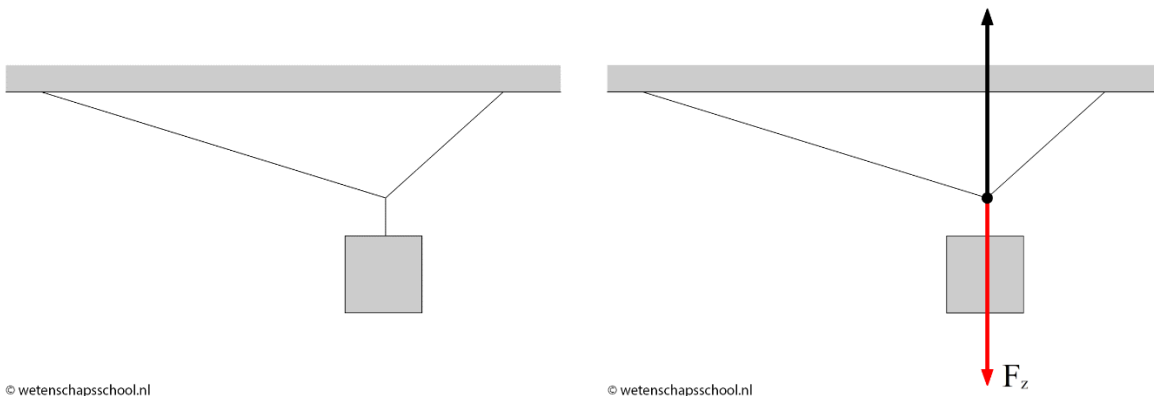
We kunnen ook het omgekeerde doen. In het onderstaande geval beginnen we met de zwaartekracht.



Nu voegen we het parallellogram toe (zie de linker afbeelding). En met het parallellogram kunnen we de spankrachten in de twee touwen tekenen (zie de rechter afbeelding).



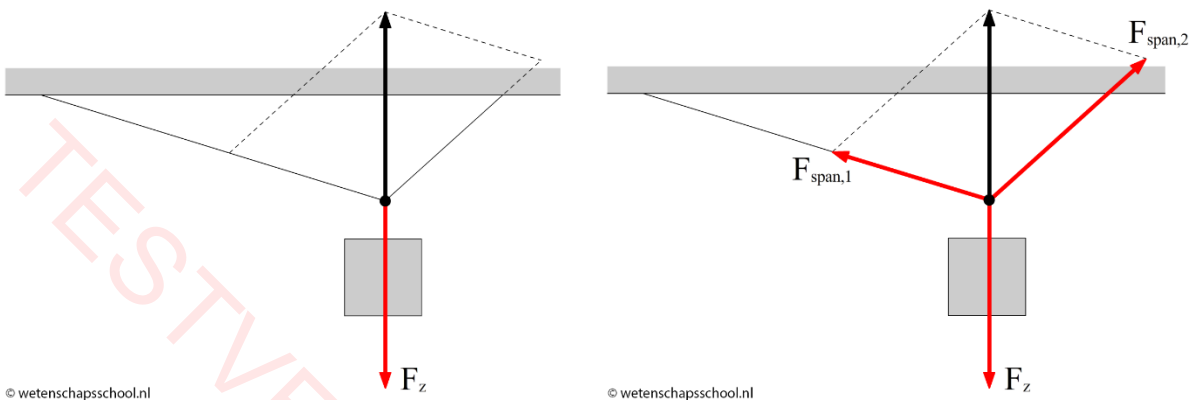
Dezelfde techniek kunnen we ook toepassen in het onderstaande geval. Wederom hangt een blok met behulp van twee touwen aan een plafond. Omdat het blok stil hangt, weten we dat de zwaartekracht in evenwicht moet zijn met een andere kracht die in tegengestelde richting werkt. Dit is in de rechter afbeelding weergegeven.



© wetenschapsschool.nl

© wetenschapsschool.nl

Deze kracht omhoog wordt geleverd door de twee spankrachten tezamen. Met behulp van de parallellogrammethode kunnen we bepalen hoe groot deze spankrachten zijn (zie de onderstaande afbeelding).

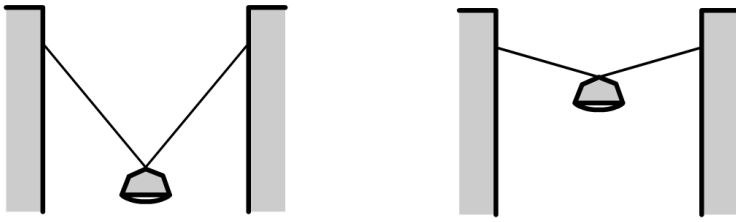


© wetenschapsschool.nl

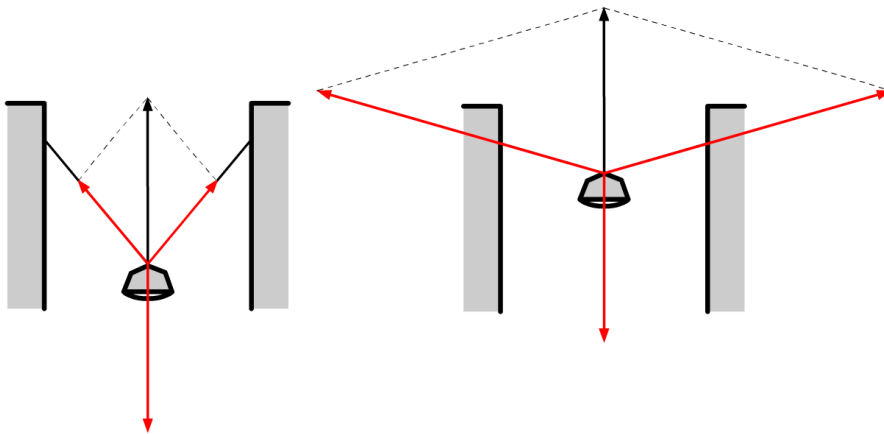
© wetenschapsschool.nl

Check na het tekenen van het parallellogram altijd dat de overstaande zijden daadwerkelijk parallel lopen. Zoals je hier kunt zien, is het geen probleem als de krachten kleiner of groter zijn dan de lengte van de touwen.

Nog een voorbeeld. Hieronder zien we een lamp hangen aan twee touwen. In het rechter geval zijn de **touwen korter**, waardoor de **hoek** tussen de touwen **groter** is.



Hieronder is het bijbehorende krachterevenwicht getekend. Merk op dat als de **hoek** tussen de touwen **groter** is, dat de **spankrachten** in dat geval **groter** worden. Het is belangrijk dat je dit uit je hoofd weet.

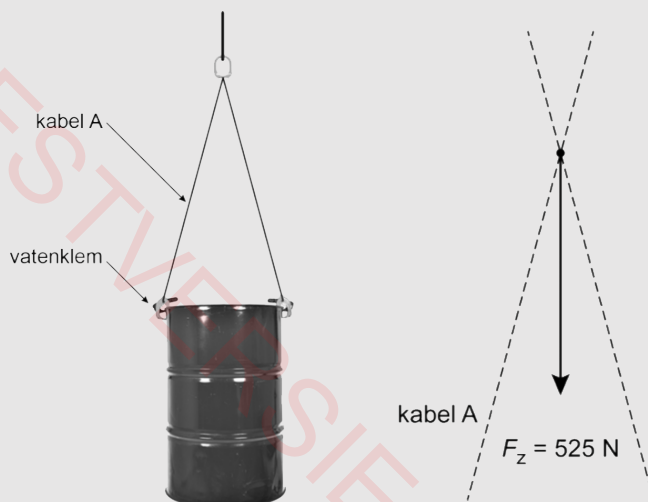


Leerdoelen:

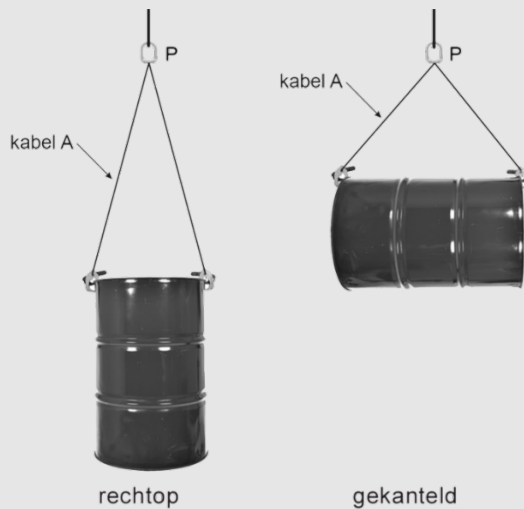
- Zorg dat je de zwaartekracht kan construeren als een voorwerp met twee spankrachten is opgehangen en zorg dat je de spankrachten kan bepalen als je juist de zwaartekracht kent.
- Zorg dat je weet dat hoe groter de hoek tussen de touwen is, hoe groter de spankrachten zijn.

Opdrachten

1. Een zwaar vat kan opgetild worden met twee kabels en twee vatenklemmen (zie de onderstaande linker afbeelding). In de rechter tekening is de vector van de kracht op de haak gegeven waaraan de twee kabels hangen.



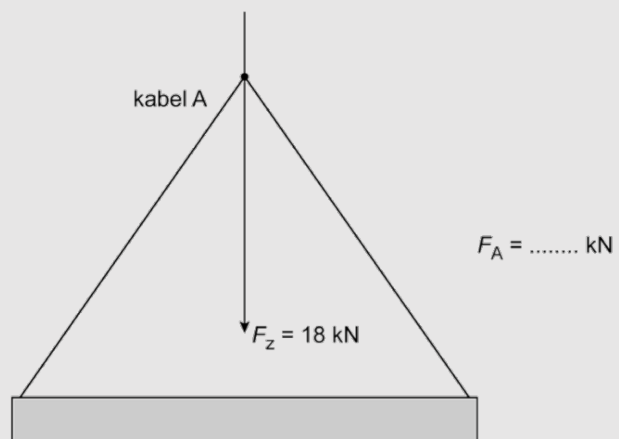
- a. (2p) Bepaal de krachtenschaal die hier gebruikt is.
- b. (3p) Construeer de kracht in kabel A en noteer de grootte van deze kracht.
- c. (3p) Het vat kan rechtop of gekanteld aan de vatenklemmer hangen (zie de onderstaande afbeelding).



Kies telkens de juiste optie: Bij het gekanteld hangen is de zwaartekracht op het vat **even groot als / groter dan / kleiner dan** bij het rechtop hangen van het vat. De kracht in kabel A **even groot als / groter dan / kleiner dan** bij het rechtop hangen van het vat. De kracht in punt P is **even groot als / groter dan / kleiner dan** bij het rechtop hangen van het vat.

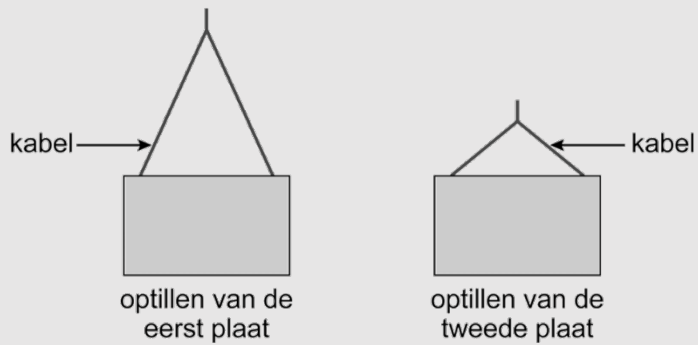
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)

2. In de woningbouw worden voor het aanleggen van een vloer betonplaten gebruikt. Met een hijskraan worden de platen opgetild en verplaatst met behulp van twee kabels. Op de betonplaat werkt een zwaartekracht van 18 kN.



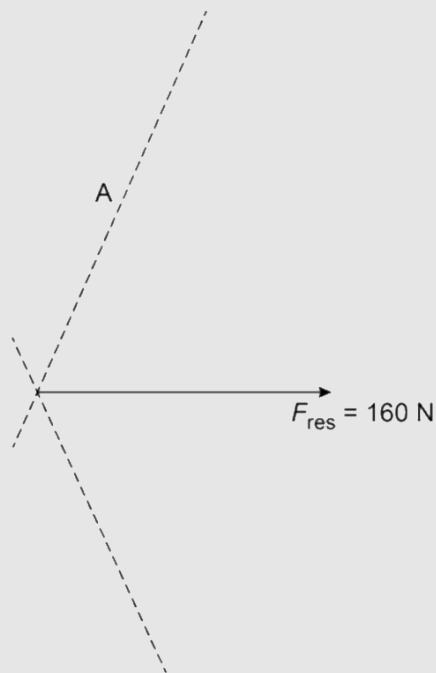
- a. (2p) Laat zien dat de krachtenschaal hier $1 \text{ cm} \cong 4,5 \text{ kN}$ is. **AANPASSEN**
- b. (3p) Construeer de kracht in kabel A en noteer de grootte van die kracht naast de afbeelding.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)

3. (2p) Twee gelijke platen worden opgetild met twee lange en twee korte kabels. Zijn de spankrachten in de korte kabels groter of kleiner of even groot? Leg je antwoord uit.



(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)

4. (2p) In de onderstaande afbeelding zien we schematisch een gespannen boog net voor het loslaten. In de afbeelding is de resultante van de krachten in de pees (het koord) gegeven. Noteer de krachtenschaal die gebruikt is en construeer de kracht in deel A van de pees. Noteer de grootte van deze kracht onder de afbeelding.

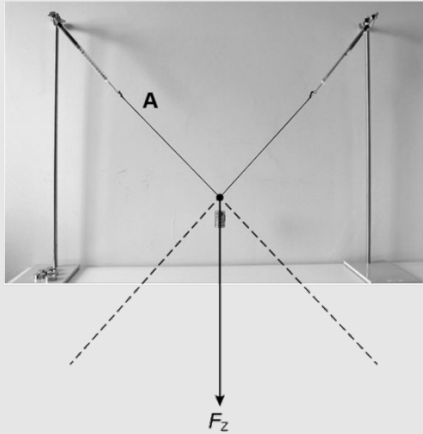


$F_A = \dots \text{ N}$

(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)

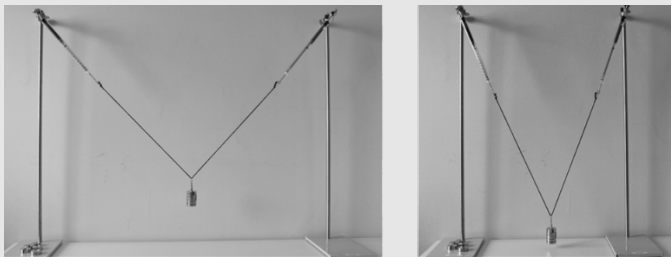
5. In de onderstaande afbeelding zien we een blokje dat met behulp van twee touwtjes is opgehangen aan twee statieven.

a. (3p) Construeer de kracht op touw A. Noteer de grootte van de kracht naast de afbeelding. De krachtenschaal is $1,0 \text{ cm} \cong 0,40 \text{ N}$.



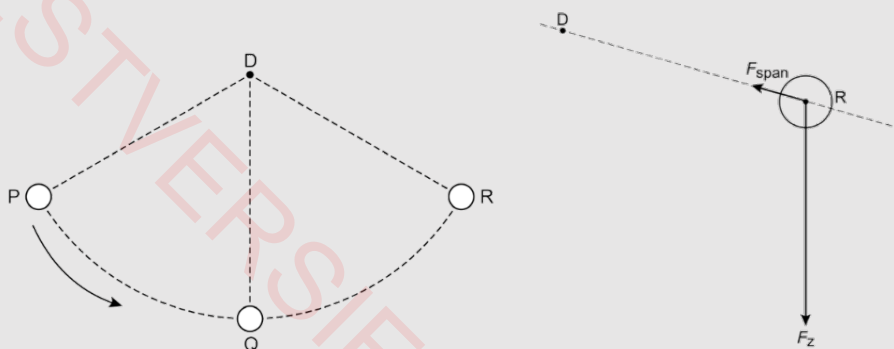
$$F_A = \dots\dots\dots \text{ N}$$

b. (2p) De statieven worden dicht bij elkaar geplaatst. In de onderstaande afbeelding zie je beide situaties. De zwaartekracht werkende op het blokje in de linker situatie is **even groot als / kleiner dan / groter dan** in de rechter situatie. De spankrachten in de touwen zijn in de linker situatie **even groot als / kleiner dan / groter dan** in de rechter situatie.



c. (6p) Een leerling probeert met een krachtmeter de spankracht te meten in beide situaties, maar de krachtmeter die ze gebruikt is niet gevoelig genoeg. Helpt het om een stuggere veer te gebruiken? Helpt het om een grotere massa op te hangen? Helpt het om een langer touw te gebruiken (als de hoek tussen de touwen in beide situaties gelijk blijft)? Leg telkens je antwoord uit. (Bron: Examen VMBO-T, 2021-1)

6. (2p) Een zware kogel wordt aan een touw heen en weer geslingerd (zie de afbeelding linksonder). In de rechter afbeelding zien we de kogel in punt R. Op deze kogel werkt een spankracht en een zwaartekracht die op schaal zijn weergegeven. Construeer de netto kracht op de kogel.



(Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)

§6 Constructies

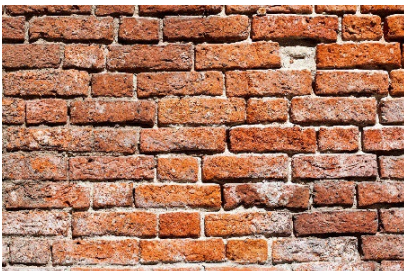
In deze laatste paragraaf gaan we toepassingen van krachten in de bouw bespreken. We gaan hier o.a. kijken naar welke materialen hiervoor geschikt zijn.

Bij het bouwen van constructies als huizen en bruggen, moet je rekening houden met de krachten die op de verschillende onderdelen werken. Met zogenaamde **trekkrachten** wordt een materiaal **uit elkaar getrokken**. Denk hier bijvoorbeeld aan de **stalen kabels** waarmee een brug omhoog gehouden wordt (zie de onderstaande afbeeldingen). Het gevolg van trekkrachten is natuurlijk dat het materiaal iets **uitrekt**. **Staal** is een materiaal dat deze trekkrachten **goed kan verdragen**. Materialen als beton en baksteen zijn hiervoor niet geschikt.



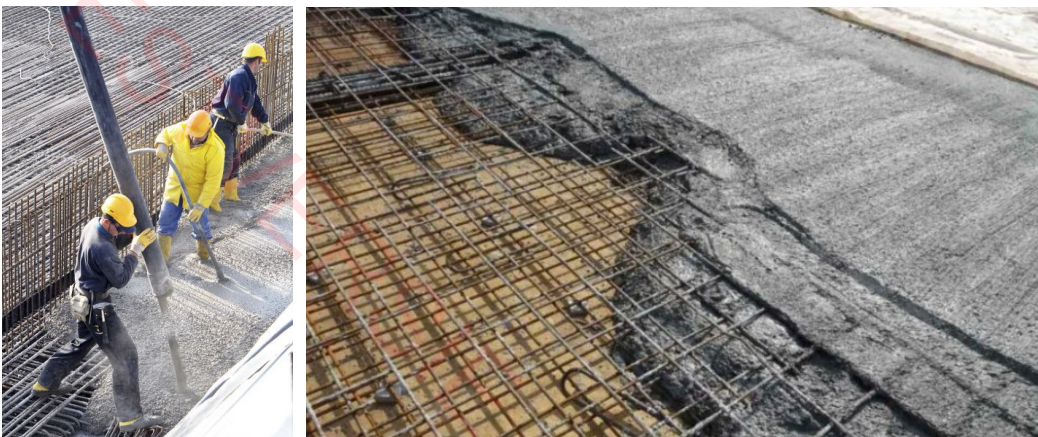
(Afbeelding: Kerim Burak; CC BY-SA 4.0)

Zogenaamde **drukkrachten** zorgen juist dat materialen **in elkaar gedrukt** worden. Hier is **baksteen**, gemaakt van **gebakken klei**, juist wel geschikt. Denk bijvoorbeeld aan de bakstenen van een huis die op elkaar gestapeld zijn (zie de onderstaande afbeelding). Vooral de onderste bakstenen krijgen een grote kracht te verduren en dit kunnen de bakstenen prima aan.



(Afbeelding: Ervins Strauhmanis; CC BY-SA 2.0)

Voor **beton** geldt hetzelfde. Beton is gemaakt uit een mix van zand, grind, cement en water dat in elke gewenste vorm gegoten kan worden (zie de linker onderstaande afbeelding). Door middel van een **chemische reactie** wordt het beton hard. Dit wordt **uitharden** genoemd. Na het uitharden kan het **drukkrachten** goed aan. Voor **trekkrachten** is beton echter **niet geschikt**. Een oplossing hiervoor is **gewapend beton**. Dit is beton waarbinnen een **geraamte van staal** is aangebracht (zie de rechter onderstaande afbeelding). Dit **staal vangt** in dat geval de **trekkrachten op**.



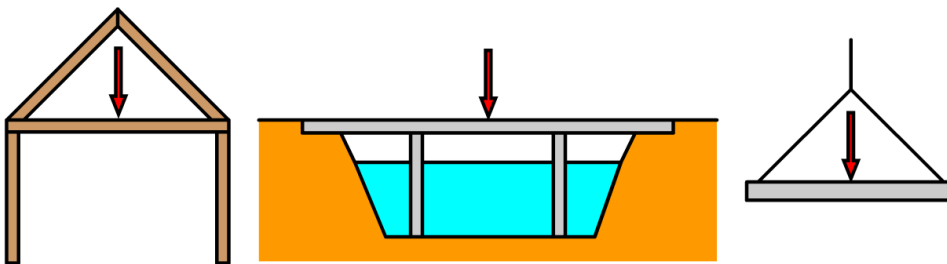
(Afbeelding: BetonMarketing Deutschland GmbH; CC BY-SA 3.0 / PD)

Hout is een materiaal dat zowel **trek-** als **drukkrachten goed aankan**. Een ander voordeel van hout is dat het gemakkelijk te bewerken is. Je kan hout gemakkelijk boren, zagen, en vijlen en je kan er ook bijvoorbeeld spijkers in slaan en schroeven in draaien. We noemen het bewerken van hout ook wel **verspanen**. Al deze eigenschappen maken hout erg geschikt voor het maken van huizen (zie de onderstaande afbeelding).



(Afbeelding: L Maule; CC BY-SA 4.0)

Er zijn ook situaties waarbij zowel druk- als trekkrachten een rol spelen. Hieronder zien we drie situaties waarbij een **lange balk** aan twee kanten opgehangen is. Links zien we een balk die onderdeel is van het plafond in een huis. In het midden vormt een lange balk een onderdeel van een brug. En rechts zien we een lange balk die met twee kabels opgetild wordt door bijvoorbeeld een hijskraan.



In al deze gevallen zijn de balken lang en zwaar en als gevolg gaan de balken in het midden een beetje **doorzakken** (zie de onderstaande afbeelding). De **onderkant** van de balk wordt hierdoor een beetje **langer** (hier werken dus **trekkrachten**) en de **bovenkant** wordt een beetje **korter** (hier werken dus **drukkrachten**).



We kunnen hiermee verklaren waarom je een plafond bijvoorbeeld niet kan maken van alleen beton, maar wel met gewapend beton, dat zowel de druk- als de trekkrachten aan kan.

Leerdoelen:

- Zorg dat je weet dat staal goed kan tegen trekkrachten en dat baksteen en beton juist goed tegen drukkrachten kunnen, maar niet tegen trekkrachten. Gewapend beton (beton met een stalen frame) kan goed tegen zowel druk- als trekkrachten. Hout kan ook zowel tegen druk- als trekkrachten.
- Zorg dat je weet dat een horizontale balk in het midden een beetje door kan zakken en dat hierdoor trekkrachten aan de onderzijde van de balk ontstaan en drukkrachten aan de bovenzijde.

Opdrachten

1. (4p) Geef van de volgende materialen aan of het goed bestand is tegen trekkrachten, drukkrachten of beide: beton, gewapend beton, hout, baksteen.
2. (1p) Nadat beton gegoten is, moet het uitharden. Is uitharden een chemische reactie of een natuurkundig proces?
3. Een grote betonplaat wordt met een aantal kabels omhoog gehesen. Hierdoor buigt de plaat iets door.
 - a. (1p) Werken er drukkrachten en/of trekkrachten in de kabels?
 - b. (2p) Leg uit of er drukkrachten en/of trekkrachten in de plaat beton werken.
 - c. (1p) De plaat wordt gebruikt voor een plat dak. Zal het hier gaan om "gewoon" beton of gewapend beton.
4. Een boogschutter spant zijn boog.
 - a. (1p) Noteer de soort kracht in de pees (het koord) van de boog.
 - b. (2p) Leg uit of er in de boog zelf bij het aanspannen drukkrachten en/of trekkrachten werken.
5. Met een motorkraan wordt een motor in en uit een vrachtwagen getakeld (zie de onderstaande afbeelding). In de afbeelding zijn drie onderdelen genummerd: de balk (1), de cilinder (2) en de ketting (3). Noteer in alle drie de gevallen of er sprake is van drukkrachten, trekkrachten of beide.



(Bron: Examen VMBO-T, 2019-1)

BINAS tabellen die je dit hoofdstuk nodig hebt

BINAS tabel	
7-12	Formules

Hoofdstuk 3

Kracht 2

§1 Versnelling

In dit hoofdstuk gaan we verder leren over kracht. We gaan het hebben over krachten op voorwerpen die kunnen draaien en over het optillen van objecten met katrollen, maar we beginnen met de relatie tussen kracht en versnelling. Hiervoor is het eerst noodzakelijk dat we leren wat versnelling precies is.

De **versnelling** of **vertraging** (**a**) van een voorwerp kunnen we als volgt uitrekenen:

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

Toename van snelheid (Δv)	meter per seconde (m/s)
Tijd (t)	seconde (s)
Versnelling of vertraging (a)	meter per seconde per seconde (m/s ²)

Zoals je weet staat de **v** voor de **snelheid** van een voorwerp. De **Δ** (spreek uit als "delta") staat voor "**de toename van**". **Δv** staat dus voor de **toename van de snelheid** tijdens de beweging. Als een voorwerp bijvoorbeeld versnelt van 10 m/s naar 14 m/s, dan is de toename van de snelheid gelijk aan $\Delta v = 14 - 10 = 4$ m/s. In formuletaal geldt:

$$\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}$$

De eenheid van de versnelling is **m/s²**. Dit betekent het volgende. Stel dat de snelheid van een voorwerp **elke seconde 1 meter per seconde** toeneemt. We zeggen dan dat de snelheid 1 meter per seconde **per seconde** toeneemt. De eenheid van de versnelling is dus **m/s/s** en dit korten we ook wel af tot **m/s²**.

Voorbeeld

Opdracht:

Een persoon versnelt van 1,0 m/s naar 4,0 m/s in 6,0 seconden. Bereken de versnelling van deze persoon.

Antwoord:

Eerst schrijven we de gegevens op:

$$v_b = 1,0 \text{ m/s}$$

$$v_e = 4,0 \text{ m/s}$$

$$t = 6,0 \text{ s}$$

Hiermee berekenen we eerst de toename van de snelheid (Δv):

$$\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}$$

$$\Delta v = 4,0 - 1,0 = 3,0 \text{ m/s}$$

Nu berekenen we de versnelling:

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

$$a = \frac{3,0}{6,0} = 0,50 \text{ m/s}^2$$

Let op het verschil tussen de **toename van de snelheid** (Δv) en de **gemiddelde snelheid** (v_{gem}). Bij het beantwoorden van vragen is het belangrijk deze begrippen goed uit elkaar te houden. In het vorige voorbeeld is de toename van de snelheid gelijk aan $4,0 - 1,0 = 3,0$ m/s. In het hoofdstuk "Beweging" hebben we geleerd dat de gemiddelde snelheid wordt gegeven door $v_{\text{gem}} = (v_b + v_e)/2$. In het vorige voorbeeld is de gemiddelde snelheid dus $(1,0 + 4,0)/2 = 2,5$ m/s.

Voorbeeld

Opdracht:

Een auto vertraagt van 40 m/s naar 25 m/s in 6,0 seconden. Bereken de vertraging van deze auto.

Antwoord:

Eerst schrijven we de gegevens op:

$$v_b = 40 \text{ m/s}$$

$$v_e = 25 \text{ m/s}$$

$$t = 6,0 \text{ s}$$

Hiermee berekenen we eerst de toename van de snelheid (Δv):

$$\Delta v = v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}$$

$$\Delta v = 25 - 40 = -15 \text{ m/s}$$

Omdat we in dit geval te maken hebben met een **afname** van de snelheid vinden we voor Δv een negatief getal.

Nu berekenen we de versnelling:

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

$$a = \frac{-15}{6,0} = -2,5 \text{ m/s}^2$$

Zoals je kan zien is een **negatieve versnelling** een **vertraging**. In opdrachten wordt het niet fout gerekend als je deze min vergeet.

Leerdoelen:

- Zorg dat je kan rekenen met $a = \Delta v/t$. Weet dat $\Delta v = v_e - v_b$ en dat dit staat voor de toename van de snelheid en weet dat a staat voor zowel de versnelling als de vertraging in m/s^2 .

Opdrachten

1. (2p) Leg duidelijk uit waarom de eenheid van de versnelling m/s/s (oftewel m/s^2) is.
2. (4p) In een achtbaan krijgt een treintje in een tijd van 4,8 s vanuit stilstand een snelheid van 240 km/h. Bereken de versnelling van het treintje.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
3. (4p) Een leerling schiet een pijl af. De pijl bereikt in een tijd van 25 ms een snelheid van 58 m/s. Bereken de versnelling van de pijl.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)
4. Een auto versnelt gelijkmatig van 20 km/h tot een snelheid van 100 km/h. De auto heeft gedurende deze periode een versnelling van 5 m/s^2 .
 - a. (3p) Bereken hoelang de auto over de versnelling gedaan heeft.
 - b. (3p) Bereken de afstand die de auto heeft afgelegd.

5. Een F-18 wil door de geluidsbarrière heen en versnelt daarom gelijkmatig van 1000 km/h naar 1500 km/h. Gedurende deze beweging heeft het vliegtuig een versnelling van $21,5 \text{ m/s}^2$.
 - a. (3p) Bereken hoelang de versnelling heeft geduurd.
 - b. (3p) Bereken hoeveel meter de F-18 tijdens deze versnelling heeft afgelegd.
6. Een auto rijdt met een snelheid van 90 km/h over een weg. Omdat er een file vormt, trapt de automobilist op zijn rem en komt de auto binnen 100 meter met een eenparige vertraging tot stilstand.
 - a. (3p) Bereken de remtijd van de auto.
 - b. (3p) Bereken de vertraging van de auto tijdens het remmen.
7. Een auto versnelt gelijkmatig vanuit stilstand tot een snelheid van 30 m/s. Tijdens deze versnelling legt de auto 90 m af.
 - a. (3p) Bereken hoelang de versnelling geduurd heeft.
 - b. (3p) Bereken de versnelling van deze auto.

§2 Traagheid

In deze paragraaf gaan we het verband leren tussen versnelling en kracht. We gaan aan de hand hiervan het begrip traagheid begrijpen.

In het hoofdstuk "Kracht I" hebben we geleerd dat een voorwerp met een **constante snelheid** beweegt als de **netto kracht** op het voorwerp **nul** is. Als de **netto kracht niet nul** is, dan gaat het voorwerp **versnellen**. In dat geval geldt:

$$F_{\text{netto}} = ma$$

Versnelling (a)	meter per seconde per seconde (m/s^2)
Netto kracht (F_{netto})	newton (N)
Massa (m)	kilogram (kg)

De bovenstaande formule wordt ook vaak in de volgende vorm geschreven:

$$a = \frac{F_{\text{netto}}}{m}$$

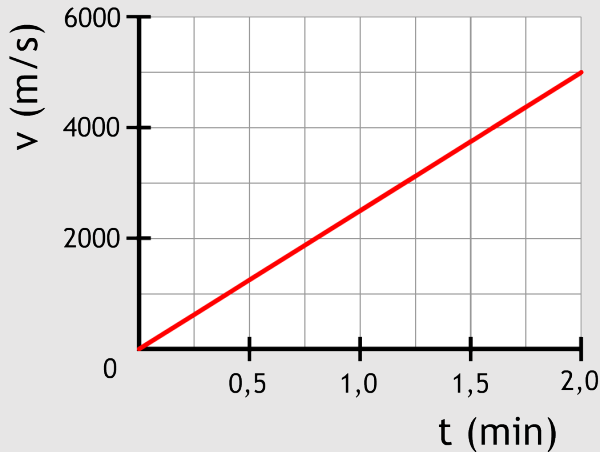
In deze vorm is goed te zien dat een voorwerp **versnelt** als er een netto kracht op werkt. Ook zien we dat deze **versnelling kleiner** wordt als de **massa** van het voorwerp **groter** is. Voorwerpen met een grote massa zijn dus **moeilijk te versnellen** en ook **moeilijk af te remmen**. Denk aan een gigantisch vrachtschip. Het kost heel veel kracht om zo'n schip in beweging te krijgen, maar als het eenmaal in beweging is, kost het ook heel veel kracht om het vrachtschip af te remmen. We noemen dit principe **traagheid**.

We merken traagheid ook als je in een **auto** zit die krachtig **remt**. De auto komt snel tot stilstand, maar de **inzittenden schieten** dan nog een stukje door **naar voren** (tot ze worden tegengehouden door hun gordels). Dit komt door de **traagheid** van de inzittenden. Ze willen **doorbewegen** met de **snelheid** die ze al hadden.

Als een **stilstaande auto** van **achter** wordt **geraakt**, dan schiet de auto naar voren, maar de **inzittenden** willen door traagheid op hun plek **stil blijven staan**. Als gevolg heb je het gevoel dat je in je stoel wordt gedrukt (maar eigenlijk sta jij stil en drukt de stoel juist tegen jou aan). Om te voorkomen dat je hoofd bij deze botsing naar achter knakt hebben auto's een **hoofdsteun**. Op deze manier kan een **whiplash**, waarbij de nekwrvels beschadigen, **voorkomen** worden.

Vraag:

In het onderstaande (v,t)-diagram is het opstijgen van een raket beschreven. De raket heeft een massa van $2,8 \times 10^6$ kg. Bepaal de versnelling die de raket onderging.



Antwoord:

Voor de versnelling hebben we de begin- en de eindsnelheid nodig:

$$v_b = 0 \text{ m/s}$$

$$v_e = 5000 \text{ m/s}$$

Hiermee berekenen we Δv :

$$\Delta v = v_e - v_b$$

$$\Delta v = 5000 - 0 = 5000 \text{ m/s}$$

We hebben ook de tijdsduur nodig. De versnelling duurde 2,0 minuten. Omdat er 60 seconden in een minuut zitten, vinden we:

$$t = 2,0 \times 60 = 120 \text{ seconden}$$

Nu kunnen we de versnelling uitrekenen:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{5000}{120} = 41,667 \text{ m/s}^2$$

Vraag:

Bereken de netto kracht werkende op de raket:

Antwoord:

Hiervoor gebruiken we de formule $F_{\text{netto}} = ma$. De massa is gegeven in de vraag:

$$m = 2,8 \times 10^6 \text{ kg}$$

De netto kracht wordt hiermee:

$$F_{\text{netto}} = ma$$

$$F_{\text{netto}} = 2,8 \times 10^6 \times 41,667 = 116666667 \text{ N}$$

$$F_{\text{netto}} = 1,2 \times 10^8 \text{ N}$$

Vraag:

Behalve de motorkracht werkt ook de zwaartekracht op de raket. Bereken zowel de motorkracht als de zwaartekracht.

Antwoord:

Voor de zwaartekracht geldt:

$$F_z = mg$$

$$F_z = 2,8 \times 10^6 \times 10 = 2,8 \times 10^7 \text{ N}$$

In deze situatie werkt op de raket een **motorkracht omhoog** en een **zwaartekracht omlaag**. Er geldt dus:

$$F_{\text{netto}} = F_m - F_z$$

Dit kunnen we omschrijven tot:

$$F_m = F_{\text{netto}} + F_z$$

Als we dit invullen, dan vinden we:

$$F_m = 116666667 + 2,8 \times 10^7 = 144666667 \text{ N}$$

$$F_m = 1,4 \times 10^8 \text{ N}$$

De motorkracht is dus $1,4 \times 10^8$ N.

Vraag:

Een persoon maakt een parachutesprong. In het eerste deel van de val is de parachute nog ingepakt. Ga na wat er gedurende dit deel gebeurt met de zwaartekracht, de luchtwrijvingskracht, de netto kracht en de versnelling.

Antwoord:

De **zwaartekracht** is volgens de formule gelijk aan $F_z = mg$. De **massa** van de parachutespringer blijft **gelijk**, dus de **zwaartekracht** werkende op de persoon blijft ook **gelijk**.

De **luchtwrijvingskracht neemt toe** als de **snelheid** toeneemt. Doordat de parachutespringer **versnelt** tijdens het vallen, zal de **luchtwrijvingskracht toenemen**.

De **netto kracht** is in dit geval gelijk aan de zwaartekracht (omlaag) min de luchtwrijvingskracht (omhoog). Er geldt dus:

$$F_{netto} = F_z - F_{w,lucht}$$

Doordat de **luchtwrijving** steeds **groter** wordt, wordt de **netto kracht** juist **kleiner**.

De **versnelling** wordt volgens de formule $a = F_{netto} / m$ dan ook **kleiner**.

Vraag:

Leg uit dat de snelheid van de parachutespringer uiteindelijk constant zal worden.

Antwoord:

In eerste instantie versnelt de parachutespringer. De luchtwrijvingskracht wordt hierdoor steeds groter. Uiteindelijk wordt de **luchtwrijvingskracht even groot** als de **zwaartekracht**. In dat geval is de **netto kracht nul**. In het vorige hoofdstuk hebben we geleerd dat de **snelheid** dan **constant** is.

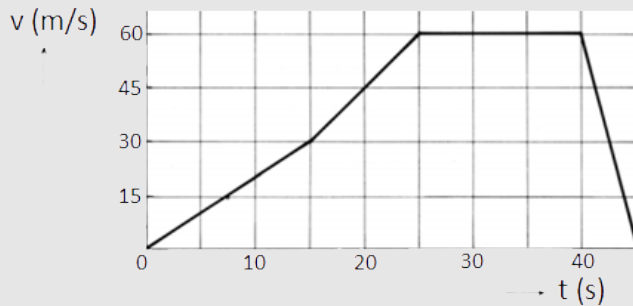
🎯 **Leerdoelen:**

- Zorg dat je de versnelling kan bepalen met een (v,t)-diagram.
- Zorg dat je kan rekenen met $F_{netto} = ma$.
- Zorg dat je weet dat de formule $a = F_{netto}/m$ ons vertelt dat voorwerpen met een grote massa moeilijk te versnellen en moeilijk te vertragen zijn. Hoe zwaarder het voorwerp, hoe lastiger de snelheid ervan te veranderen is. We noemen dit traagheid.
- Zorg dat je voorbeelden kan noemen waarbij traagheid een rol speelt. Denk bijvoorbeeld aan het doorschieten van passagiers bij het remmen van een auto.
- Zorg dat je weet dat auto's een hoofdsteun hebben om een whiplash te voorkomen als auto's van achter geraakt worden. In dat gevallen worden inzittenden door traagheid in hun stoel gedrukt.
- Zorg dat je weet dat de luchtwrijving toeneemt met de snelheid.
- Zorg dat je weet dat bij een val de luchtwrijvingskracht toeneemt doordat de snelheid toeneemt totdat de luchtwrijving gelijk is aan de zwaartekracht. Dan is de netto kracht nul en wordt de snelheid constant.

🎯 **Opdrachten**

1. (3p) Bij hoogspringen landt een persoon met een massa van 72 kg op een mat. De mat oefent een gemiddelde tegenwerkende kracht van 1,2 kN uit op de persoon. Bereken de gemiddelde vertraging.
2. (3p) Een bal met een massa van 145 gram wordt met een honkbalknuppel geslagen met een versnelling van 550 m/s^2 . Bereken de kracht van de honkbalknuppel op de bal.

3. (5p) Een leerling doet aan boogschieten. Ze laat de pees (het koord) van de boog los. De pijl bereikt in een tijd van 25 ms een snelheid van 58 m/s. De pijl heeft een massa van 35 g. Bereken de kracht op de pijl die nodig is om deze versnelling te bereiken.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)
4. (4p) Een leerling fiets met een constante snelheid van 4,8 m/s. Als het stoplicht op rood springt, komt ze remmend tot stilstand in 2,3 seconden. Bereken de remkracht. De leerling en de fiets hebben samen een massa van 87,5 kg.
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)
5. (8p) Hieronder is een (snelheid,tijd)-diagram weergegeven van een bewegend voorwerp met een massa van $3,0 \times 10^3$ kg. Bepaal met behulp van de grafiek op elk moment de netto kracht.



6. Een persoon duwt een blok met een massa van 30 kilogram. Als gevolg versnelt het blok met $0,60 \text{ m/s}^2$.
 - a. (2p) Bereken de netto kracht die op het blok werkt.
 - b. (2p) De wrijvingskracht die op het blok werkt was tijdens de versnelling gelijk aan 15 N. Bereken hiermee de spierkracht van de persoon.
7. Een auto versnelt vanuit stilstand naar 100 km/h in 25 seconden. De auto heeft een massa van $3,5 \times 10^3$ kg.
 - a. (3p) Bereken de netto kracht die op de auto werkt.
 - b. (2p) De wrijvingskracht die op de auto werkt tijdens het optrekken was gelijk aan $3,0 \times 10^3$ N. Bereken hiermee de motorkracht van de auto.
8. (5p) Een persoon ondergaat een val bij een parachutesprong. Kies telkens de juiste optie: De luchtwrijvingskracht gedurende de eerste seconden van de val **blijft gelijk / wordt kleiner / wordt groter**. De netto kracht gedurende de eerste seconden van de val **blijft gelijk / wordt kleiner / wordt groter**. De versnelling gedurende de eerste seconden van de val **blijft gelijk / wordt kleiner / wordt groter**. Na een tijdje wordt de luchtwrijvingskracht gelijk aan de zwaartekracht. De netto kracht wordt dan **groter / kleiner / nul** en als gevolg **wordt de snelheid groter / wordt de snelheid kleiner / blijft de snelheid constant**.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)
9. (1p) Een groot vrachtschip komt lastig tot stilstand. Leg dit uit met het begrip traagheid.
10. (1p) Een docent trekt snel een kleed onder een servies vandaan. Wonderbaarlijk genoeg blijft het servies staan. Leg uit hoe dit kan met het begrip traagheid.



11. Een metro komt krachtig remmend tot stilstand. De passagiers van de metro die staan worden hierdoor een meter verplaatst ten opzichte van de metro.
 - a. (1p) In welke richting verplaatsen de passagiers. In de bewegingsrichting van de metro of tegen de bewegingsrichting in.
 - b. (1p) Leg uit waarom dit gebeurt.
12. Een treintje in een achtbaan versnelt met 14 m/s^2 op een horizontale baan. De massa van de trein met inzittenden is 9800 kg .
 - a. (2p) Bereken de netto kracht tijdens versnellen.
 - b. (2p) Tijdens het versnellen neemt de luchtwrijving op het treintje **af / toe**. Bij een gelijkblijvende netto kracht op het treintje neemt de aandrijfkraft tijdens de versnelling **af / toe**.
 - c. (1p) Aan het einde van de rit remt het treintje af. Hierdoor worden de inzittenden tegen de veiligheidsbeugels geduwd. Noteer de naam van het natuurkundig verschijnsel dat dit veroorzaakt. (Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)

§3 Stabiliteit

De komende twee paragrafen gaan over draaiende voorwerpen. Als een voorwerp omvalt, dan maakt het een draaibeweging. In deze eerste paragraaf bestuderen we wanneer voorwerpen omvallen en wanneer niet.

Om te begrijpen wanneer een voorwerp **omvalt** en wanneer niet, hebben we de begrippen zwaartepunt en draagvlak nodig. Het **zwaartepunt** van een voorwerp, ook wel het **massamiddelpunt** genoemd, is de plek waar het voorwerp in balans is. Neem bijvoorbeeld een **homogene balk**. Dit is een balk die overal **dezelfde dichtheid** heeft. In dat geval zit het zwaartepunt netjes **in het midden** (zie de onderstaande afbeelding). Het zwaartepunt kan je vinden door diagonalen te tekenen in de balk. Het zwaartepunt bevindt zich dan op de plek waar de lijnen kruisen. Op deze plek zetten we vaak een dikke punt met de letter **Z** (voor zwaartepunt) of de letter **M** voor **massamiddelpunt**.

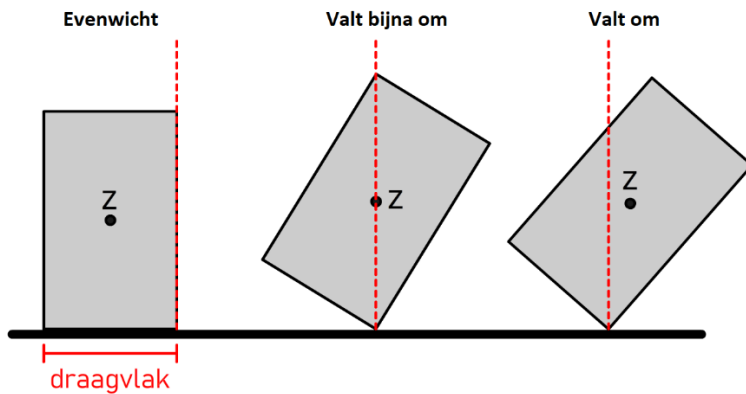


Bij een voorwerp met een ingewikkelde vorm, vind je het zwaartepunt door het voorwerp bijvoorbeeld op je vinger te balanceren. Het zwaartepunt bevindt zich dan op de lijn boven je vinger (zie de onderstaande afbeelding).



(Afbeelding: APN MJM; CC BY-SA 3.0-mod)

Het oppervlak tussen de verst liggende punten waarop een voorwerp staat noemen we het **draagvlak**. In het onderstaande linker voorwerp is het draagvlak simpelweg gelijk aan de onderzijde van het blok. Bij de stoel in de rechter afbeelding is het draagvlak niet alleen het oppervlak onder de stoelpoten, maar ook het oppervlak ertussen. Een voorwerp is in **evenwicht** als het **zwaartepunt** van het voorwerp zich **boven het draagvlak** bevindt. Als dit niet het geval is, dan **valt het voorwerp om**. Dit is duidelijk te zien in de drie linker onderstaande afbeeldingen.



(Afbeelding: ... / MET; CCO)

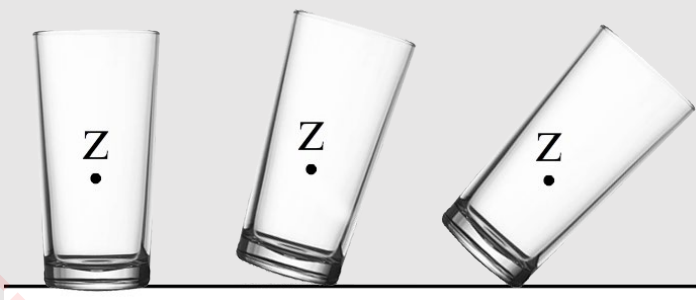


Leerdoelen:

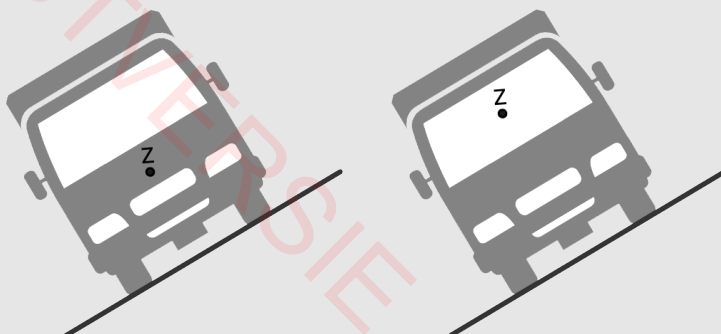
- Zorg dat je weet dat het massamiddelpunt of zwaartepunt het punt is waar een voorwerp in evenwicht is. Op dit punt grijpt de zwaartekracht aan. Zorg ook dat je weet dat het massamiddelpunt of zwaartepunt van een homogene balk in het midden zit.
- Zorg dat je weet dat een voorwerp omvalt als het zwaartepunt zich niet boven het draagvlak bevindt.

Opdrachten

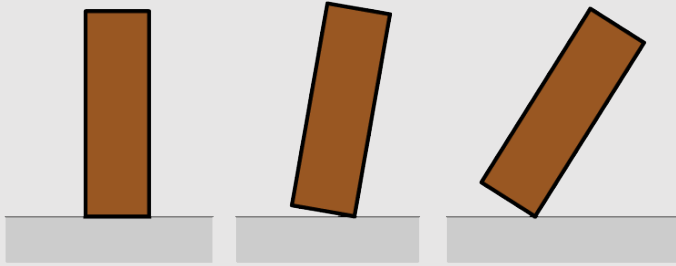
1. (3p) Leg uit waarom je meer kans maakt om een potlood op zijn onderkant te laten balanceren dan op zijn punt. Gebruik hier de begrippen zwaartepunt en draagvlak.
2. (3p) Hieronder is drie keer hetzelfde glas weergegeven. Het zwaartepunt van het glas is in de afbeelding weergegeven met de letter Z. Ga in elk van de gevallen na of het glas zal omvallen.



3. (2p) Hieronder zien we een vrachtauto die over een schuine weg rijdt. In de linker situatie zijn de zwaarste voorwerpen laag in de vrachtauto ingeladen. In de rechter situatie zijn de zware voorwerpen hoger geplaatst. Ga in beide gevallen na of de vrachtauto stabiel staat.



4. (1p) Het materiaal van een balk is homogeen. Wat betekent homogeen?
5. (2p) In de onderstaande afbeelding is drie keer een homogeen blok te zien. Bepaal in alle drie de gevallen waar het massamiddelpunt zich bevindt en ga hiermee na of het blok omvalt of niet.



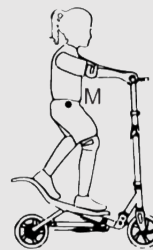
6. Hieronder zien we driemaal een leerling op een step. Geef aan in welke afbeelding het massamiddelpunt M van de leerling goed is weergegeven.



A



B



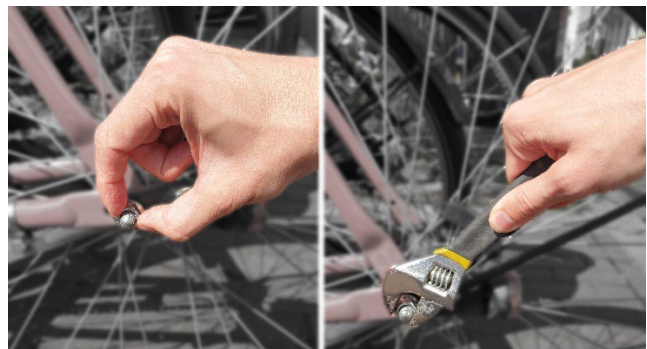
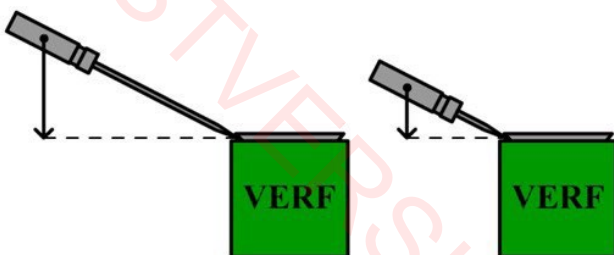
C

(Bron: Examen VMBO-T, 2019-1)

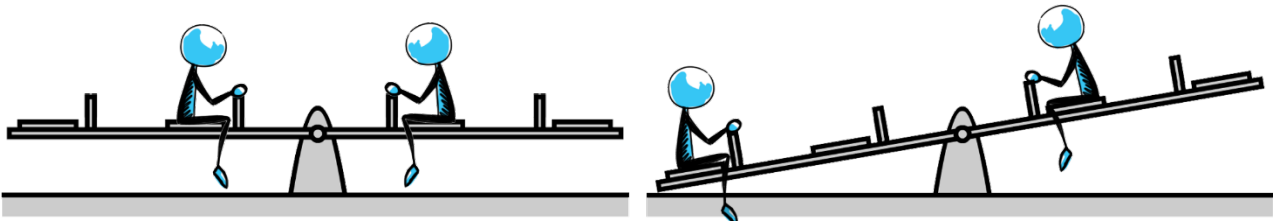
§4 Moment

In deze paragraaf gaan we rekenen met krachten werkende op draaiende voorwerpen. We gebruiken hiervoor het begrip moment. Ook gaan we momentevenwichten bestuderen.

In deze paragraaf gaan we het hebben over het principe van de **hefboom**. Met een hefboom kan je een **kleine kracht omzetten** in een **grote kracht**. In de onderstaande afbeelding wordt dit principe gebruikt bij het openen van verfpotten. Zoals je wellicht uit ervaring weet, gaat het openen van een verfpot veel **gemakkelijker** met een **langere schroevendraaier**. In de rechter afbeelding geldt hetzelfde principe. Een moer omdraaien met alleen je hand is lastig, maar als je de **lengte** van een **sleutel** gebruikt, dan kost dit **weinig kracht**.



Een hefboom heeft altijd een **draaipunt**. Dit is duidelijk te zien bij een wip. In de afbeelding linksonder zien we twee personen met gelijke massa die op gelijke afstanden van het draaipunt zitten. De wip is nu in **evenwicht**. In de rechter afbeelding gaat de linker persoon iets verder van het draaipunt zitten en als gevolg zal de wip aan deze kant dalen. Er geldt dus: hoe **verder** de persoon van het **draaipunt** gaat zitten, hoe **meer invloed** de persoon heeft op de **draaiing** van de wip. We zeggen in zo'n geval dat de persoon dan een **groter moment** uitoefent op de wip.



We kunnen het moment als volgt berekenen:

$$M = F \times l$$

Moment (M)	newtonmeter (Nm)
Kracht (F)	newton (N)
Arm (l)	meter (m)

De **arm (l)** is de **afstand** van het **draaipunt** tot de **werklijn van de kracht** die op het voorwerp werkt. De werklijn van de kracht is een denkbeeldige lijn waarop deze kracht ligt.

Als een voorwerp **in evenwicht** is, dan is de som van de momenten die het voorwerp linksom pogen te draaien gelijk aan de som van de momenten die het voorwerp rechtsom pogen te draaien. In formuletaal wordt dit:

$$M_L = M_R \quad (\text{evenwicht})$$

Moment linksom (M_L)	newtonmeter (Nm)
Moment rechtsom (M_R)	newtonmeter (Nm)

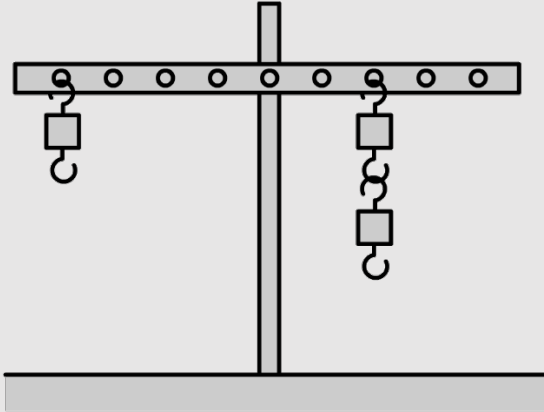
Een bekend voorbeeld waar het momentenevenwicht een belangrijke rol speelt is de **hijskraan**. Deze gigantische kranen kunnen zware voorwerpen optillen zonder om te vallen. Dit kan omdat de kraan in evenwicht wordt gehouden door een **contragewicht** (zie de onderstaande afbeelding). Door de positie van dit contragewicht te verplaatsen, en dus de arm te veranderen, kan de kraan telkens in evenwicht worden gehouden.



✂ Voorbeeld

Vraag:

In de onderstaande afbeelding zijn drie blokjes van 50 gram opgehangen aan een balans. Laat zien dat de blokjes in evenwicht hangen. De afstand tussen de gaatjes waaraan de blokjes hangen is 2,5 cm.



Antwoord:

De blokjes hangen in **evenwicht** als het **moment** dat de balans **linksom** probeert te draaien **gelijk** is aan het **moment** dat de balans **rechtson** probeert te draaien. Voor de linker en de rechter blokjes geldt:

$$m_{\text{links}} = 50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$$

$$m_{\text{rechts}} = 50 \times 2 = 100 \text{ g} = 0,100 \text{ kg}$$

Hiermee kunnen we de zwaartekracht uitrekenen:

$$F_z = mg$$

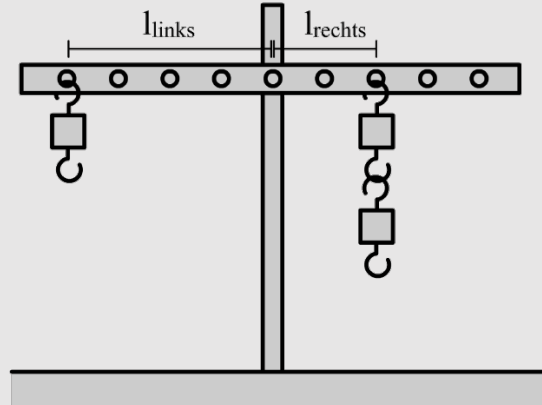
$$F_{z,\text{links}} = 0,050 \times 10 = 0,50 \text{ N}$$

$$F_{z,\text{rechts}} = 0,100 \times 10 = 1,00 \text{ N}$$

De arm is de afstand van het draaipunt tot de plek waar de blokjes aan de balans trekken. De afstand tussen twee gaatjes is 2,5 cm. We vinden dus:

$$r_{\text{links}} = 4 \times 2,5 = 10,0 \text{ cm}$$

$$r_{\text{rechts}} = 2 \times 2,5 = 5,0 \text{ cm}$$



Nu kunnen we het moment in beide gevallen uitrekenen:

$$M = F \times l$$

$$M_{\text{links}} = 0,50 \times 10,0 = 5,0 \text{ Nm}$$

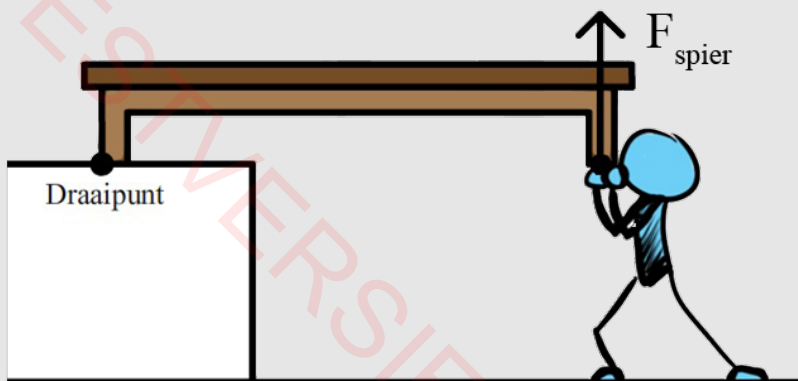
$$M_{\text{rechts}} = 1,00 \times 5,0 = 5,0 \text{ Nm}$$

De momenten zijn **gelijk**, dus de blokjes hangen inderdaad in evenwicht.

✂ Voorbeeld

Vraag:

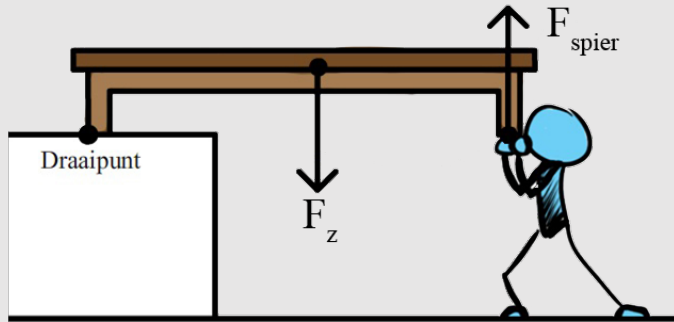
In de volgende afbeelding tilt een persoon een bank op die op een verhoging ligt. De bank is van poot tot poot 4,0 m lang en heeft een massa van 10 kg. Bereken de spierkracht die de persoon moet uitoefenen om de bank in horizontale positie te houden.



Antwoord:

Het **zwaartepunt** van de bank bevindt zich in het **midden van de bank**. Het zwaartepunt is ook de plek waar de **zwaartekracht aangrijpt**. Op deze plek tekenen we dan ook de **zwaartekracht** (zie de onderstaande afbeelding). De **arm van de zwaartekracht** is de afstand van het **draaipunt** tot de **zwaartekracht**. Omdat de zwaartekracht in het **midden van de bank** werkt, is de bijbehorende arm dus $4,0 / 2 = 2,0$ m lang.

De afstand van het draaipunt tot de spierkracht is 4,0 meter. De **arm van de spierkracht** is dus **4,0 m**.



Dan maken we gebruik van het **momentenevenwicht**:

$$M_{links} = M_{rechts}$$

De kracht die de bank linksom draait is de spierkracht en de kracht die de bank rechtsom probeert te draaien in de zwaartekracht.

$$M_{spier} = M_z$$

$$F_{spier} \times l_{spier} = F_z \times l_z$$

We vullen nu de gegevens zo veel mogelijk in. Aan de rechterzijde gebruiken we $F_z = mg = 10 \times 10 = 100$ N:

$$F_{spier} \times 4 = 100 \times 2$$

Als we de rechterzijde uitrekenen, dan vinden we:

$$F_{spier} \times 4 = 200$$

Hiermee kunnen we de spierkracht uitrekenen:

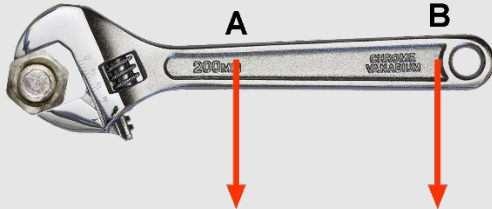
$$F_{spier} = \frac{200}{4} = 50 \text{ N}$$

Leerdoelen:

- Zorg dat je weet hoe een hefboom werkt. Je hebt minder kracht nodig om een voorwerp te draaien als je een kracht uitoefent verder van het draaipunt vandaan.
- Zorg dat je kan rekenen met de formule $M = Fl$. l is de zogenaamde arm. Dit is de afstand van het draaipunt tot de werklijn van de kracht die wordt uitgeoefend.
- Zorg dat je weet dat een voorwerp in evenwicht is als het moment linksom en het moment rechtsom gelijk is.
- Zorg dat je weet dat bij gelijke kracht en een grotere arm het moment groter wordt en dat bij een gelijk moment en een grotere arm de kracht kleiner wordt. Dit kan je zien aan de formule $M = Fl$.

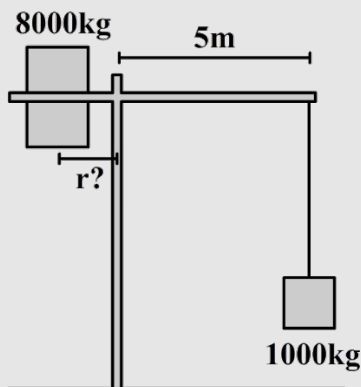
Opdrachten

1. (2p) Twee leerlingen zitten aan weerszijden van een wip. Beide leerlingen hebben dezelfde massa en zitten op gelijke afstand. De linker leerling verplaatst zich naar het midden van de wip. Het moment van de linker leerling wordt hierdoor **groter / kleiner**. De wip gaat daardoor **omhoog / omlaag** aan de kant van deze leerling.
(Bron: Examen VMBO-T, 2019-1)
2. Een persoon probeert met een grote ratel een moer vast te draaien (zie de onderstaande afbeelding). In eerste instantie oefent de persoon een kracht uit op punt A. Hiermee komt de moer echter niet los. Daarna oefent de persoon dezelfde kracht uit op punt B. Nu lukt het wel.

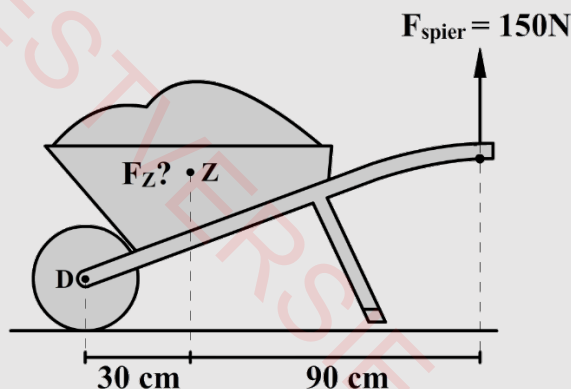


(Afbeelding: MrX; CC BY-SA 3.0-mod)

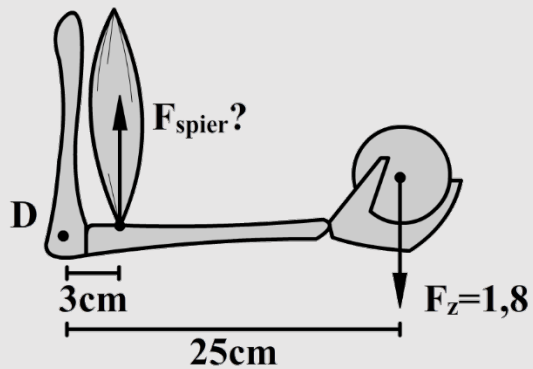
- a. (3p) Leg uit waarom de persoon de moer wel los krijgt in punt B, terwijl hij op beide punten dezelfde kracht uitoefent.
 - b. (2p) De kracht die de persoon op punt B uitoefent is 100 N. Bepaal hoeveel kracht de persoon op punt A moet uitoefenen om hetzelfde moment op de ratel uit te oefenen. Ga uit van een afstand van 4,0 cm van het draaipunt tot punt A en een afstand van 8,0 cm van het draaipunt tot punt B.
3. (4p) In de onderstaande afbeelding is schematisch een hijskraan weergegeven. Bereken met de gegevens in de afbeelding de afstand van het draaipunt tot het contragewicht.



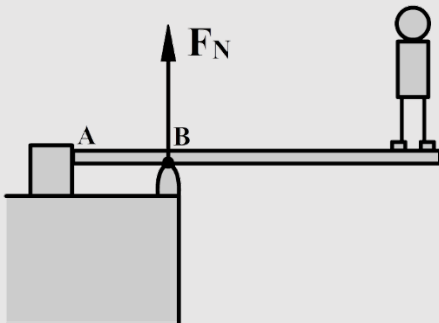
4. (3p) Een persoon tilt met een kracht van 150 N een kruitwagen op aan de handvaten. Bereken de zwaartekracht van de kruitwagen.



5. (3p) Een persoon tilt een steen op met z'n arm. Hieronder zijn de botten in de arm en de biceps van de persoon te zien. Bereken de spierkracht in de biceps. Ga ervan uit dat de steen stilstaat.

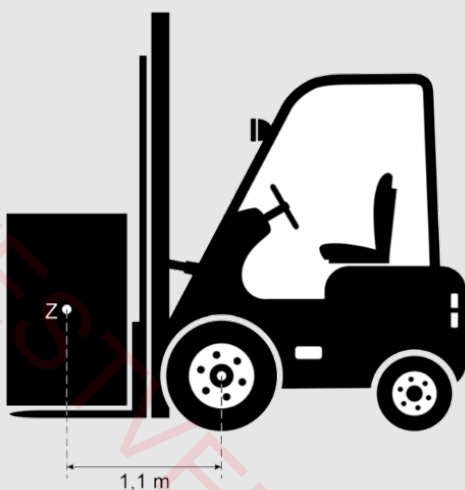


6. (4p) Een meisje met een massa van 45 kg staat op het uiteinde van een duikplank. De duikplank kan draaien om as A en ligt op steunpunt B. De afstand tussen as A en steunpunt B is 1,6 m. De afstand tussen as A en het meisje is 4,8 m.



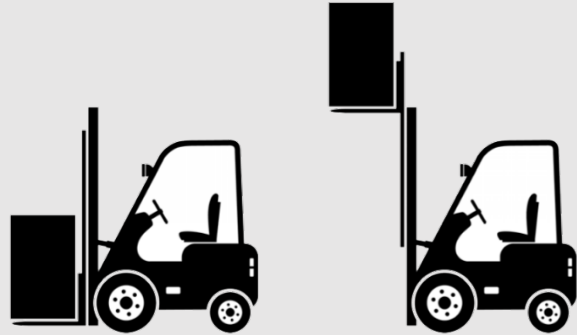
Bereken de grootte van de kracht die door het steunpunt B op de plank wordt uitgeoefend als het meisje in C op de duikplank staat. Je mag de massa van de duikplank verwaarlozen.

7. Een heftruck wordt gebruikt om zware pakketten te verplaatsen (zie de onderstaande afbeelding).

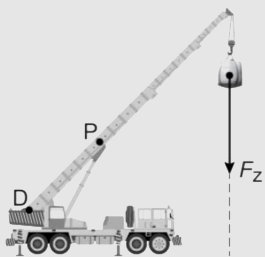


- a. (3p) Het pakket heeft een massa van 600 kg. Z is het zwaartepunt van het pakket. Bereken het moment van het pakket ten opzichte van de as van het voorwiel. Gebruik het gegeven in de afbeelding.

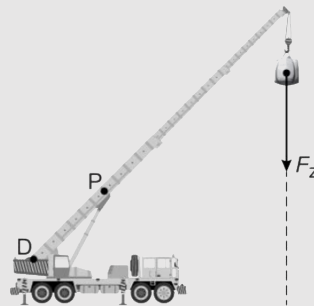
- b. (2p) De heftruck heeft een lift om de pakketten te tillen (zie de rechter afbeelding). Wat is juist over het moment van het pakket ten opzichte van de as van het voorwiel als het pakket is opgetild?
- Het moment is even groot
 - Het moment is groter
 - Het moment is kleiner
- Leg je antwoord uit.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)



8. Een kraan tilt zandzakken op (zie de onderstaande afbeelding). De kraanarm schuift uit om de zandzakken te plaatsen.

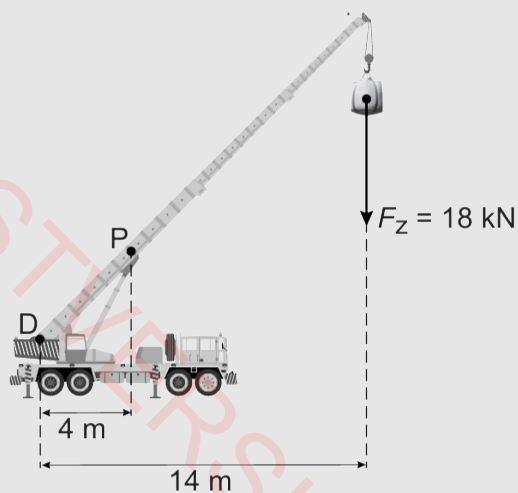


voor het uitschuiven



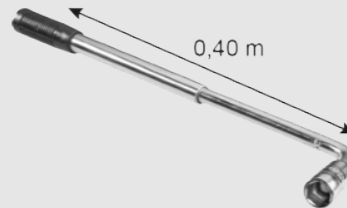
na het uitschuiven

- a. (2p) Leg uit of de zwaartekracht op de zandzakken groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft tijdens het uitschuiven van de kraanarm.
- b. (2p) Leg uit of de arm van de zandzakken groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft tijdens het uitschuiven van de kraanarm.
- c. (2p) Leg uit of het moment op de zandzakken groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft tijdens het uitschuiven van de kraanarm.
- d. (3p) Een kracht omhoog in P houdt de zandzak in evenwicht. Bereken met de gegevens in de onderstaande afbeelding de grootte van deze kracht in punt P.



(Bron: Examen VMBO-T, 2019-2)

9. Een automonteur heeft de band van een auto verwisseld en draait de wielbouten vast met een wielsleutel die in lengte verstelbaar is (zie de onderstaande afbeeldingen). De afstand tussen het handvat van de wielsleutel en het draaipunt van de bout is op dit moment 0,40 m.



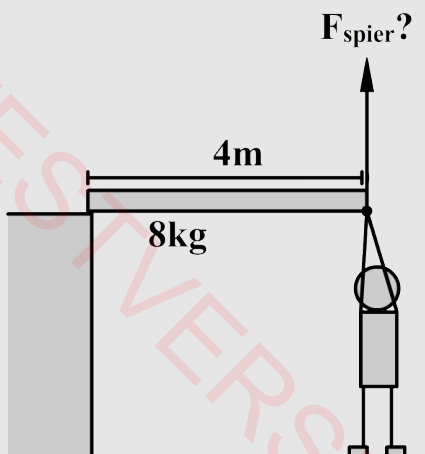
- a. (2p) De monteur zet de wielsleutel op de eerste wielbout en duwt loodrecht op het handvat. Hij oefent een spierkracht uit van 400 N. Bereken het moment van de spierkracht.
- b. (2p) Voor het vastdraaien van de tweede bout schuift de monteur de wielsleutel verder uit (zie de onderstaande afbeelding).



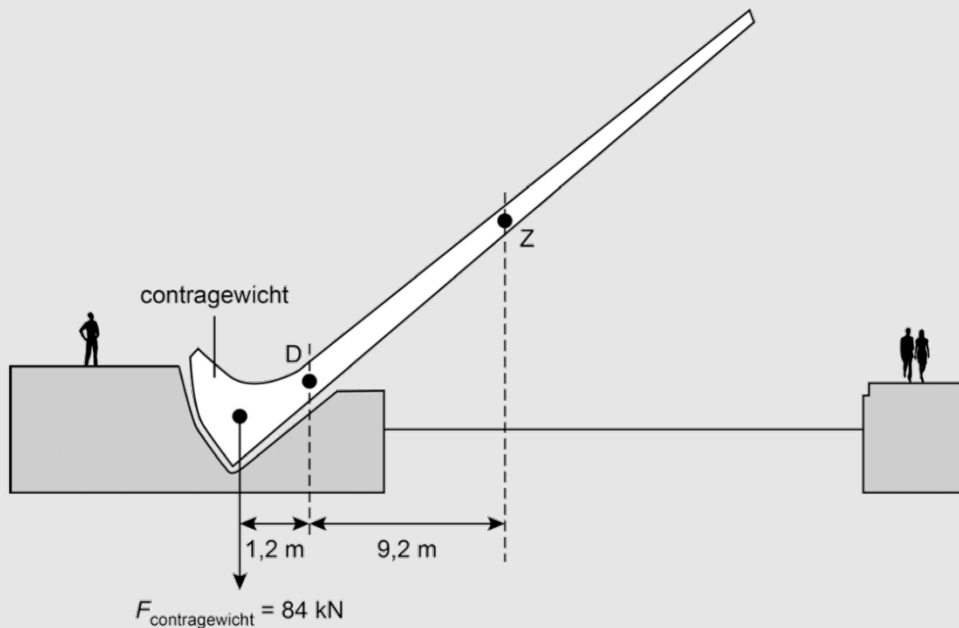
Bij het aandraaien met de verlengde wielsleutel is het moment op de tweede wielbout even groot als het moment op de eerste wielbout. De arm van de spierkracht is nu **even groot als / groter dan / kleiner dan** bij het aandraaien van de eerste bout. De benodigde spierkracht is nu **even groot als / groter dan / kleiner dan** bij het aandraaien van de eerste bout.

(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)

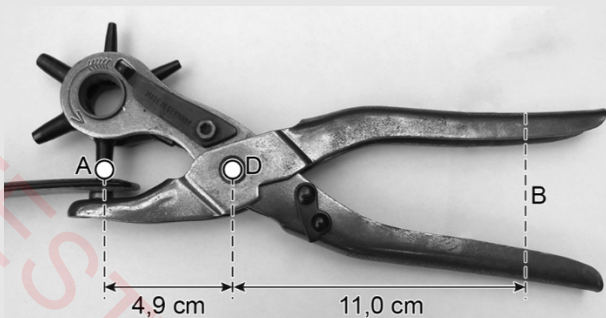
10. (3p) In de onderstaande afbeelding houdt een persoon een plank omhoog. Bereken met de gegevens in de afbeelding de spierkracht die de persoon moet uitoefenen om de plank op z'n plek te houden.



11. In de onderstaande afbeelding is een geopende brug te zien. Het brugdeel boven het water is in evenwicht met een contragewicht. D is het draaipunt. De afmetingen in de afbeelding zijn niet op schaal gegeven.



- (3p) De zwaartekracht van het contragewicht geeft in deze situatie een moment van $1,0 \times 10^5 \text{ Nm}$. Toon dit moment met een berekening aan.
 - (2p) Bereken met de gegevens in de afbeelding de zwaartekracht in punt Z op het brugdeel rechts van draaipunt D.
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-1)
12. (3p) Een leerling gebruikt een gatentang om een extra gat in zijn riem te maken (zie de onderstaande afbeelding). In de afbeelding zijn gegevens te zien die horen bij het samenknijpen van de tang. D is het draaipunt en bij A wordt de kracht op de riem uitgeoefend. B is de werklijn van de spierkracht. De kracht van de snijbuis op de riem bij het maken van het gat is 35 N. Bereken de totaal benodigde spierkracht bij B.

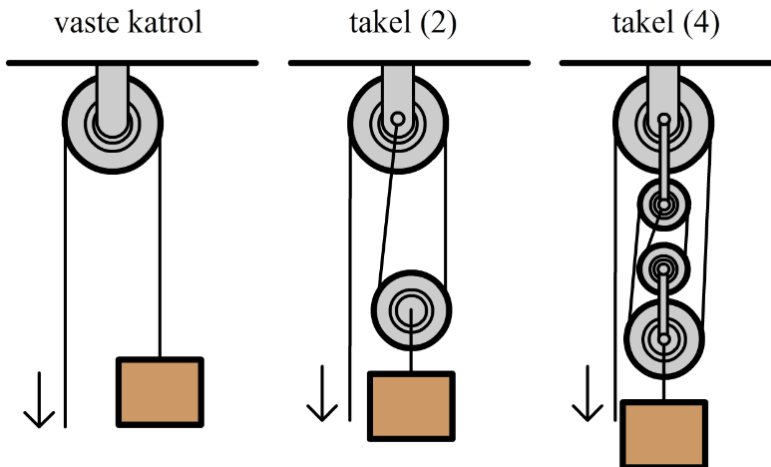


(Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)

§5 Katrollen

In deze laatste paragraaf bestuderen we de werking van katrollen.

Een katrol kan worden gebruikt om een zwaar voorwerp makkelijker te kunnen optillen. Er zijn twee soorten katrollen, **vaste** en **losse katrollen**. Een **vast katrol** zit vast op een hoog punt en doet niets anders dan het **omdraaien van de kracht**. Dit zien we in de onderstaande linker afbeelding. We kunnen hiermee een voorwerp **omhoog tillen** door een touw **naar beneden te trekken**. Voordeel is dat je nu aan de kabel kan **hangen** en de zwaartekracht het werk kan laten doen.



In de middelste afbeelding is ook een **los katrol** toegevoegd. Deze katrol zit vast aan het voorwerp dat je wilt optillen. Bij toevoeging van een los katrol spreken we van een **takel**. Het voordeel van een takel is dat het nu minder kracht kost om een voorwerp op te tillen. In het middelste voorbeeld zien we dat een voorwerp met een losse katrol aan twee touwen hangt. Als gevolg kost het maar de **helft van de kracht** om het voorwerp op te tillen. Een nadeel is wel dat je **twee keer zoveel touw** naar beneden moet trekken. In het rechter voorbeeld wordt het blok omhoog gehouden door **twee losse katrollen met vier touwen** (tel ze zelf na). De kracht nodig om het blok op te tillen is hierdoor **vier keer zo klein**, maar je moet wel **vier keer zoveel touw** naar beneden trekken.

Leerdoelen:

- Zorg dat je weet dat een vaste katrol de richting van de kracht omdraait bij het optillen van een voorwerp.
- Zorg dat je weet dat bij het toevoegen van een los katrol we spreken van een takel. Bij een takel hoef je minder kracht uit te oefenen om een voorwerp op te tillen, maar de lengte van het touw dat je naar beneden moet trekken is wel groter.
- Het aantal losse katrollen keer twee of het aantal touwen aan deze katrollen vertelt ons hoeveel de kracht afneemt en de lengte van het touw toeneemt.

Opdrachten

1. (2p) Met één vaste katrol wordt een piano met een massa van 300 kg omhoog getild naar de vierde verdieping van een huis. Bereken de kracht die hiervoor nodig is.

2. (2p) Je buren laten een jacuzzi in hun tuin plaatsen. Een hoogwerker tilt de jacuzzi over het huis naar de achtertuin.



vaste katrol

losse katrol met haak

De zwaartekracht op de jacuzzi is 18 kN. Met een staalkabel over twee katrollen wordt de jacuzzi omhoog gehesen. Bereken hoe groot de spankracht in de staalkabel is bij punt A.

(Bron: Examen VMBO-T, 2018-1)

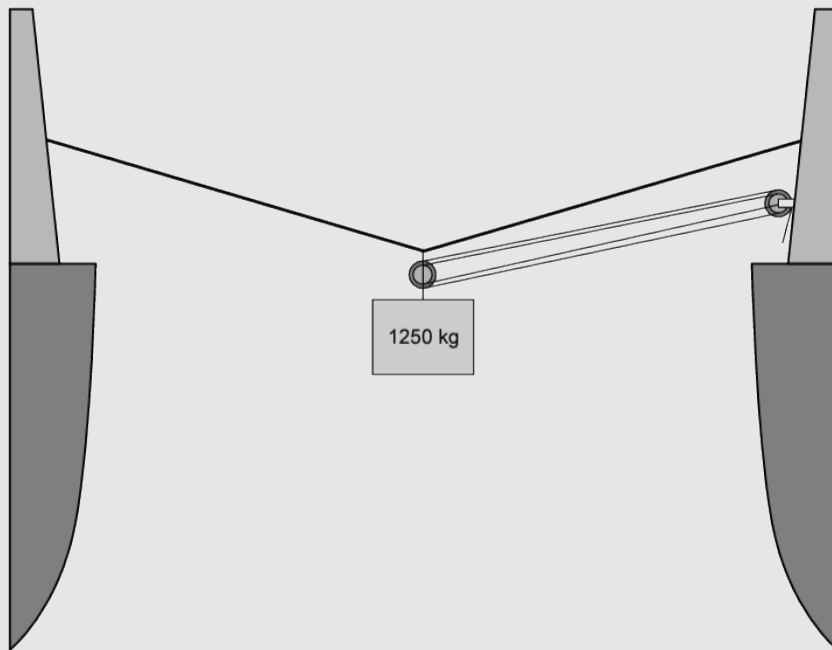
3. (1p) Een bank wordt met behulp van een takel met een vast en een los katrol omhoog gehesen. Welk van de volgende uitspraken is juist:
- Alleen de losse katrol verkleint de benodigde kracht.
 - Alleen de vaste katrol verkleint de benodigde kracht.
 - Beide katrollen verkleinen de benodigde kracht.
 - Geen van de katrollen verkleinen de benodigde kracht.

(Bron: Examen VMBO-T, 2012-2)

4. (1p) Met behulp van een touw wordt lading van het ene naar een ander schip overgedragen (zie de onderstaande afbeelding).



Met een takel worden zware goederen via het touw naar het andere schip getrokken. De takel bestaat uit 2 vaste en 2 losse katrollen. Hoeveel keer verkleint deze takel de benodigde kracht?



(Bron: Examen VMBO-T, 2011-2)

BINAS tabellen die je dit hoofdstuk nodig hebt

BINAS tabel

7-12

Formules

TESTVERSIE

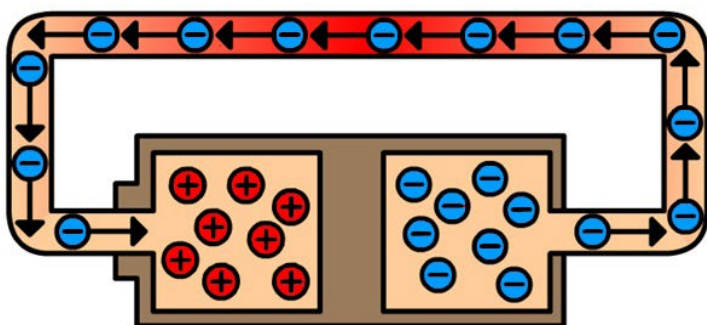
Hoofdstuk 4

Elektriciteit II

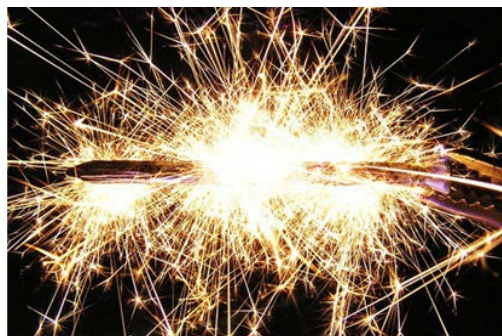
§1 Elektriciteit in huis

In dit hoofdstuk gaan verder met het bestuderen van elektrische schakelingen. We gaan hier met name kijken naar toepassingen. Het is handig hoofdstuk "Elektriciteit I" nog even door te nemen voordat je aan dit hoofdstuk begint. In deze eerste paragraaf gaan we het hebben over het elektriciteitsnetwerk in huis.

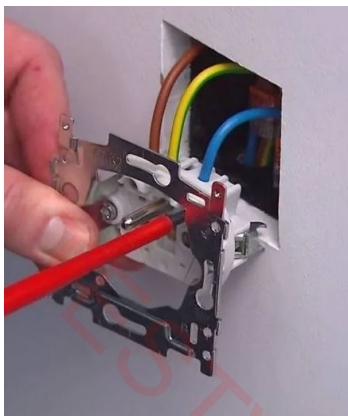
Als we de pluspool en de minpool van een spanningsbron direct verbinden met een materiaal met een erg kleine weerstand, dan ontstaat er **kortsluiting**. Met slechts een **kleine weerstand** gaat er dan een **grote stroom** door het materiaal lopen. Deze grote hoeveelheid stroom is niet alleen **gevaarlijk** voor de **mens**, maar kan ook gemakkelijk **brand** veroorzaken.



(Afbeelding: ... / MdE; CC BY-SA 3.0)



Om kortsluiting in huis te begrijpen, is het van belang het elektriciteitsnetwerk in huis te begrijpen. Als je een stopcontact van de muur schroeft (zet dan eerst de groep uit waartoe het stopcontact behoort!), dan zijn **drie draden** zichtbaar (zie de onderstaande foto). De **bruine draad** is de zogenaamde **fasedraad**. Hierover staat een spanning. De **blauwe draad** is de **nuldraad**. Hierover staat **geen spanning**. Als deze twee draden verbonden worden, dan ontstaat **kortsluiting**. Als deze draden worden aangesloten op een elektrisch apparaat met een redelijke weerstand, dan hebben we een functionele gesloten stroomkring en gaat het apparaat werken. De geel-groene draad in de afbeelding bespreken we later in de paragraaf.



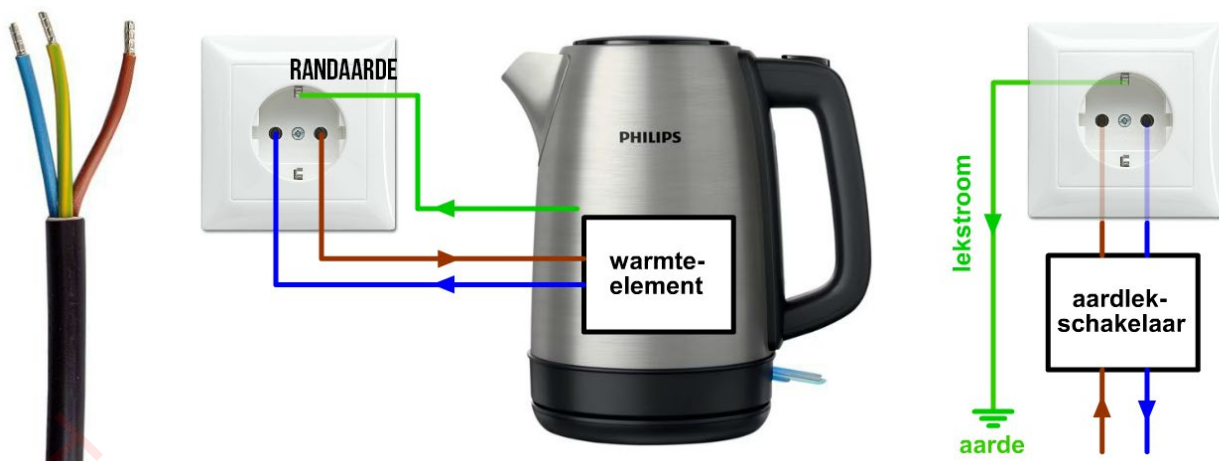
Om ons tegen kortsluiting te beschermen bevat de **meterkast** in huis een aantal **zekeringen**. Een ouderwetse zekering bestaat uit een draadje dat doorbrandt als de stroomsterkte boven een bepaalde waarde uitkomt. In de onderstaande afbeelding zien we bijvoorbeeld een zekering die bij 20 A doorbrandt.



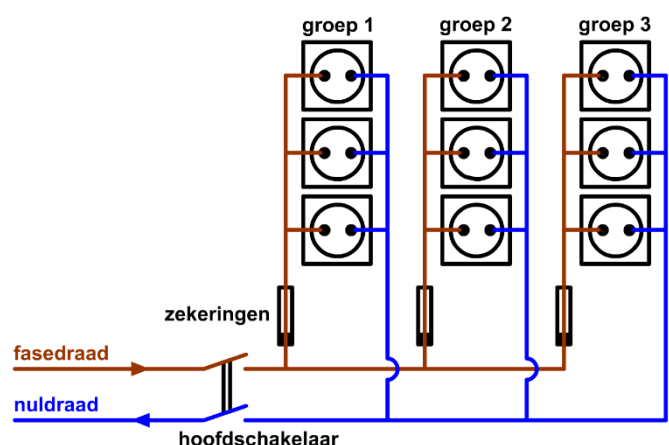
In de rechter afbeelding zien we een voorbeeld van een meterkast. Onder in deze kast zie je de **voedingskabel** waardoor elektriciteit het huis binnenkomt. Daarboven zien we een grote **hoofdschakelaar**. Hiermee kan de spanning in het **hele huis uit- en aangezet** worden. Daarnaast vinden we normaalgesproken één of twee **aardlekschakelaars**. Een aardlekschakelaar **vergelijkt de stroom** die het huis **ingaat** met de stroom die het huis **uitgaat**. Als het goed is moeten beide stromen **gelijk** zijn. Als dit **niet** zo is, dan moet er ergens in huis stroom zijn **weggelekt** (bijvoorbeeld via iemands lichaam naar de grond). Dit is **gevaarlijk** en als voorzorgsmaatregel wordt de stroom dan direct **uitgezet**. Boven de aardlekschakelaars zien we de **groepenkast** met daarin een hele rij **zekeringen**. In dit geval zien we moderne zekeringen die niet meer werken met het doorbranden van een draadje, maar met een schakelaar. Het voordeel hiervan is dat de zekeringen niet elke keer vervangen hoeven te worden als ze doorbranden.



Aan de rechterkant van de meterkast zien we de **aardleiding**. Dit is een draad die letterlijk de **aarde in loopt**. Deze draad is in huis verbonden met **metalen onderdelen** van apparaten waarvan het gevaarlijk zou zijn als ze onder spanning staan. Denk bijvoorbeeld aan de **buitenzijde** van een **wasmachine** of een **waterkoker**. In de onderstaande afbeelding is dit schematisch afgebeeld. Links is de draad van een waterkoker opgesneden met daarin de blauwe fasedraad en de bruine nuldraad. Deze draden worden gebruikt om een gesloten stroomkring te maken, waardoor het warmte-element in de waterkoker warm wordt. De **geel-groene draad** is de **aardendraad**. Deze draad is verbonden met de **buitenzijde** van de waterkoker en deze staat in contact met de **twee metalen pinnen boven en onder het stopcontact**. We noemen dit de zogenaamde **randaarde** (zie de middelste afbeelding). Deze pinnen zijn weer verbonden via de **aardleiding** met de **aarde** onder het huis (zie de rechter afbeelding). Als bijvoorbeeld de buitenkant van een waterkoker onder spanning komt te staan terwijl je de waterkoker vasthoudt, dan zal de stroom **wegleken** via de **aardendraad** in plaats van via je **lichaam**. De **aardlekschakelaar** zal de stroom dan uitschakelen, omdat er minder stroom het huis uit gaat dan er binnenstroomt.



Bovenin de meterkast zien we een aantal buizen. Hierdoor loopt de bedrading die naar de vele **stopcontacten** in huis loopt. Voor de veiligheid zijn de stopcontacten in huis opgedeeld in een aantal **groepen**, elk met een eigen zekering (zie de rechter afbeelding). Apparaten die een grote stroom vragen, zoals de wasmachine of een elektrische kookplaat wil je niet allemaal op dezelfde groep zetten, want dan kunnen de draden **te warm** worden en kan **brand** ontstaan. In dat geval spreken we van **overbelasting**. De zekeringen zorgen ervoor dat de stroom dan wordt uitgeschakeld.

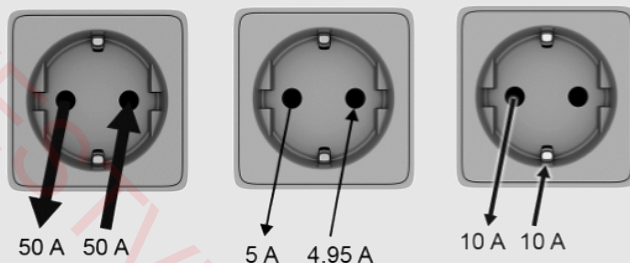


Leerdoelen:

- Zorg dat je weet dat kortsluiting ontstaat als we de plus- en de minpool van een spanningsbron verbinden met een draad met een kleine weerstand. Er gaat hierdoor een grote stroom lopen. Dit kan gevaarlijk zijn.
- Zorg dat je weet dat in huis kortsluiting plaatsvindt als de fasedraad (bruine draad) en de nuldraad (blauwe draad) direct met elkaar verbonden worden.
- Zorg dat je weet dat een zekering de stroom verbreekt als de stroomsterkte door de zekering boven een bepaalde waarde uitkomt. Dit gebeurt bij kortsluiting, maar ook bij overbelasting.
- Zorg dat je weet dat elke groep in huis zijn eigen zekering heeft.
- Zorg dat je weet dat een aardlekschakelaar de stroom die het huis in gaat vergelijkt met de stroom die het huis uitstroomt en de stroom uitschakelt als er stroom is weggelekt.
- Zorg dat je weet dat metalen onderdelen van apparaten soms verbonden zijn met een geel-groene aardedraad die via de randaarde van het stopcontact naar de aarde loopt. Als deze metalen onderdelen onder spanning staan en je raakt deze onderdelen aan, dan loopt de stroom niet via je lichaam weg, maar via de aardedraad naar de grond.

Opdrachten

1. Een leerling knipt per ongeluk een draad van een lamp door die is aangesloten op het stopcontact. Hierdoor is een vonk zichtbaar, er ontstaat een gat in het metaal van de schaar en daarna wordt de stroom uitgeschakeld.
 - a. (1p) Hoe heet dit fenomeen?
 - b. (1p) Wanneer treedt dit fenomeen op. Kies uit:
 - als de fasedraad de aardedraad raakt
 - als de nuldraad de aardedraad raakt
 - als de fasedraad de nuldraad raakt
 - als de stroomsterkte door de lamp te groot is
2. (1p) Leg uit waarvoor de randaarde dient bij stopcontacten.
3. (1p) Waarom zijn in badkamers stopcontacten altijd geaard?
4. (1p) Als het koud is kun je een elektrische kachel op netspanning als bijverwarming gebruiken. De buitenkant van de kachel is van staal gemaakt en dit staal is geverfd om het tegen corrosie te beschermen. Leg uit of het aansluitsnoer een stekker met randaarde moet hebben. (Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)
5. Een elektrische kachel in een huis is voorzien van een stekker met randaarde. Elke groep in het huis heeft een zekering van 16 A. In de onderstaande afbeelding zijn drie gevaarlijke situaties weergegeven.



- a. (1p) Leg uit in welke situatie of situaties er stroom door de randaarde loopt.
- b. (1p) Leg uit hoe dit zou kunnen komen.
- c. (2p) Leg uit in welk geval of welke gevallen de aardlekschakelaar de stroom zal uitzetten.
- d. (1p) Leg uit in welk geval of gevallen de zekering zal doorbranden. (Bron: Examen VMBO-T, 2021-1)

6. Een leerling hangt een dompelaar (een verwarmingselementje) in een theeglas met water. Aan het snoer van de dompelaar zit een stekker met randaarde.
- (1p) Leg uit dat het metaal aan de buitenzijde van de dompelaar niet verbonden mag zijn met de nuldraad, de fase draad en het verwarmingselement in de dompelaar.
 - (1p) Wanneer schakelt de aardlekschakelaar de spanning over de dompelaar uit? Kies uit:
 - als de fase draad de nuldraad raakt
 - als de fase draad het metaal aan de buitenzijde van de dompelaar raakt
 - als de stroomsterkte door de dompelaar te groot is
 - als de weerstand van de dompelaar te groot is
 (Bron: Examen VMBO-T, 2019-1)
7. Het elektriciteitsnetwerk in huis bestaat uit een aantal groepen die elk zijn beveiligd met een zekering van 20 A. De volgende apparaten worden op één groep aangesloten:
- Een koelkast (200 W)
 - Een magnetron (1500 W)
 - Een wasmachine (4000 W)
- (1p) Leg zonder berekening uit of deze installatie een verstandig plan is.
 - (5p) Laat met een berekening zien of er sprake is van overbelasting of niet. Gebruik hiervoor de formule $P = UI$.

§2 Capaciteit

In deze paragraaf gaan we rekenen aan hoe lang een batterij of accu stroom kan leveren. We gebruiken daarvoor het begrip capaciteit.

De **totale lading** die in een **batterij** of **accu opgeslagen** zit noemen we de **capaciteit (C)**. Hoe **snel** de batterij **leegloopt** hangt af van deze capaciteit en ook van hoeveel **lading** er **per seconde** wegstroomt uit de spanningsbron—oftewel van de **stroomsterkte**. In formuletaal ziet dit er als volgt uit:

$$t = \frac{C}{I}$$

Tijdsduur dat de batterij mee gaat (t)	uur (h)
Capaciteit (C)	ampère-uur (mAh)
Stroomsterkte (I)	ampère (mA)

Een veelgebruikte eenheid van de capaciteit is **mAh**, oftewel **milliampère-uur**. Als je deze eenheid gebruikt, dan moet je de stroomsterkte in de formule invullen in **milliampère (mA)** en de tijd in **uren (h)**. Soms wordt ook **Ah** gebruikt. In dat geval moet de stroomsterkte worden gegeven in **A** en de tijd in **h**.

Voorbeeld

Vraag:

Een accu in een telefoon heeft een capaciteit van 2600 mAh. De gemiddelde stroom die een telefoon gebruikt bij normaal gebruik is 0,7 A. Bereken hoe lang de telefoon te gebruiken is voordat de accu helemaal leeg is.

Antwoord:

De capaciteit is gelijk aan:

$$C = 2600 \text{ mAh}$$

Omdat de capaciteit gegeven is in mAh, moeten we de stroomsterkte omrekenen naar mA. Er geldt:

$$I = 0,7 \times 1000 = 700 \text{ mA}$$

Nu kunnen we de tijdsduur uitrekenen tot de telefoon leeg is:

$$t = \frac{C}{I}$$

$$t = \frac{2600}{700} = 3,7 \text{ h}$$

Deze accu is dus 3,7 uur te gebruiken.

Leerdoelen:

- Zorg dat je kan rekenen met $t = C/I$. De capaciteit geeft aan hoeveel lading is opgeslagen in bijvoorbeeld een batterij of accu en wordt gemeten in bijvoorbeeld mAh of Ah.

Opdrachten

1. (2p) De capaciteit van de volledig opgeladen accu is 720 mAh. Er wordt een led op de accu aangesloten waaraan de accu een stroomsterkte van 100 mA levert. Bereken hoelang de lamp met een volledig opgeladen accu kan blijven branden.
2. (2p) De totale stroomsterkte door een led is 80 mA. Twee opgeladen batterijen hebben samen een capaciteit van 1800 mAh. Bereken hoelang de lamp kan branden op volledig opgeladen batterijen. (Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)
3. (2p) Een heftruck heeft een elektromotor om zware pakketten op te tillen. Tijdens het optillen van een pakket is de stroomsterkte door de elektromotor 135 A. De capaciteit van de opgeladen accu is 360 Ah. Bereken de maximale tijd dat de accu deze stroom kan leveren. (Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)
4. (2p) Een paar leds zijn aangesloten op een batterij. De batterij levert 410 mA en de capaciteit van de batterij is 1200 mAh. Bereken hoelang deze batterij maximaal energie kan leveren.
5. Het opladen van een bepaalde mobiele telefoon via een adapter duurt 90 minuten. Op de adapter lezen we: "230 V; 0,15 A".
 - a. (4p) Bereken de capaciteit van de accu van de telefoon in mAh.
 - b. (3p) Bereken hoe lang de accu meegaat als uit de accu gemiddeld een stroomsterkte van 0,090 A stroomt.
6. De adapter levert bij het opladen van de accu (5,0 V) een stroomsterkte van 0,12 A. Het opgenomen vermogen van de adapter tijdens het opladen is 2,0 W.
 - a. (3p) Bereken het rendement van de adapter.
 - b. (2p) Het volledig opladen van een lege accu duurt 2,8 h. Bereken de capaciteit van deze accu. (Bron: Examen VMBO-T, 2019-2)
7. (4p) Bij een blikseminslag loopt in 8 milliseconden een stroomsterkte van 937 A van een wolk naar de aarde. Bereken de capaciteit van de bliksemschicht in mAh.

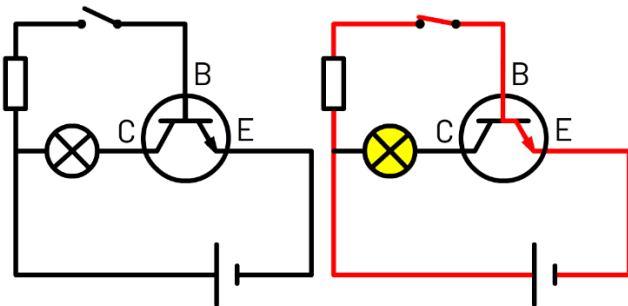
§3 Transistor, NTC, LDR en condensator

In de rest van dit hoofdstuk gaan we een aantal geavanceerde elektrische componenten bestuderen. In deze paragraaf bespreken we de transformator, de NTC, de LDR en de condensator. Ook bespreken we hoe deze onderdelen toegepast worden in ons dagelijks leven.

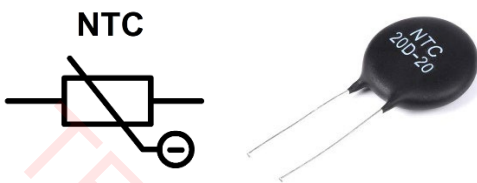
Een **transistor** is een **elektrische schakelaar** (zie de onderstaande afbeelding). Dit onderdeel werkt als volgt. Als er een **klein stroompje** loopt door de **basis ingang (B)**, dan gaat de schakelaar open en kan er een stroom lopen van de **collector (C)** naar de **emitter (E)** (zie de onderstaande afbeelding). De **basis** van de transistor heeft een **grote weerstand**.



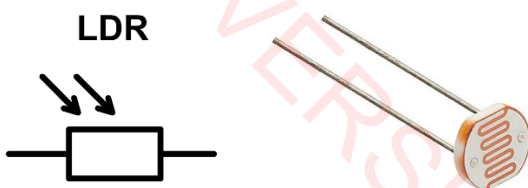
Laten we beginnen met een simpel voorbeeld om te begrijpen hoe de transistor werkt. Boven in de onderstaande schakeling zien we een handmatige **schakelaar**. Als deze **open** staat (zoals in de linker schakeling), dan komt er **geen stroom** bij de **basis (B)** binnen en als gevolg laat de transformator **geen stroom** door van de **collector (C)** naar de **emitter (E)**. Als gevolg blijft de **lamp uit**. Als we de handmatige **schakelaar indrukken** (zoals rechts te zien is), dan komt er **wel stroom** binnen bij **B** en als gevolg laat de transistor **wel stroom door** van **C** naar **E** en gaat de **lamp aan**.



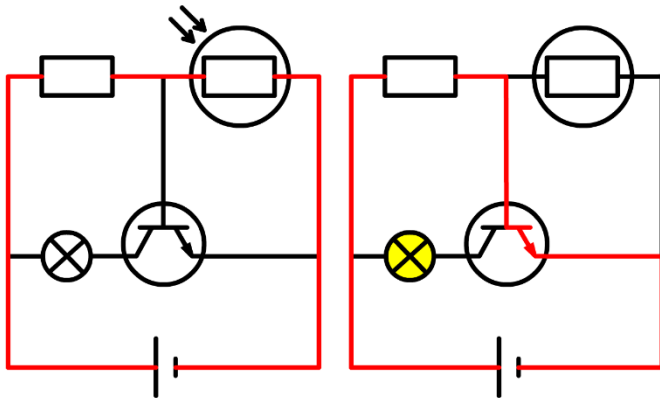
Deze schakeling doet niks bijzonders (we kunnen een lamp immers ook met alleen de handmatige schakelaar aan- en uitzetten). Maar dit gaat veranderen als we de transformator combineren met onderdelen die we in de rest van de paragraaf tegenkomen. Een van deze onderdelen is de **NTC**. De NTC is een **weerstand** waarvan de waarde afhangt van de temperatuur. Hoe **hoger** de **temperatuur**, hoe **lager** de **weerstand**. Een gerelateerd onderdeel is de **PTC**. Hier geldt: hoe **hoger** de **temperatuur**, hoe **hoger** de **weerstand**. Deze componenten worden gebruikt als **temperatuursensoren**.



Een ander onderdeel is de **LDR**. Dit is een weerstand waarvan de waarde afhangt van de lichtintensiteit die erop valt. Deze component kan bijvoorbeeld gebruikt worden als **lichtsensor**. Er geldt dat hoe **meer licht** er op de LDR valt, hoe **lager** de **weerstand** van de LDR is.

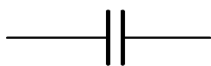


In de onderstaande schakelaar combineren we de **LDR** met de **transistor**. Deze schakeling zorgt ervoor dat een **lamp automatisch aangaat** als het **donker** wordt. De linker schakeling geeft de situatie **overdag** weer. In dat geval valt er **zonlicht** op de LDR. Als gevolg is de **weerstand** van de LDR **laag** en hierdoor loopt de meeste stroom **door de LDR** en dus **niet door de B-ingang** van de **transistor** die een **grote weerstand** heeft. Als gevolg gaat het **licht niet aan**. In de **nacht** (zie de rechter schakeling), als er **geen licht** op de LDR schijnt, dan is de **weerstand** van de LDR **hoog** en als gevolg loopt de **meeste stroom** nu wel door de **B-ingang** van de transistor en gaat de **lamp automatisch aan**.

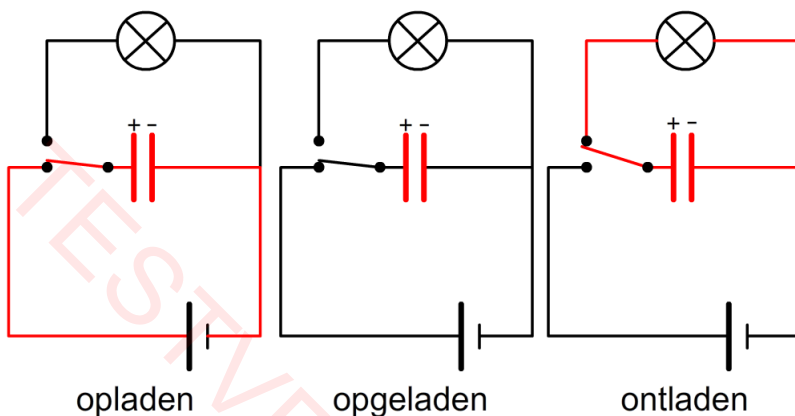


Een **condensator** is een onderdeel dat we kunnen **opladen** en **ontladen**. Een condensator bestaat uit **twee metalen plaatjes** die zich dicht naast elkaar bevinden. Het symbool ervoor zijn **twee lange strepen** (zie de onderstaande afbeelding).

condensator

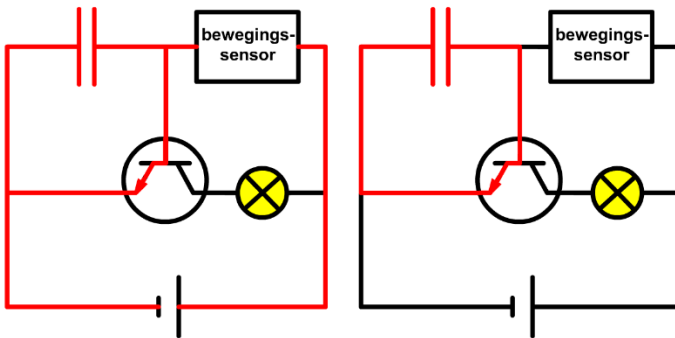


In de onderstaande linker schakeling wordt een **condensator opgeladen** met behulp van een **spanningsbron**. De linker plaat van de condensator is verbonden met de positieve pool van de spanningsbron en wordt daarom positief geladen. De rechter plaat is verbonden met de negatieve pool en wordt dus negatief geladen. Elke condensator heeft een **maximale hoeveelheid lading** dat het kan vasthouden. Als deze hoeveelheid bereikt is, dan is de condensator maximaal opgeladen en gaat er **geen stroom** meer naartoe (zie de middelste afbeelding). In de rechter afbeelding wordt een **schakeling overgehaald**, waardoor de condensator plots onderdeel wordt van een stroomkring met een **lamp**. De condensator zal nu **ontladen**, waardoor de **lamp aan gaat**. Hoelang de condensator blijft branden hangt af van de **weerstand** van de lamp. Hoe **hoger** de **weerstand**, hoe **langer** de **lamp** blijft branden.



Condensatoren hebben veel toepassingen. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt bij de **flits** van een camera. Voor deze flits is **meer energie** nodig dan de accu van een camera direct kan leveren. Daarom wordt eerst **lading verzameld** op de **condensator** en dit wordt dan in **één keer ontladen** om de flits te produceren.

Hieronder is een condensator gecombineerd met een **bewegingssensor**. Deze sensoren worden bijvoorbeeld gebruikt in tuinen. Als er beweging wordt gedetecteerd in de tuin, dan gaat de **lamp aan**. Als er **geen beweging** meer wordt gedetecteerd, dan blijft de **lamp een paar seconden branden** en daarna gaat de lamp weer uit. Hoe werkt dit. Als er **beweging** wordt gedetecteerd, dan is de **weerstand** van de bewegingssensor **laag** en gaat er een **stroom** doorheen lopen. Als gevolg gaat de transistor open (en hierdoor gaat de **lamp aan**) en wordt de **condensator opgeladen** (zie de linker afbeelding). Als er dan plots **geen beweging** meer wordt gedetecteerd, dan gaat de **weerstand** van de sensor **omhoog** en kan er **geen stroom** meer doorheen lopen. Normaalgesproken zou hierdoor de lamp meteen uitgaan, maar omdat de **condensator** nog even tijd nodig heeft om te **ontladen**, blijft de transistor open en hierdoor blijft de lamp toch nog **even branden** (zie de rechter schakeling).

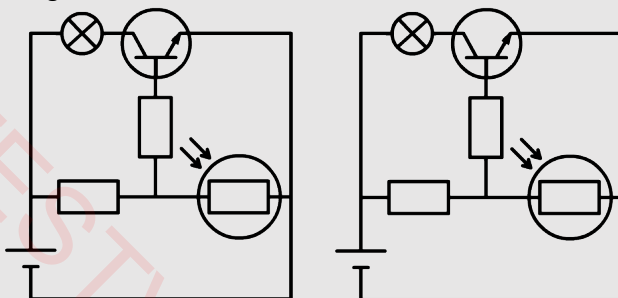


Leerdoelen:

- Zorg dat je weet dat een transistor stroom doorlaat van de collector (C) naar de emitter (E) als er stroom door de basis (B) loopt. Zorg dat je de werking van schakelingen begrijpt waarbij je een transistor combineert met een ander onderdeel.
- Zorg dat je weet dat een NTC een weerstand is waarvan de waarde afneemt bij hogere temperatuur. Bij een PTC neemt de weerstand juist toe bij hogere temperatuur. Bij een LDR neemt de weerstand af als er meer licht op dit onderdeel valt.
- Zorg dat je weet hoe een condensator opgeladen en ontladen kan worden. Zorg ook dat je weet dat een condensator langzamer leegloopt over een hogere weerstand. Je kan een condensator gebruiken als je in één keer veel energie nodig hebt (bijvoorbeeld bij een flits van een camera) of als je wilt dat een onderdeel langer aanblijft (bijvoorbeeld bij een lamp met bewegingssensor).

Opdrachten

1. In de onderstaande afbeelding is tweemaal een schakeling weergegeven waarbij een lamp automatisch aan gaat als het donker wordt.



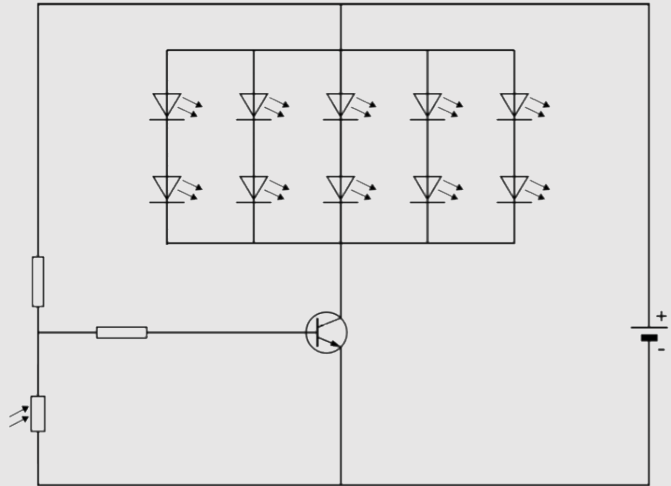
- a. (1p) Is de weerstand van de LDR hoger of lager in het donker?
- b. (1p) Teken in de linker afbeelding hoe de stroom loopt die door de linker weerstand stroomt als er licht op de LDR valt.
- c. (1p) Teken in de rechter afbeelding hoe de stroom loopt die door de linker weerstand stroomt als het donker is.
- d. (1p) Leg met behulp van de werking van de transistor uit waarom in dit geval de lamp aangaat.

2. Een lamp bestaat uit 10 identieke led (zie de rechter schakeling). In de lamp zit een lichtsensor die uit een LDR bestaat. Als het licht is, zijn de leds uitgeschakeld. Als het donker wordt, worden de leds automatisch ingeschakeld.

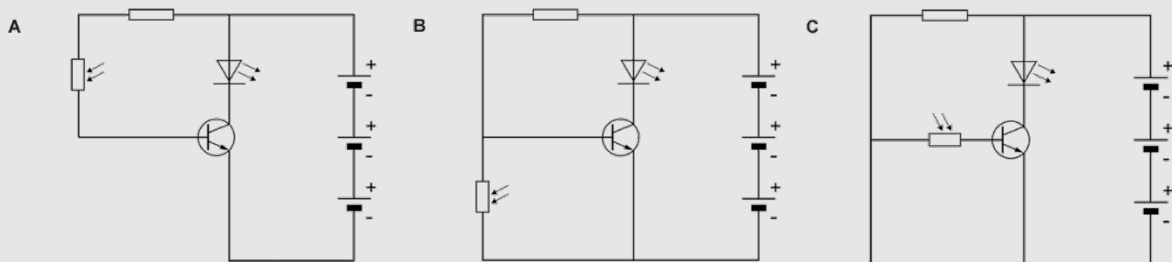
a. (4p) Als het donker wordt neemt de weerstand van de LDR **af / toe**, neemt de stroomsterkte door de LDR **af / toe**, neemt de stroomsterkte naar de basis van de transistor **af / toe** en neemt de stroomsterkte van de collector naar de emitter **af / toe**.

b. (1p) Een van de tien leds gaat kapot. Hoeveel leds geven dan licht als het donker wordt?

(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)



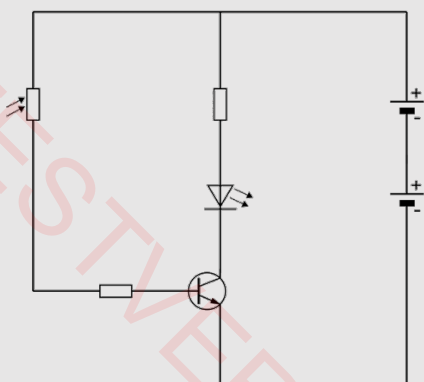
3. (2p) Tijdens een natuurkundeles bouwt een leerling een lichtgevoelige schakeling. De leerling wil de schakeling zo maken, dat de led gaat branden als de LDR een grote weerstand heeft. Welk schakelschema is hiervoor geschikt? Leg je antwoord uit.



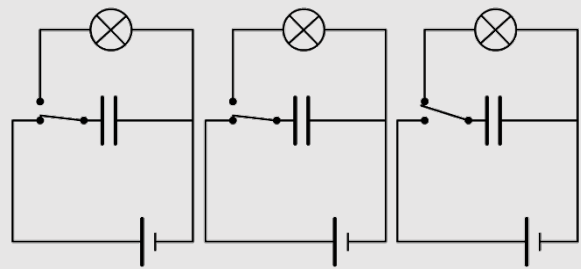
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)

4. (2p) De vloerverwarming in een huis wordt ingeschakeld met een thermostaat. In de thermostaat zit een NTC. Als de temperatuur daalt, neemt de weerstand van de NTC **af / toe** en neemt de stroomsterkte door de NTC **af / toe**.

5. (2p) Hieronder is de schakeling weergegeven van een klein led lampje dat in het donker automatisch aan zou moeten gaan. Werkt deze schakeling? Leg je antwoord uit.

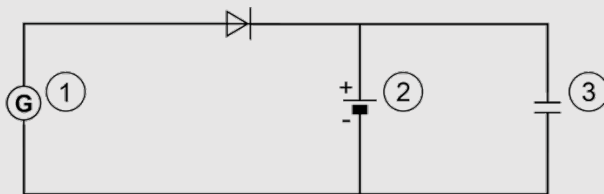


6. In de rechter afbeelding is de schakeling van een flits van een camera weergegeven. We zien eerst de schakeling tijdens het opladen, dan zien we de schakeling waarbij de condensator opgeladen is en daarna zien we de schakeling waarbij de condensator ontladen wordt.



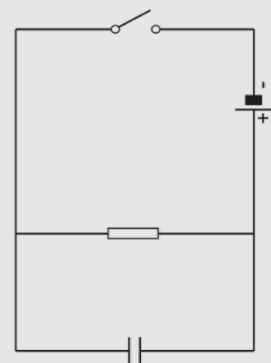
- (1p) Waarom is voor de flits een condensator nodig?
- (3p) Teken in elk van de schakelingen de stroom die door de schakeling loopt.

7. Tijdens het rijden laadt een dynamo in een auto een accu op. Hierbij wordt ook een condensator gebruikt.



- (1p) Geef aan welk van de onderdelen de dynamo is, welke de condensator en welke de accu.
- (2p) Maak elke zin compleet. De dynamo levert _____ energie aan de accu. In de accu is _____ energie opgeslagen.
- (3p) Leg uit wat de functie van de accu, de dynamo en de condensator is. Kies telkens uit:
 - Snel opslaan van elektrische energie.
 - Langdurig opslaan van elektrische energie.
 - Opwekken van elektrische energie.
 (Bron: Examen VMBO-KB, 2022-1)

8. Een leerling voert een practicum uit met een weerstand en een condensator. Je ziet een afbeelding van het schakelschema dat hij gebruikt. De leerling sluit de schakelaar. Er loopt dan een stroom naar de weerstand en de condensator. De condensator laadt op.

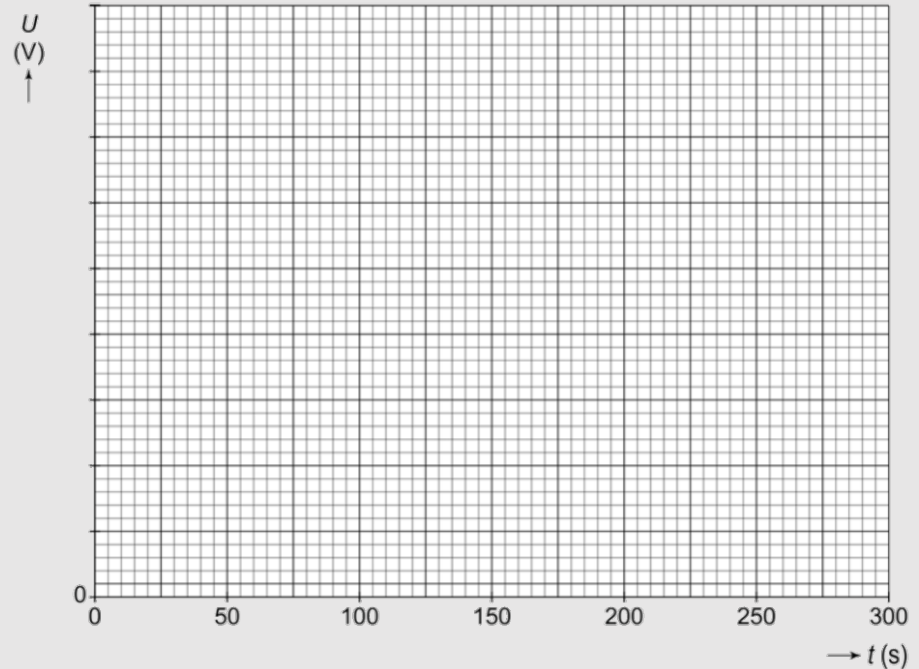


- (2p) Na het sluiten van de schakelaar is de condensator opgeladen. Wat is dan juist?
 - De stroomsterkte door de batterij is gelijk aan die door de weerstand.
 - De stroomsterkte door de batterij is groter dan die door de weerstand.
 - De stroomsterkte door de batterij is kleiner dan die door de weerstand.
 Leg je antwoord uit.
- (2p) De leerling opent de schakelaar weer. Geef in de schakeling met pijlen aan, hoe de stroom dan van de condensator via de weerstand loopt.
- De leerling meet hoe de spanning over de condensator verandert tijdens het ontladen. Teken het schakelschema inclusief de spanningsmeter.

- d. (3p) In de onderstaande tabel zijn de metingen van de leerling weergegeven:

t(s)	U(V)
0	4,5
50	2,6
100	1,4
150	0,7
200	0,3
250	0,1
300	0,0

Zet in het rechter diagram alle meetpunten uit en teken de grafiek.

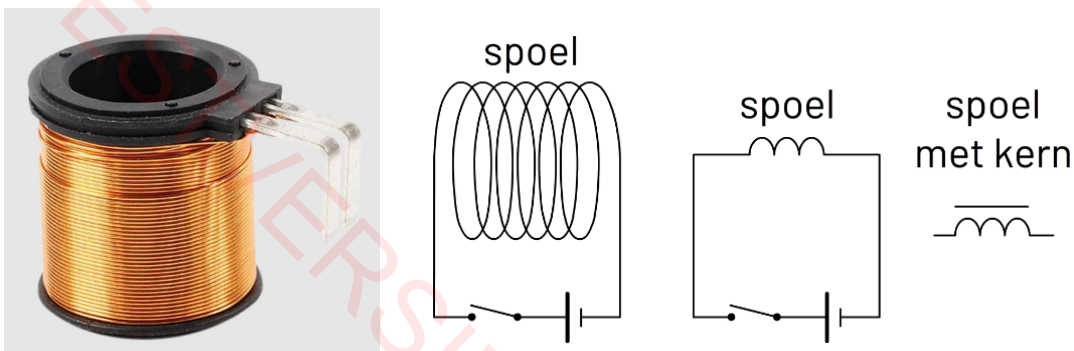


- e. (1p) Bepaal de tijd waarna de condensator nog 50% van de beginspanning heeft.
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)

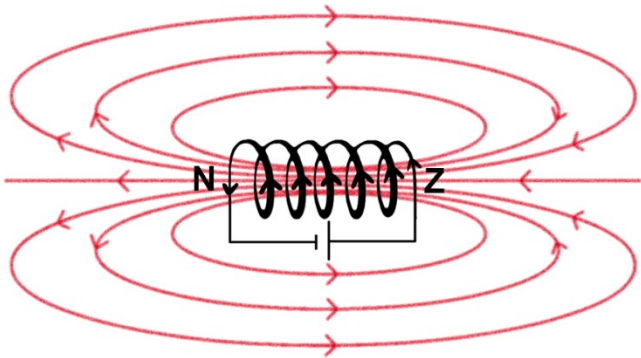
§4 De spoel

In deze paragraaf bespreken we de spoel. Hiermee kunnen we een magneetveld opwekken.

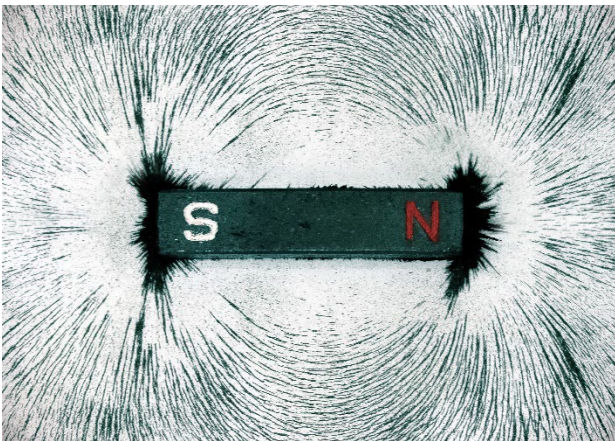
Elke **stroomvoerende draad** produceert om zich heen een **magneetveld**. Dit magneetveld kan versterkt worden door een draad heel vaak om te wikkelen tot een **spoel** (zie de onderstaande linker afbeelding). Omdat spoelen sterke magneetvelden kunnen produceren, noemen we ze ook wel **elektromagneten**. In de middelste afbeelding is de spoel opgenomen in een schakeling. Als de schakelaar wordt ingedrukt, dan verschijnt het magneetveld rondom de spoel. Als de schakelaar weer open gaat, dan verdwijnt het magneetveld weer. Rechts zien we het symbool voor een spoel en ook het symbool voor een spoel met een **weekijzeren kern**. Dit stuk ijzer in de spoel zorgt ervoor dat het magneetveld sterker wordt.



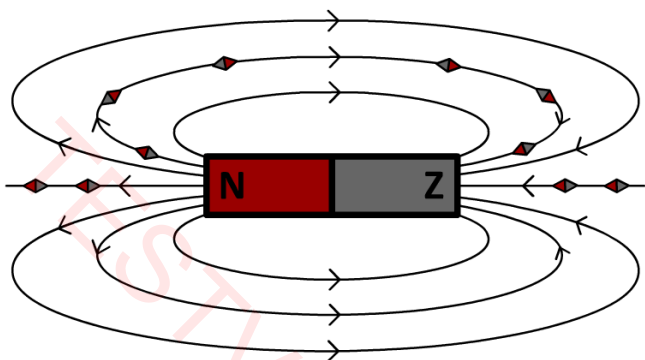
In de onderstaande afbeelding is het **magneetveld** afgebeeld dat om de spoel ontstaat. Zo'n veld wordt weergegeven met zogenaamde **veldlijnen**. Hoe **dichter** de veldlijnen bij elkaar zitten, hoe **sterker** het **veld**. De kant van de spoel waar de **veldlijnen uitsteken** noemen we de **noordpool (N)** van de elektromagneet. De kant waar de **veldlijnen insteken** noemen we de **zuidpool (Z)** van de elektromagneet. De richting van het magneetveld **keert om** als we de **stroomrichting omdraaien**. Dit gebeurt als we de **spoel omdraaien** of als we de **plus- en de minpool van de spanningsbron omdraaien**.



Een magneetveld kan zichtbaar gemaakt worden door **ijzervijlsel** (kleine stukjes ijzer) rond een magneet te strooien. Dit is te zien in de onderstaande afbeelding, waar ijzervijlsel rond een zogenaamde **permanente magneet** is gestrooid. Deze stukjes ijzer gaan zich dan gedragen als kleine **komпасjes** die in de **richting van de veldlijnen** wijzen.

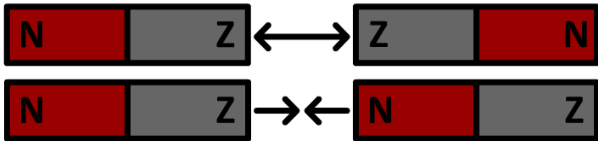


Hieronder zijn een aantal kompasjes afgebeeld rond een permanente magneet. Merk dat de **noordpool** van de **kompasnaaldjes** in alle gevallen in de **richting van de veldlijnen** wijst.

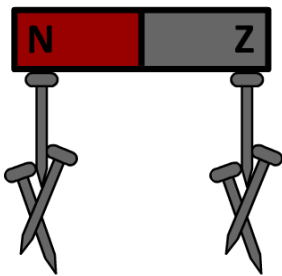


Als we een kompas niet in de buurt van een magneet houden, dan wijst het kompas automatisch richting de **Noordpool** van de **aarde**. De aarde zelf produceert namelijk ook een magneetveld. Omdat kompassen op aarde naar de Noordpool wijzen worden ze geregeld gebruikt om de weg te vinden.

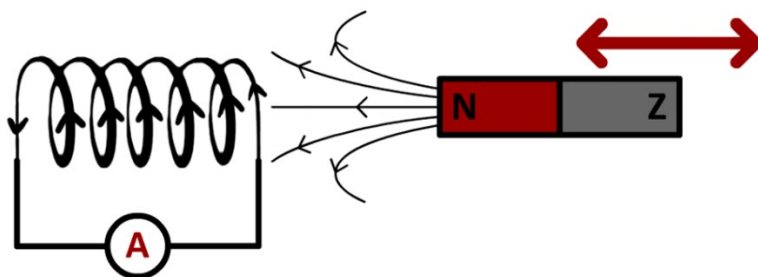
Als een elektromagneet aan staat, dan gedraagt het zich net als een "normale" **permanente magneet**. Beide soorten magneten hebben een **noordpool** en een **zuidpool**. Gelijke polen stoten elkaar af en verschillende polen trekken elkaar aan (zie de onderstaande afbeelding).



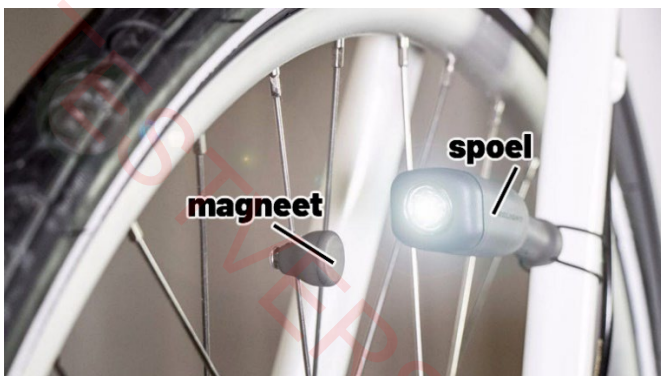
Beide soorten magneten hebben ook de eigenschap dat ze de metalen **ijzer** en **nikkel aantrekken** (zie de onderstaande afbeelding). IJzer en nikkel wordt **aangetrokken** tot **zowel de noord- als de zuidpool**. Dit komt doordat voorwerpen van ijzer en nikkel in de buurt van een magneet zelf ook tijdelijk magnetisch worden. Ook de onderstaande spijkers in de afbeeldingen worden dus kleine magneten. De spijkers kunnen als gevolg ook weer andere ijzeren spijkers aantrekken.



Als we een **magneet bewegen** in de buurt van een **spoel** of een **spoel bewegen** in de buurt van een **magneet**, dan ontstaat er een **spanning** over de spoel. Bij een gesloten stroomkring gaat er dan ook een **stroom** lopen door de spoel. We zien dit in de volgende afbeelding. Door een magneet te bewegen bij een spoel kan je een zichtbaar stroompje meten dat je met een ampèremeter kan detecteren.

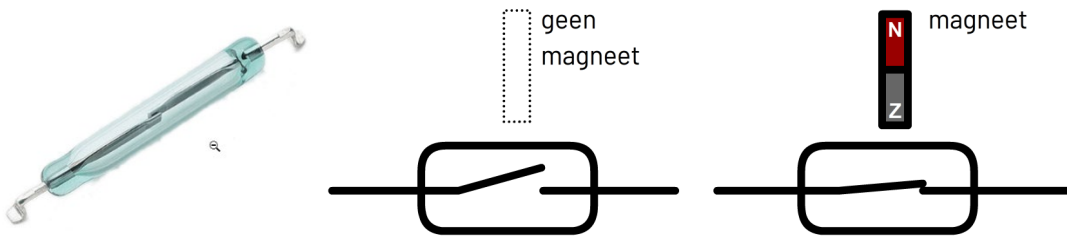


Op deze manier kan je dus **stroom opwekken**. Dit is o.a. hoe een **dynamo** werkt. Dynamo's worden soms gebruikt om fietslampen aan te drijven. Hieronder zien we een voorbeeld. Een **magneet** is aan een wiel verbonden en beweegt telkens langs een **spoel** in de dynamo. Op deze manier wordt stroom opgewekt en gaat de lamp branden.

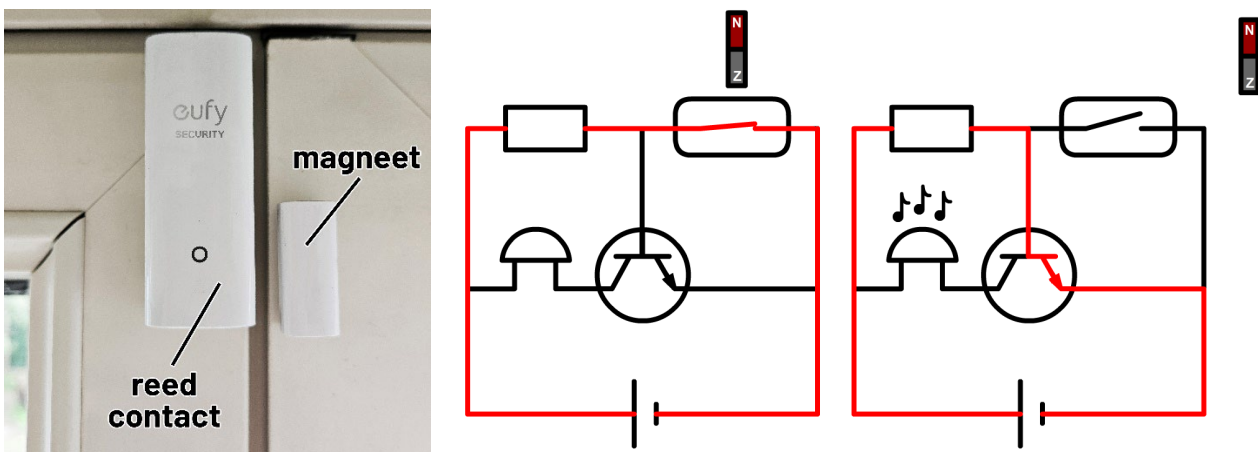


Een grote versie van een dynamo wordt een **generator** genoemd. Er zit bijvoorbeeld een generator in een **windmolen**. Wind zorgt dat de grote wieken van de windmolen gaan draaien en daarmee wordt in de generator een grote **spoel** rondgedraaid in de buurt van **magneten** (of andersom), waardoor **elektriciteit** wordt opgewerkt.

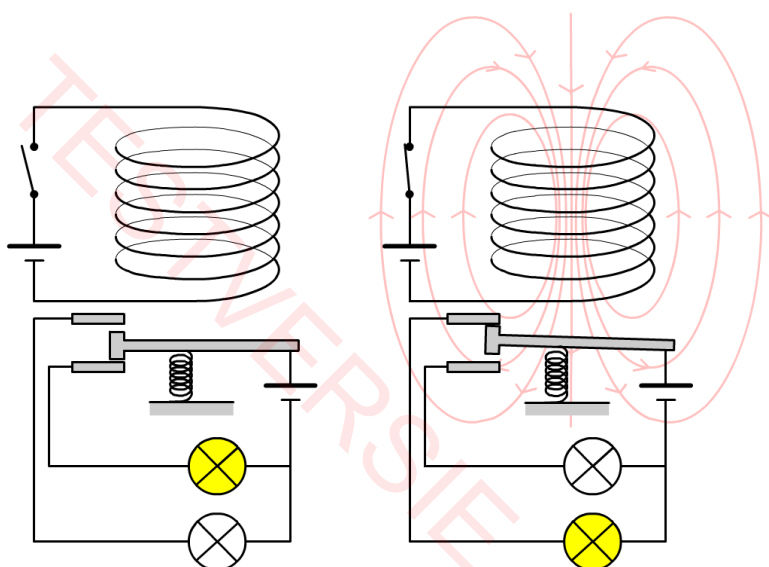
Twee andere elektrische componenten waarbij magnetisme wordt gebruikt zijn het **reedcontact** (spreek dit op z'n Engels uit als "read") en het **relais** (spreek dit op z'n Frans uit). Hieronder zien we links een foto van een reedcontact en rechts zien we de bijbehorende symbolen. Een reedcontact werkt als volgt. Het bestaat uit **twee stukjes metaal** die normaalgesproken **geen contact** maken, behalve als we een **magneet** in de buurt houden (zie de rechter afbeeldingen).



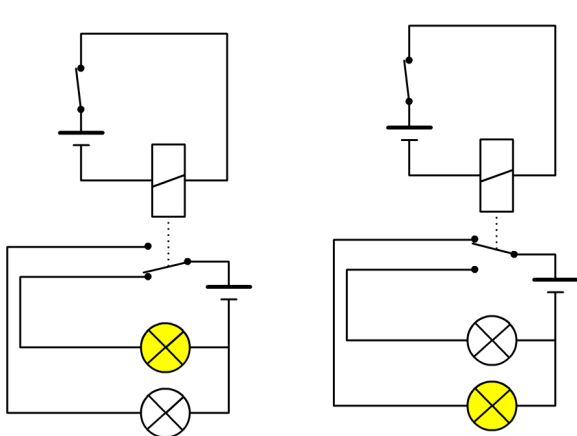
Er zit bijvoorbeeld een reedcontact in een **inbrekersalarm** die op deuren en ramen aangesloten kan worden (zie de linker onderstaande foto). Als de **deur** of het **raam opengaat**, dan beweegt de **magneet weg van het reedcontact**. Hierdoor wordt de **schakeling geopend** en gaat het **alarm af**. De bijbehorende schakeling is rechts weergegeven. Als de **magneet** bij het **reedcontact** is (en de **deur** dus **dicht** is), dan gaat de **meeste stroom door het reedcontact** en gaat de **transistor niet open**. Als de **magneet weggehaald** wordt, dan gaat er wel een **stroom** lopen door de **B-ingang** van de transistor en gaat een **zoemer** aan.



Dan hebben we nog het **relais**. Een relais is een **automatische schakelaar** die werkt met een **elektromagneet** (zie de onderstaande afbeelding). Als de handmatige schakelaar in de schakeling met de spoel **open** staat, dan wordt de **schakelaar van het relais** naar **beneden** gehouden met een veer en hierdoor gaat de **bovenste lamp branden**. Als we de handmatige schakelaar **sluiten**, dan produceert de spoel een **magneetveld**, wordt de **schakelaar van het relais omhoog getrokken** en gaat de **onderste lamp aan**.



Hieronder zijn dezelfde schakelingen met de juiste symbolen weergegeven:

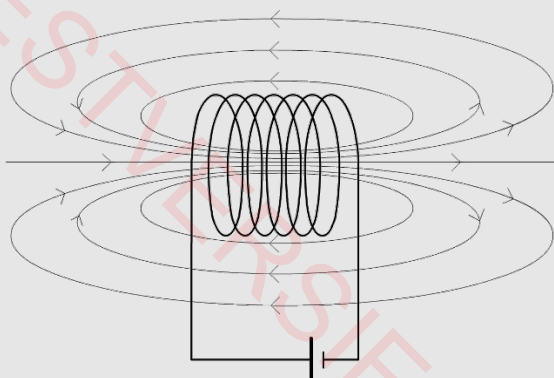


Leerdoelen:

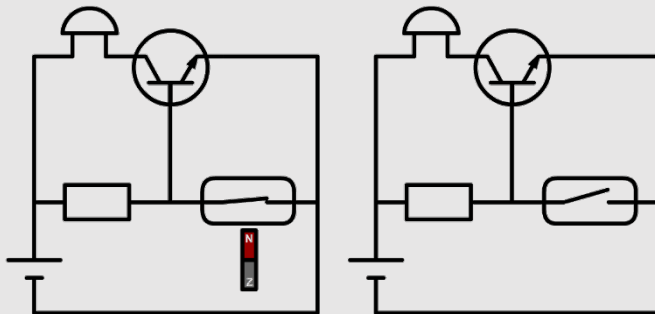
- Zorg dat je weet dat een stroomvoerende draad een magnetveld produceert en dat dit versterkt wordt als je de draad wikkelt tot een spoel, met name als de spoel een weekijzeren kern heeft. We noemen dit daarom ook een elektromagneet.
- Zorg dat je weet dat de magnetveldlijnen uit de noordkant van de elektromagneet steken en in de zuidkant van de elektromagneet steken. Zorg ook dat je weet dat ijzervijlsel en kompassen in de richting van de veldlijnen wijzen.
- Zorg dat je weet dat gelijke polen van permanente magneten of elektromagneten elkaar afstoten en dat verschillende polen elkaar aantrekken.
- Zorg dat je weet dat ijzer en nikkel worden aangetrokken door zowel de noord- als de zuidpool van magneten. Andere metalen worden niet aangetrokken.
- Zorg dat je weet dat het bewegen van een magneet in de buurt van een spoel ervoor zorgt dat er spanning en stroom wordt opgewekt in de spoel. Bij een generator en een dynamo wordt op deze manier elektriciteit opgewekt.
- Zorg dat je weet dat een reedcontact een schakelaar is die sluit als een magneet in de buurt is. Zorg ook dat je weet dat een relais een schakelaar is die met een elektromagneet aan- en uitgezet kan worden. Zorg ook dat je symbolen hiervoor kan vinden in BINAS.

Oprachten

1. (2p) Teken het symbool voor een spoel, een spoel met kern, een relais en een reedcontact.
2. (1p) Teken de N voor de noordpool en de Z voor de zuidpool op de juiste plaatsen in de onderstaande afbeelding:

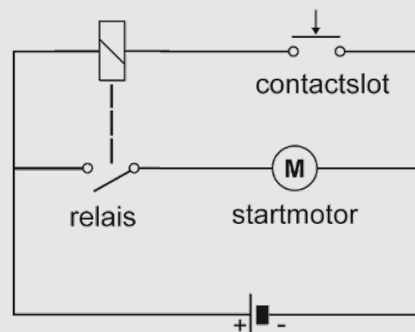


3. (1p) De noordpolen van twee magneten **stoten elkaar af / trekken elkaar aan**.
4. (1p) Wat gebeurt er als je een magneet heen en weer beweegt in de buurt van een spoel.
5. In een wijk wordt veel ingebroken. Bij de inbraken worden vaak ramen op de benedenverdieping geforceerd. Om dit te voorkomen wordt een inbrekersalarminstallatie op de ramen aangesloten. Op het raam wordt een magneet geplakt en op het raamkozijn een sensor met een reedcontact.
 - a. (1p) Beschrijf de werking van het reedcontact.
 - b. (2p) Hieronder is de bijbehorende schakeling weergegeven. Teken hoe de stroom loopt als de magneet zich in de buurt van het reedcontact bevindt. Leg ook uit of het alarm nu af gaat.



- c. (2p) Teken hoe de stroom loopt als de magneet bij het openen van het raam verwijderd wordt van het reedcontact. Leg ook uit of het alarm nu af gaat.
6. Een automotor wordt gestart met een startmotor. De startmotor is een elektromotor die zijn energie krijgt van een accu. Als de sleutel in het contactslot wordt omgedraaid, schakelt een relais de startmotor in. Je ziet hier een vereenvoudigd schakelschema. De weerstand van de startmotor is veel kleiner dan de weerstand van de spoel van het relais.

- a. Leg uit wat er gebeurt als de sleutel in het contactslot omdraait.
- b. Als de sleutel in het contactslot wordt omgedraaid, schakelt een relais de startmotor in. De spanning over de startmotor is **kleiner dan / gelijk aan / groter dan** de spanning over de spoel van het relais. De stroomsterkte door de startmotor is **kleiner dan / gelijk aan / groter dan** de stroomsterkte door de spoel van het relais.
(Bron: Examen VMBO-KB, 2022-1)

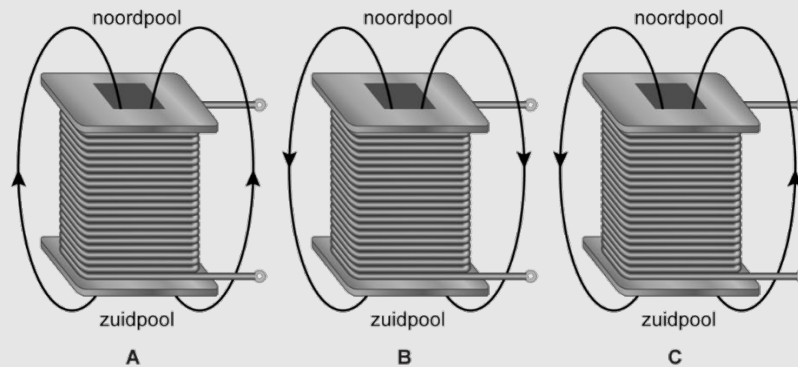


7. Een leerling hangt een metalen blokje (74 g) aan een veer en trekt dit blokje daarna naar beneden met een elektromagneet. De spoel is aangesloten op een variabele spanningsbron. Ze kan deze spanningsbron instellen op verschillende spanningen.

- a. (1p) Van welke twee materialen kan het blokje gemaakt zijn?
- b. (2p) Wat gebeurt er met het magneetveld als de spoel wordt omgedraaid? En wat gebeurt er dan moet het blokje? Wordt het nu aangetrokken of afgestoten.



- c. (1p) In de onderstaande afbeelding is de elektromagneet weergegeven met twee veldlijnen. In welke afbeeldingen zijn de veldlijnen juist getekend.

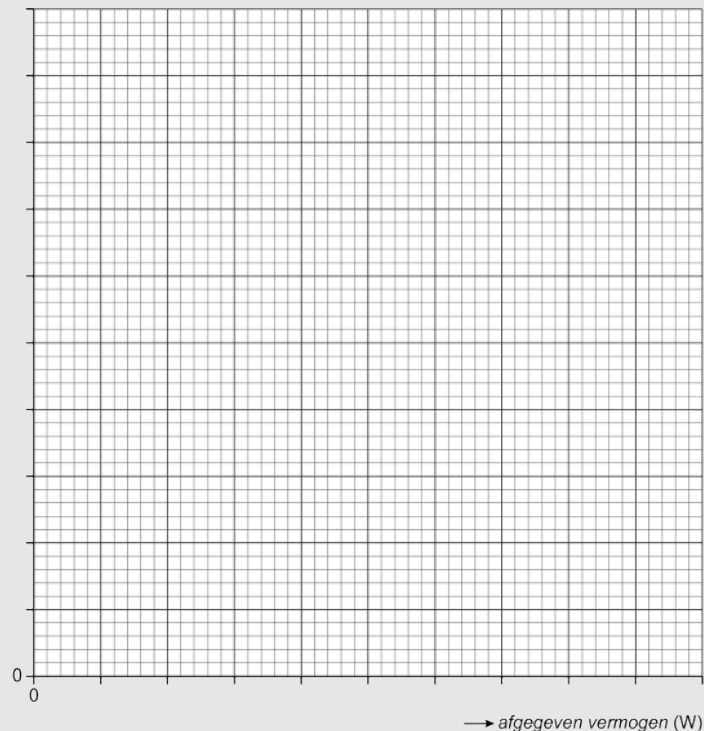


- d. (3p) De leerling meet de spanning over en de stroomsterkte door de spoel. Teken het schakelschema met stroommeter, spanningsmeter en de spoel.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)

8. Een leerling hangt een ijzeren blokje aan een newtonmeter. Onder het blokje plaats de leerling een elektromagneet. De leerling bepaalt de magnetische kracht op het blokje bij verschillende afgegeven vermogens van de spanningsbron en de magnetische kracht op het blokje. De resultaten zijn hieronder weergegeven:

Vermogen (W)	Kracht (N)
2,0	0,01
3,6	0,02
5,8	0,04
6,6	0,05
8,0	0,07

↑ magnetische kracht (N)



- a. (3p) Teken de bijbehorende grafiek in het rechter diagram.

- b. (1p) Wat is juist over het afgegeven vermogen van de spanningsbron als de magnetische kracht op het blokje twee keer zo groot wordt? Kies uit:

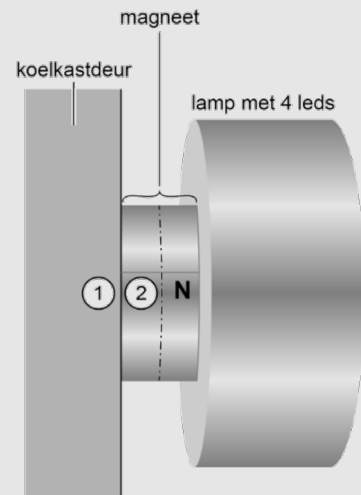
- Het afgegeven vermogen is minder dan twee keer zo groot.
- Het afgegeven vermogen is twee keer zo groot.
- Het afgegeven vermogen is meer dan twee keer zo groot.

- c. (2p) De leerling zet de spanningsbron uit. Het blokje gaat daardoor wat hoger hangen. Daarna wisselt ze de plus en de min van de spanningsbron. Wat gebeurt er nu met het blokje als de leerling de spanningsbron weer aan zet. Kies uit:

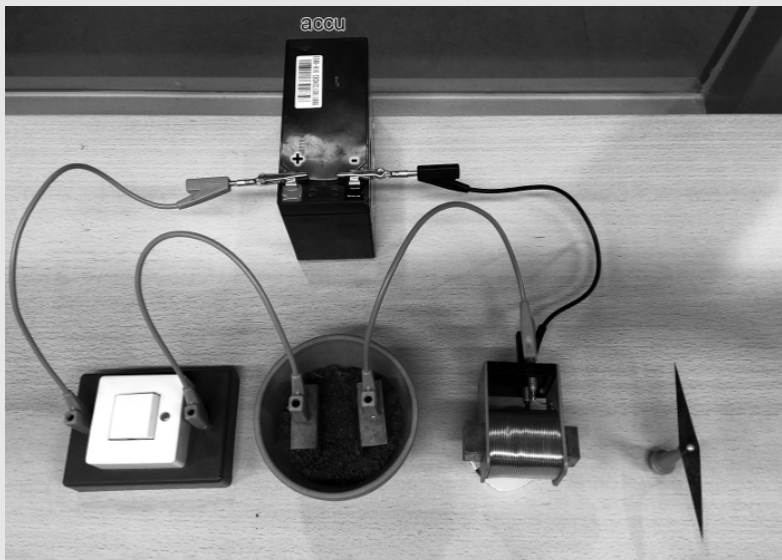
- Het blokje blijft stil hangen
 - Het blokje wordt aangetrokken
 - het blokje wordt afgestoten
- Leg je antwoord uit.

(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)

9. Een lamp bevat vier leds. Aan de achterkant van de lamp zit een magneet. De lamp wordt daarmee aan een koelkast bevestigd.
- (1p) De deur van de koelkast is van staal gemaakt. Leg uit dat de magneet hiertoe aangetrokken wordt.
 - (1p) Hiernaast is de zijkant van de lamp en de magneet te zien. De noordpool is aangegeven met de letter N. Welke magnetische pool is er bij 1 en bij 2?
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)



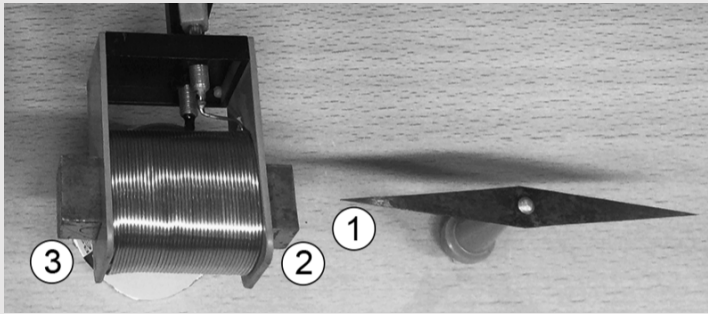
10. Een kleine windturbine levert elektrische energie aan verkeerslichten. De windturbine wekt elektrische energie op met behulp van een dynamo. Noteer de twee onderdelen in een dynamo die nodig zijn om elektrische energie op te wekken.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)
11. Een leerling gaat na of tuinaarde een geleider kan zijn voor elektrische stroom. Je ziet een afbeelding van de schakeling die hij gebruikt. Twee koperen plaatjes zijn in een pot met tuinaarde gestoken.



schakelaar pot met tuinaarde spoel met kern kompasnaald

- (1p) De koperen plaatjes raken de bodem van de pot. Waarom is het belangrijk dat de pot niet van metaal is gemaakt?
- (2p) Teken het schakelschema. Voeg een accu, een schakelaar en een spoel met kern toe. Gebruik voor de pot met tuinaarde een rechthoek met het woord "tuinaarde" erin.
- (1p) De schakelaar staat open. De leerling zet een kompasnaald op een voet naast de spoel. De leerling geeft de kompasnaald een zetje. De naald draait een paar keer rond en blijft dan in een stand stilstaan. Geeft hij de naald weer een zetje, dan komt deze weer in dezelfde stand tot stilstand. Waarom gaat de kompasnaald in deze stand staan?
- (2p) De leerling drukt de schakelaar in. De stand van de kompasnaald verandert hierdoor niet. Dan giet de leerling een beetje kraanwater op de droge tuinaarde. Op een gegeven moment draait een punt van de kompasnaald naar het uiteinde van de spoel. Het toevoegen van kraanwater heeft gevolgen voor de weerstand van en de stroomsterkte door de tuinaarde. De weerstand wordt hierdoor **groter / kleiner**. De stroomsterkte wordt hierdoor **groter / kleiner**.
- (1p) Leg uit waarom de kompasnaald in een andere stand gaat staan.

- f. Het uiteinde van de kompasnaald (1) is een noordpool. Geef aan wat punt 2 en 3 zijn.

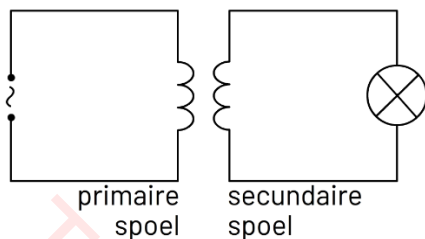


- g. (3p) De leerling wil de kompasnaald de andere kant op laten wijzen. Hij wisselt daarvoor de aansluitsnoeren bij de accu om en bekijkt het gevolg. Hij zet de snoeren weer terug. Deze handelingen herhaalt hij bij de andere drie onderdelen. Geef bij elk van de onderdelen aan of het omdraaien van het onderdeel zorgt dat de kompasnaald van richting verandert. Doe dit voor de accu, de koperen plaatjes in de aarde, de schakelaar en de spoel.
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)

§5 De transformator

In deze paragraaf introduceren we de transformator. Hiermee kunnen we spanning verhogen of verlagen.

Nu we begrijpen dat een spoel een magneetveld kan opwekken, kunnen we ook de **transformator** begrijpen. Een transformator werkt door **twee spoelen** naast elkaar te plaatsen (zie de onderstaande schakeling). In de onderstaande schakeling zien we dat de linker spoel, de **primaire spoel**, verbonden is aan een **wisselspanning**. Dit is een spanningsbron waarbij de **stroomrichting** telkens **omwisselt**. Hierdoor ontstaat een **wisselend magneetveld** in de spoel. Het wisselende magneetveld wordt opgevangen door de rechter spoel, de zogenaamde **secundaire spoel**, en als gevolg hiervan gaat er een **stroom** lopen door deze spoel. In de onderstaande schakeling gaat hierdoor de lamp branden.



Er gaat dus een **stroom** lopen in de rechter schakeling, terwijl deze schakeling helemaal **geen spanningsbron** heeft en de schakelingen **niet fysiek aan elkaar vast zitten**. Hier wordt goed gebruik van gemaakt bij bijvoorbeeld het opladen van een **elektrische tandenborstel**. In de oplader bevindt zich een spoel en in de bodem van de tandenborstel ook. Omdat de elektrische tandenborstel vaak **nat** wordt, wil je **voorkomen** dat de **bedrading in aanraking** komt met **water**. Gelukkig kunnen we met een transformator de tandenborstel en de oplader **helemaal afsluiten met plastic** (zie de rechter afbeelding). Het magneetveld gaat namelijk **dwars door het plastic heen** en zo wordt de tandenborstel veilig opgeladen.



Een transformator kan ook gebruikt worden om de **spanning te verhogen** of te **verlagen**. We noemen dit het **transformeren** van de spanning. Een **generator** in een elektriciteitscentrale produceert bijvoorbeeld vaak een spanning rond de **10 kV**. Als we deze stroom willen transporteren over grote **afstanden**, bijvoorbeeld via **hoogspanningskabels** (zie de onderstaande linker afbeelding), dan wordt de spanning eerst **omhoog getransformeerd** naar **400 kV**. Deze hoge spanning zorgt namelijk voor een **lager energieverlies** in deze kabels. In een stad wordt de spanning weer **omlaag getransformeerd** naar **10 kV** in zogenaamde **verdeelstations**. De draden gaan dan **onder de grond** verder richting zogenaamde **transformatorhuisjes** (zie de rechter afbeelding). In deze huisjes wordt de spanning omlaag getransformeerd naar **230 V** en deze spanning komt aan bij de huizen.



(Afbeelding: A. J. van der Wal; CC BY-SA 4.0)

Deze 230 V is vaak nog **te hoog** voor een hoop apparaten die we in huis gebruiken. Denk bijvoorbeeld aan je laptop of je telefoon. In dat geval gebruik je een **adapter** die de spanning nogmaals **omlaag transformeert** (zie de onderstaande afbeelding). Voor een laptop is dit bijvoorbeeld vaak rond de 20 V.



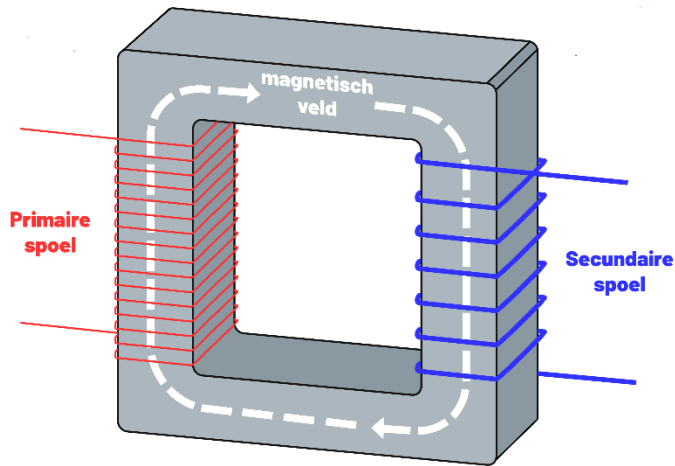
(Afbeelding: Evan-Amos; PD)

Maar hoe werkt het transformeren eigenlijk? Door het **aantal windingen** van de spoelen te variëren, kunnen we de **spanning** van de **secundaire spoel aanpassen**. Als het **aantal windingen** van de secundaire spoel bijvoorbeeld **twee keer zo groot** is als het aantal windingen van de primaire spoel, dan wordt de **spanning** over de secundaire spoel ook **twee keer zo groot**. In formuletaal kunnen we dit als volgt samenvatten:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

Aantal windingen van primaire spoel (N_p)	-
Aantal windingen van secundaire spoel (N_s)	-
Spanning over de primaire spoel (U_p)	volt (V)
Spanning over de secundaire spoel (U_s)	volt (V)

"p" staat hier voor de **primaire spoel** en "s" voor de **secundaire spoel**. De "N" staat voor het **aantal windingen** van de spoelen en de "U" voor de **spanning** over de spoelen.



(Afbeelding: BillC, CC BY-SA 3.0)

Een transformator die (zo goed als) geen energie verliest noemen we een **ideale transformator**. Hiervoor geldt:

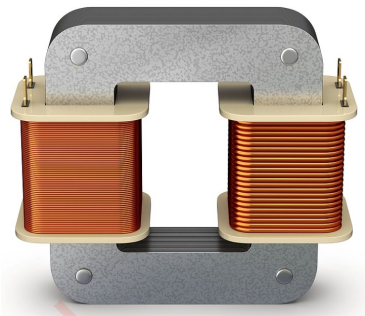
$$P_p = P_s \quad (\text{ideaal})$$

Dit kunnen we met de formule $P = UI$ uitschrijven tot:

$$U_p I_p = U_s I_s \quad (\text{ideaal})$$

Aan deze formule zien we o.a. dat als de **spanning** over de **primaire spoel groter** is, dat dan de **stroomsterkte** over de **secundaire spoel groter** is (en andersom).

We kunnen het rendement van een transformator vergroten door een zogenaamde **weekijzeren kern** in de spoelen te plaatsen (zie de onderstaande afbeelding). Het ijzer zorgt ervoor dat het magneetveld beter aankomt bij de secundaire spoel.



Het laatste onderdeel dat we in deze paragraaf bespreken is de **diode** (zie de onderstaande afbeelding). Een diode is een onderdeel dat **stroom** alleen in **één richting** doorlaat. Het symbool voor een diode is hieronder weergegeven en lijkt een beetje op een pijltje. Stroom kan alleen worden doorgelaten in de **richting** van dit **pijltje**. In de opdrachten gaan we zien dat we met een diode **wisselspanning** kunnen **omzetten** naar **gelijkspanning**. Veel apparaten, zoals **laptops** en **telefoons**, hebben **gelijkspanning** nodig om te kunnen functioneren. Hier worden dus diodes voor gebruikt.

Er bestaan ook **lichtgevende diodes**. Dit worden ook wel **leds** genoemd. Leds hebben het voordeel dat de een veel hoger rendement hebben dan bijvoorbeeld gloeilampen. Het nadeel is dat ze stroom maar in één richting doorlaten. Als je de led verkeerd om aansluit, dan brandt hij niet.

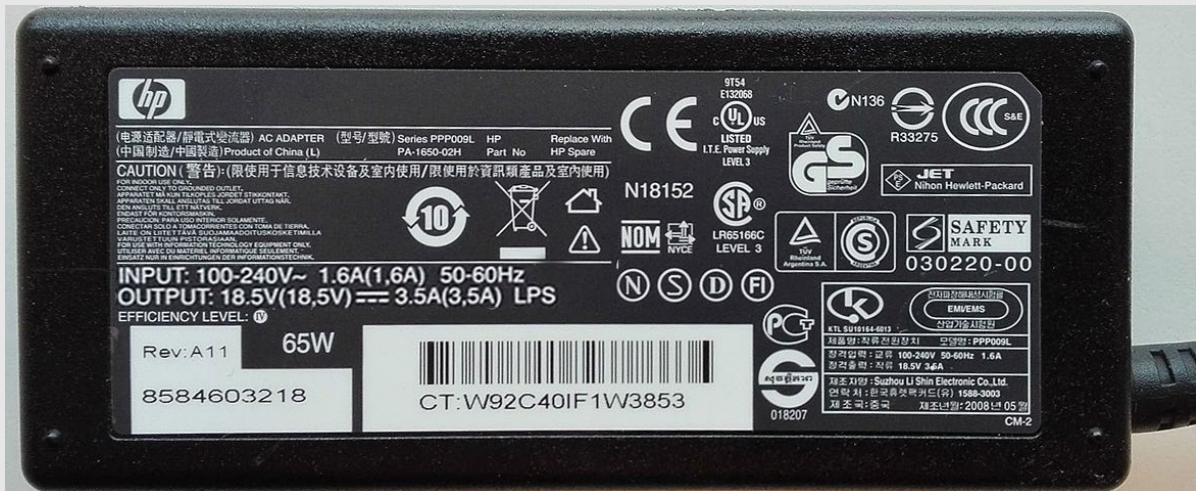


Diode

LED

Vraag:

Hieronder is een laptopadapter afgebeeld die is aangesloten op de netspanning. Geef de primaire en de secundaire spanning over de spoelen in de adapter. Gebruik hiervoor de informatie in de afbeelding.



Antwoord:

De **netspanning** is in Nederland altijd **230 V**. Dit is de **spanning** over de **primaire spoel**. In de afbeelding zien we dat de "output" van de adapter **18,5 V** is. Dit is de **spanning** over de **secundaire spoel**. Er geldt dus:

$$U_p = 230 \text{ V}$$

$$U_s = 18,5 \text{ V}$$

Vraag:

De primaire spoel heeft 398 windingen. Hoeveel windingen heeft de secundaire spoel.

Antwoord:

Eerst noteren we de gegevens:

$$U_p = 230 \text{ V}$$

$$U_s = 18,5 \text{ V}$$

$$N_p = 398 \text{ windingen}$$

Nu vullen we de formule in:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{U_p}{U_s}$$

$$\frac{398}{N_s} = \frac{230}{18,5}$$

De rechterkant van de vergelijking kunnen we al uitrekenen:

$$\frac{398}{N_s} = 12,4$$

Deze formule kunnen we omschrijven:

$$N_s = \frac{398}{12,4} = 32 \text{ windingen}$$

De secundaire spoel heeft dus 32 windingen.

Vraag:

Het vermogen over de primaire spoel is 72 W. Bereken met behulp van de bovenstaande foto het rendement over de adapter.

Antwoord:

De adapter heeft volgens de afbeelding een nuttig vermogen van 65 W. Het totale vermogen is 72 W:

$$P_{\text{nuttig}} = 65 \text{ W}$$

$$P_{\text{tot}} = 72 \text{ W}$$

Het rendement wordt hiermee:

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{tot}}}$$

$$\eta = \frac{65}{72} = 0,90$$

Het rendement is dus $0,90 \times 100 = 90\%$.

Leerdoelen:

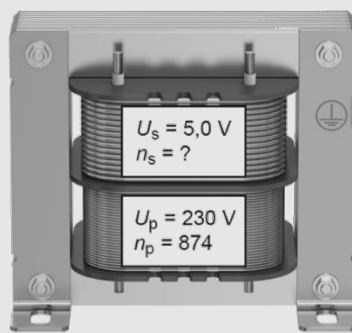
- Zorg dat je weet dat je met een transformator spanning omhoog en omlaag kan transformeren aan de hand van het aantal windingen van de primaire en de secundaire spoel. Je kan dit berekenen met de formule $N_p/N_s = U_p/U_s$.
- Zorg dat je weet dat bij een ideale transformator geldt dat $P_p = P_s$ en $U_p I_p = U_s I_s$. Dit gaat uit van een rendement van 100%. In de praktijk hebben transformatoren natuurlijk wel energieverlies.
- Zorg dat je weet dat als de spanning over de primaire spoel groter is, dat dan de stroomsterkte over de secundaire spoel groter is (en andersom).
- Zorg dat je weet dat een diode stroom alleen in de richting van het "pijlje" doorlaat en dat diodes gebruikt worden om wisselspanning om te zetten in gelijkspanning. Een lichtgevende diode noemen we een LED.

Opdrachten

1. Een elektrische geurverspreider is via een adapter op de netspanning aangesloten. De secundaire spoel van de transformator levert een spanning van 12 V. De primaire spoel heeft 1150 windingen.
 - a. (2p) Bereken het aantal windingen van de secundaire spoel.
 - b. (3p) De stroomsterkte door de secundaire spoel is 80 mA. Bereken hiermee de stroomsterkte door de primaire spoel. Ga ervan uit dat de transformator ideaal is.
 - c. (1p) In de adapter zit een elektronica onderdeel dat stroom maar in één richting doorlaat. Wat is de naam van dat onderdeel
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
2. Voor het opladen van de accu van een tablet wordt een USB-lader gebruikt. In de lader zit een transformator. Ga ervan uit dat de transformator ideaal is. De transformator is aangesloten op een netspanning van 230 V.



een tablet aan de lader



schematische weergave van de transformator

- a. (2p) Het opgenomen vermogen is 14,5 W. Bereken de stroomsterkte door de primaire spoel.
- b. (2p) De transformator verlaagt de spanning naar 5,0 V. Bereken het aantal windingen van de secundaire spoel. Gebruik de gegevens in de afbeelding.
- c. (2p) Wat is juist over de stroomsterkte door de secundaire spoel?
 - Die is gelijk aan de stroomsterkte door de primaire spoel.
 - Die is groter dan de stroomsterkte door de primaire spoel.
 - Die is kleiner dan de stroomsterkte door de primaire spoel.Leg je antwoord uit.
- d. (1p) De spanning van de secundaire spoel is niet meteen geschikt voor het opladen van een accu. Daarom zit in de lader een elektronica-component die stroom in één richting doorlaat. Welke elektronica-component is dit?

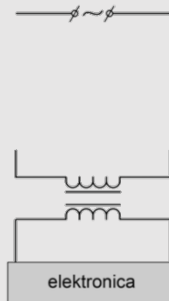
e. (1p) De transformator in de lader blijkt niet ideaal te zijn. Wat is juist voor een niet-ideale transformator?

- Het secundaire vermogen is even groot als het primaire vermogen.
- Het secundaire vermogen is groter dan het primaire vermogen.
- Het secundaire vermogen is kleiner dan het primaire vermogen.

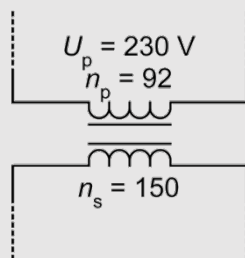
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)

3. In de thuislader van een elektrische auto zit een transformator. Op het display van de thuislader kun je de spanning over en de stroomsterkte door de primaire spoel aflezen.

a. Maak het bovenste deel van het onderstaande schakelschema compleet met spanningsmeter en stroommeter.



b. (3p) In de onderstaande afbeelding is een deel van het schakelschema van de transformator in de thuislader weergegeven. De secundaire stroomsterkte is 16 A. Bereken het secundaire vermogen. Ga er bij deze berekening van uit dat de transformator ideaal is. Bereken hiervoor eerst de secundaire spanning van de transformator.



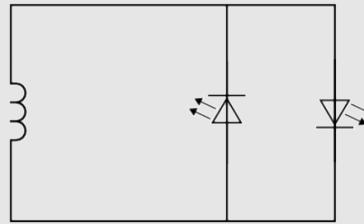
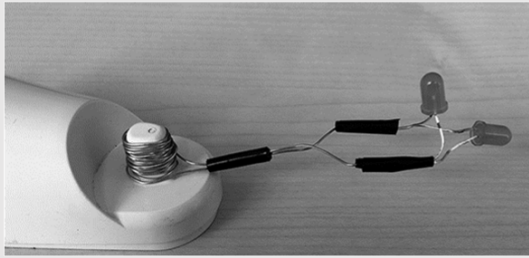
c. (1p) De secundaire spoel in de thuislader levert wisselspanning. De thuislader levert gelijkspanning aan de accu van de auto. Daarom zit er in de lader een elektronica-component die stroom in één richting doorlaat. Welke elektronica-component laat stroom in één richting door?

d. (2p) De transformator blijkt warm te worden. Welke conclusie over het rendement van de transformator is dan juist?

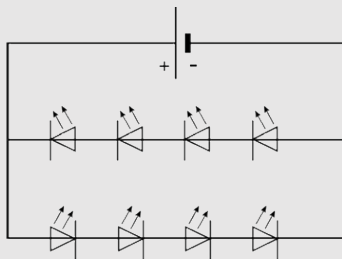
- Het rendement is gelijk aan 100%.
- Het rendement is groter dan 100%.
- Het rendement is kleiner dan 100%.

(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)

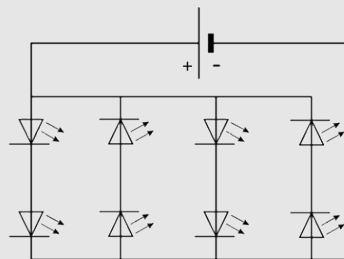
4. Een leerling maakt zelf een spoel door geïsoleerd koperdraad om de basis van de oplader van een elektrische tandenborstel te wikkelen. Deze spoel verbindt hij met twee leds.



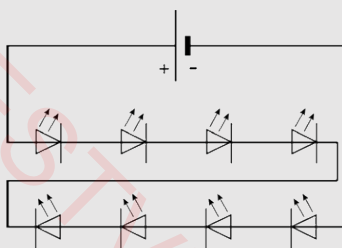
- (1p) De koperdraad van een spoel is geïsoleerd om **kortsluiting / overbelasting** te voorkomen.
 - (2p) De zelfgemaakte spoel heeft 18 windingen. Bereken het aantal windingen van de primaire spoel in de oplader. Ga er hier van uit dat de transformator ideaal is. De secundaire spoel heeft een spanning van 1,2 V en een stroomsterkte van 4,5 mA.
 - (3p) De leerling leest op een energiemeter een (primair) vermogen van 0,8 W af. Laat met een berekening zien of hun transformator ideaal is. Noteer je conclusie.
(Bron: Examen VMBO-T, 2018-2)
5. (3p) Een leerling doet onderzoek naar een weerstandsdraad. De leerling vergeet regelmatig de schakelaar uit te zetten als hij even niet met de weerstand werkt. De weerstand verbruikt hierdoor onnodig elektriciteit en kan ook erg warm worden. Om dit te voorkomen soldeert de leerling een led parallel over de weerstandsdraad. Om ervoor te zorgen dat de led niet doorbrandt wordt ook een extra weerstand in serie met de led aangesloten. De led brandt als het circuit gesloten is. Teken de bijbehorende schakeling. Let op de richting van de led.
6. Hieronder zijn vier schakelingen weergegeven met telkens 12 leds:



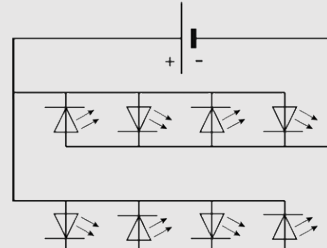
A



B



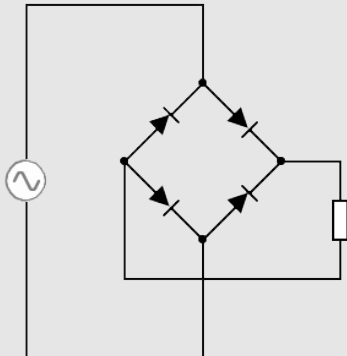
C



D

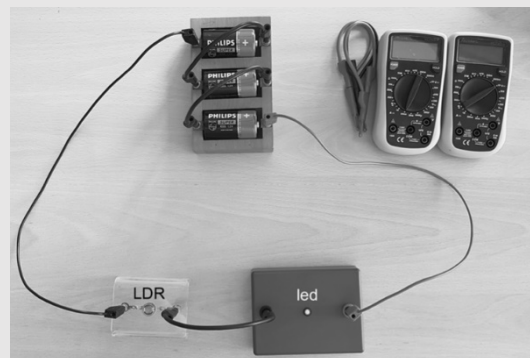
- (4p) Omcirkel de leds die branden.
- (2p) De leerling schakelt alle leds nu in de correcte richting. Over de spanningsbron staat een spanning van 12 V en de leds branden ideaal op een spanning van 1,5 V. Bereken welk van de schakelingen hiervoor correct geschakeld is.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-3)

7. (3p) In de onderstaande afbeelding is een zogenaamde gelijkrichter afgebeeld, bestaande uit vier diodes. Een gelijkrichter zet wisselspanning om in gelijkspanning. Deze schakeling wordt bijvoorbeeld gebruikt als je een laptop aansluit op het stopcontact. Het stopcontact is een wisselspanningsbron, terwijl een laptop gelijkspanning nodig heeft.



Leg met behulp van de afbeelding uit hoe wisselspanning (links) wordt omgezet in gelijkspanning (rechts).

8. (2p) Een zaklampje bevat twee leds en een batterij van 3,6 V. Elke led werkt op een spanning van 3,6 V. Maak het schakelschema compleet met de twee leds.
9. Tijdens een natuurkundeles bouwt een leerling een lichtgevoelige schakeling. Ze schakelt drie batterijen van elk 1,5 V in serie met een led en een LDR. Je ziet een afbeelding van haar opstelling.
- (3p) De leerling meet vervolgens de spanning over de led en de stroomsterkte door de led. Teken het schakelschema, inclusief drie batterijen, LDR, spanningsmeter, stroommeter en LED.
 - (4p) De leerling dekt de LDR af met haar vinger. Als de LDR wordt afgedekt neemt de weerstand van de LDR **af / toe**, neemt de totale weerstand **af / toe**, neemt de spanning over de LDR **af / toe** en neemt de spanning over de led **af / toe**.
 - (1p) De leerling haalt haar vinger van de LDR en sluit de led andersom aan. Welke stroomsterkte geeft de stroommeter dan aan? (Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)



BINAS tabellen die je dit hoofdstuk nodig hebt

BINAS tabel

7-12	Formules
14	Symbolen elektrische schakelingen

Hoofdstuk 5

Energie

§1 Soorten energie

In dit hoofdstuk gaan we leren de beweging van voorwerpen te beschrijven met behulp van het begrip energie. In de eerste paragraaf introduceren we een aantal soorten energie en de bijbehorende formules en gaan we het hebben over energieomzettingen.

Als we een stukje willen rennen, dan hebben we daar energie voor nodig. Als een vliegtuig opstijgt, dan is daar energie voor nodig. Als een lamp licht geeft, dan verbruikt deze lamp energie. Energie is overal om ons heen. Maar wat is energie eigenlijk? Als we zeggen dat een voorwerp **energie** heeft, dan kan dit drie dingen betekenen. Ten eerste, als een voorwerp **beweegt**, dan zeggen we dat het voorwerp **bewegingsenergie** (E_{bew}) heeft. De hoeveelheid bewegingsenergie die een bewegend voorwerp heeft, kunnen we berekenen met de volgende formule:

$$E_{bew} = \frac{1}{2}mv^2$$

Bewegingsenergie (E_{bew})	joule (J)
Massa (m)	kilogram (kg)
Snelheid (v)	meter per seconde (m/s)

Voor alle formules in deze paragraaf geldt dat je de grootheden moet invullen in **SI-eenheden**. De massa in deze formule wil je altijd in **kilogram** geven en de snelheid in **meter per seconde**. De SI-eenheid van de energie is de **joule**.

Voorbeeld

Vraag:

Een leerling fietst met een bewegingsenergie van $1,0 \times 10^4$ J. De leerling heeft samen met de fiets een massa van 90 kg. Bereken de snelheid waarmee de leerling fietst.

Antwoord:

Eerst noteren we de gegevens:

$$E_{bew} = 1,0 \times 10^4 \text{ J}$$

$$m = 90 \text{ kg}$$

We gebruiken de formule voor de bewegingsenergie:

$$E_{bew} = \frac{1}{2}mv^2$$

Nu vullen we de gegevens zo veel mogelijk in:

$$1,0 \times 10^4 = \frac{1}{2} \times 90 \times v^2$$

Door $1/2 \times 90$ uit te rekenen vinden we:

$$1,0 \times 10^4 = 45 \times v^2$$

Dit schrijven we om tot:

$$v^2 = \frac{1,0 \times 10^4}{45} = 222,22$$

Door aan beide kanten de wortel te trekken vinden we de snelheid:

$$v = \sqrt{222,22} = 14,9 \text{ m/s}$$

Ten tweede heeft een voorwerp energie als het de **potentie** heeft zichzelf of een ander voorwerp in **beweging** te brengen. Een voorbeeld is de **zwaarte-energie**. Als je een zwaar voorwerp optilt, dan voel je dat het weer naar beneden wil. Dit is de zwaarte-energie. Elk voorwerp dat zich op een bepaalde **hoogte** bevindt, heeft dus **zwaarte-energie**. De hoeveelheid zwaarte-energie berekenen we als volgt:

$$E_z = mgh$$

Zwaarte-energie (E_z)	joule (J)
Massa (m)	kilogram (kg)
Valversnelling (g)	meter per seconde per seconde (m/s^2)
Hoogte (h)	meter (m)

Een ander voorbeeld is de veerenergie of de elastische energie. Als je een **veer** of een **elastiek uitrekt**, dan voel je dat deze voorwerpen terug willen naar hun evenwichtspositie. We zeggen dan dat deze voorwerpen **veerenergie** of **elastische energie** bevatten.

Ten derde kan door **wrijvingskracht** de energiesoort **warmte (Q)** ontstaan. Dat wrijving voor warmte zorgt kan je o.a. ervaren door je handen hard tegen elkaar aan te wrijven. We zien hetzelfde effect in de rechter foto die is gemaakt met een infraroodcamera. We zien hier dat de grond is opgewarmd door het remmen van een fiets.

Er zijn nog vele andere soorten energie. Zo hebben we bijvoorbeeld **chemische energie (E_{ch})**. Dit is de energie die is opgeslagen in de bindingen tussen atomen. Een bekend voorbeeld is de energie die in **brandstoffen** als benzine is opgeslagen. Chemische energie zit ook in bijvoorbeeld **voedsel** en **batterijen**.



Daarnaast hebben we ook nog bijvoorbeeld **elektrische energie (E_{elek})**, **stralingsenergie ($E_{straling}$)** en **kernenergie (E_{kern})**. Met stralingsenergie bedoelen we de energie in **licht**. We voelen deze energie bijvoorbeeld als we in de zon lopen. Met kernenergie bedoelen we de energie die vrijkomt als **atoomkernen splijten** of **fuseren** (meer hierover in het hoofdstuk "Radioactiviteit").

De verschillende soorten energie kunnen in elkaar worden **omgezet**. Neem bijvoorbeeld de **verbranding van voedsel** in het lichaam. Hier wordt de **chemische energie** uit voedsel omgezet in **bewegingsenergie** en **warmte**. Deze energieomzetting schrijven we als volgt op:

$$E_{ch} \rightarrow E_{kin} + Q$$

Nog een voorbeeld. Als we een **lampje** aansluiten op een **batterij**, dan wordt in de batterij **chemische energie** omgezet in **elektrische energie** en **warmte**. In de lamp wordt deze elektrische energie op zijn beurt weer omgezet in **stralingsenergie** en **warmte**. Deze energieomzettingen schrijven we als volgt op:

$$E_{ch} \rightarrow E_{elek} + Q$$

$$E_{elek} \rightarrow E_{straling} + Q$$

Leerdoelen:

- Zorg dat je energieomzettingen kan beschrijven met o.a. bewegingsenergie, zwaarte-energie, warmte, veerenergie, elastische energie, chemische energie, elektrische energie, stralingsenergie en kernenergie.
- Zorg dat je kan rekenen met bewegingsenergie ($E_{bew} = 1/2mv^2$) en de zwaarte-energie ($E_z = mgh$). Noteer bij deze formules alle waarden in SI-eenheden.

Opdrachten

1. (4p) Hieronder zien we een luchtballon, zonnecellen, een föhn en een dynamo afgebeeld. Beschrijf de energieomzettingen die hier plaatsvinden.



(Afbeelding: Pujanak; PD / Bidgee; CC BY-SA 3.0 / Batholith; PD / Celeda; CC BY-SA 4.0)

2. (2p) In welke twee energiesoorten wordt de chemische energie in voedsel omgezet?
3. (1p) Een kogel valt van de toren van Pisa. Welke energieomzetting vindt er tijdens het vallen plaats?
4. (2p) Een bal wordt verticaal afgeschoten met behulp van een veer. Welke energieomzettingen vinden plaats vanaf het begin van de beweging totdat de bal zijn hoogste punt bereikt heeft?
5. (1p) Welke energiesoort is er in een accu opgeslagen?
6. (2p) Een leerling maakt met een batterij en een koperdraad een gesloten stroomkring. De draad wordt hierdoor erg warm. Geef de energieomzetting in de batterij en de energie omzetting in de draad.
7. (1p) Welke energie-omzetting vindt plaats bij het opladen van een accu?
8. (2p) Een sporter met een massa van 60 kg komt bij hoogspringen met een snelheid van 9,0 m/s op een mat. Bereken de bewegingsenergie.
9. (3p) Een metalen balletje van 50 gram wordt weggeschoten met een snelheid van 5,0 m/s. Bereken de bewegingsenergie waarmee het balletje wordt weggeschoten.
10. (2p) Om koeien automatisch van water te voorzien wordt slootwater 2,0 meter omhoog gepompt richting een waterbak. Bereken de minimale hoeveelheid energie die nodig is om 80 kg water in de bak te pompen.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)
11. (4p) Een appel met een massa van 120 gram valt uit een boom van een hoogte van 3,0 meter. Bereken de zwaarte-energie aan het begin en aan het eind van de beweging.
12. (3p) Een auto heeft een massa van $3,0 \times 10^4$ kg en rijdt met een constante snelheid van 100 km/h. Bereken de bewegingsenergie van de auto.

13. De cheeta is het snelste landdier ter wereld. Een cheeta met een massa van 45 kg versnelt vanuit stilstand.
- (2p) Bij het wegrennen is sprake van een energieomzetting. Noteer de energiesoort(en) voor en na de energieomzetting.
 - (2p) Bereken de bewegingsenergie van de cheeta bij een snelheid van 30 m/s.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)
14. (3p) Een zware plaat met een massa van 1800 kg wordt opgetild met een hijskraan. Daarbij neemt de zwaarte-energie met 432 kJ toe. Bereken de hoogte waarover de plaat is opgetild.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)
15. (2p) Met een heftruck wordt een pakket met een massa van 600 kg opgetild. Tijdens het optillen is de zwaarte-energie van het pakket toegenomen met 14 000 J. Bereken over welke hoogte het pakket is opgetild.
(Bron: Examen VMBO-T, 2022-2)
16. (2p) Een bowlingbal heeft een bewegingsenergie van 40 J en een massa van 5,0 kg. Bereken de snelheid van de bowlingbal.
17. (2p) Een achtbaantrein versnelt bij een afdaling. De bewegingsenergie stijgt hierdoor van 200 kJ naar 800 kJ. Is de snelheid hierdoor twee keer of vier keer zo groot geworden? Leg je antwoord uit.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
18. Meteoroiden zijn objecten die met grote snelheid door de ruimte bewegen. Een bepaalde meteoroïde beweegt door de ruimte met een snelheid van $1,0 \times 10^4$ m/s. De bewegingsenergie van deze meteoroïde is 1000 MJ.
- (3p) Bereken de massa van deze meteoroïde.
 - (1p) Als de meteoroïde dichterbij de aarde komt, wordt de bewegingsrichting van de meteoroïde beïnvloed door een kracht. De meteoroïde beweegt door deze kracht richting de aarde. Noteer de naam van deze kracht.
 - (2p) De meteoroïde beweegt door de dampkring en komt steeds dichterbij de aarde. Door luchtwrijving stijgt de temperatuur, waardoor delen van de meteoroïde verbranden of verdampen. De massa neemt hierdoor af. De verandering van de hoogte en de massa hebben invloed op de zwaarte-energie van de meteoroïde. Als de hoogte van de meteoroïde afneemt, dan neemt de zwaarte-energie **toe / af**. Als de massa van de meteoroïde afneemt, dan neemt de zwaarte-energie **toe / af**.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)

TESTVERSIE

§2 Energiebehoud

In deze paragraaf bouwen we voort op de soorten energie die we in de vorige paragraaf tegen zijn gekomen. We gaan het begrip energiebehoud gebruiken om met deze soorten energie te rekenen.

Zoals we hebben gelezen kunnen we energie omzetten van de ene naar de andere soort, maar de **totale hoeveelheid energie** blijft altijd **gelijk**. We noemen dit de **wet van behoud van energie**. In wiskundige termen kunnen we deze wet opschrijven als:

$$E_{tot,b} = E_{tot,e}$$

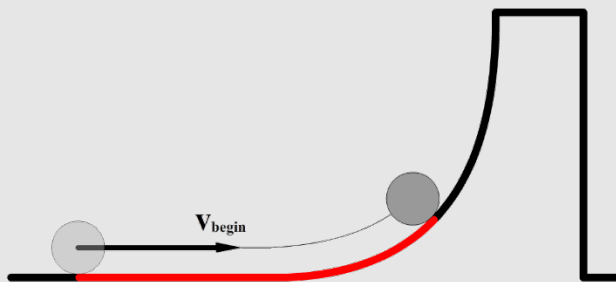
Totale energie aan het begin ($E_{tot,b}$)	joule (J)
Totale energie aan het eind ($E_{tot,e}$)	joule (J)

In de onderstaande voorbeelden gaan we deze wet toepassen.

✂ Voorbeeld

Opdracht:

Een bal wordt met een beginsnelheid van 3 m/s tegen een helling opgerold. Bereken de hoogte die de bal bereikt. Verwaarloos hierbij de wrijvingskracht.



Antwoord:

Aan het **begin** heeft de bal **bewegingsenergie**, want de bal heeft aan het begin een **snelheid**. Op zijn **hoogste punt** heeft de bal **geen bewegingsenergie** meer, want de bal staat hier een moment **stil**. De bal heeft hier wel **zwaarte-energie**. Omdat wrijvingskrachten te verwaarlozen zijn, is het niet nodig rekening te houden met de warmte die tijdens de beweging ontstaat. Er geldt dus:

$$E_{tot,b} = E_{tot,e}$$

$$E_{bew} = E_z$$

Dit kunnen we uitschrijven tot:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

Omdat alle termen een "m" bevatten, kunnen we deze **wegdelen**. De vergelijking wordt hiermee:

$$\frac{1}{2}v^2 = gh$$

Nu vullen we de vergelijking zoveel mogelijk in:

$$\frac{1}{2}1,0 \times 3^2 = 10 \times h$$

$$4,5 = 10 \times h$$

Als we aan beide kanten delen door 10, dan vinden we:

$$h = 4,5/10 = 0,45 \text{ m}$$

De bal bereikt dus een hoogte van 0,45 m, oftewel 45 cm.

✂ Voorbeeld

Opdracht:

Een bal met een massa van 1,0 kg wordt met een snelheid van 5 m/s tegen een helling opgerold. Op een hoogte van 10 cm staat de bal even stil. Bereken hoeveel energie is omgezet in warmte.

Antwoord:

De situatie lijkt op het vorige voorbeeld. Het enige verschil is dat de wrijvingskracht niet meer te verwaarlozen is. Dit betekent dat er tijdens de beweging **warmte** is ontstaan. Warmte noteren we altijd aan de rechterkant van de energievergelijking. Er geldt dus:

$$E_{tot,b} = E_{tot,e}$$

$$E_{bew} = E_z + Q$$

Dit kunnen we uitschrijven tot:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh + Q$$

Omdat de laatste term geen "m" bevat, kunnen we deze niet wegdelen.

Nu vullen we de gegevens zo veel mogelijk in:

$$\frac{1}{2}1,0 \times 5^2 = 1,0 \times 10 \times 0,10 + Q$$

De eerste twee termen kunnen we al uitrekenen:

$$12,5 = 1,0 + Q$$

Als we aan beide kanten 1,0 van de vergelijking afhalen, dan vinden we:

$$Q = 12,5 - 1,0 = 11,5 \text{ J}$$

✂ Voorbeeld

Opdracht:

Een kanonskogel met onbekende massa wordt onder een willekeurige hoek afgeschoten van de top van een kasteel op een hoogte van 30 m. De beginsnelheid van de kogel is 20 m/s. Bereken de snelheid waarmee de kogel tegen de grond komt. We verwaarlozen de wrijvingskracht.

Antwoord:

Op het moment dat de kogel wordt afgeschoten heeft de kogel zowel bewegingsenergie als zwaarte-energie. Als de kogel neerkomt, is er geen zwaarte-energie meer. Er geldt dus:

$$E_{tot,b} = E_{tot,e}$$

$$E_{kin,b} + E_{z,b} = E_{kin,e}$$

We kunnen deze vergelijking uitschrijven tot:

$$\frac{1}{2}mv_b^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_e^2$$

Alle termen in deze vergelijking bevatten een **m**, dus kunnen we deze **wegdelen**:

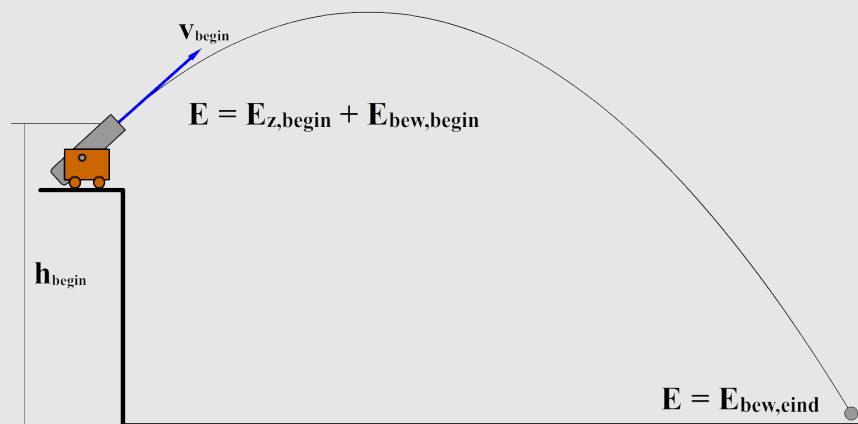
$$\frac{1}{2}v_b^2 + gh = \frac{1}{2}v_e^2$$

Laten we nu de gegevens zo veel mogelijk invullen:

$$\frac{1}{2} \times 20^2 + 10 \times 30 = \frac{1}{2}v_e^2$$

De linkerkzijde kunnen we alvast uitrekenen:

$$500 = \frac{1}{2}v_e^2$$



De 1/2 aan de rechterzijde kunnen we wegstrepen door beide kanten van de vergelijking met 2 te vermenigvuldigen:

$$1000 = v_e^2$$

Als we nu aan beide kanten de wortel trekken, dan vinden we de eindsnelheid:

$$v_e = \sqrt{1000} = 32 \text{ m/s}$$

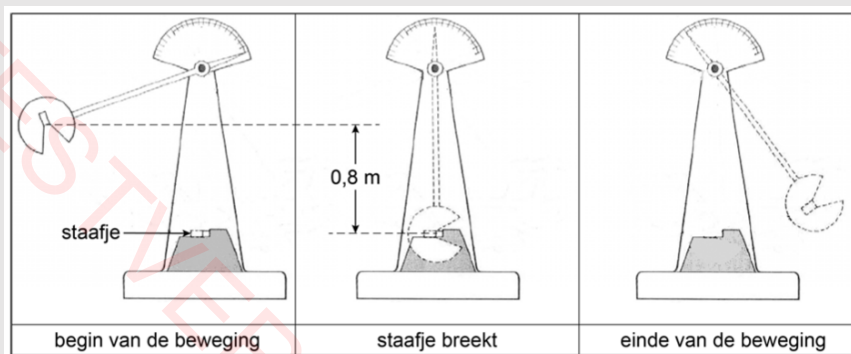
Merk op hoe krachtig deze methode is! Met energiebehoud kunnen we de eindsnelheid van de kogel berekenen, zonder de massa van de kogel te weten of de hoek waaronder de kogel is afgeschoten.

Leerdoelen:

- Zorg dat je energiebehoudvergelijkingen kan opstellen, de formules voor de kinetische energie en de zwaarte-energie hieraan kan toevoegen en dan de vergelijking kan oplossen.
- Zorg dat je weet dat je de massa kan wegstrepen als de massa in elke term van de vergelijking voorkomt.
- Zorg dat je weet dat je warmte aan de rechterzijde van de energiebehoudvergelijking schrijft als wrijvingskrachten niet te verwaarlozen zijn.

Oprachten

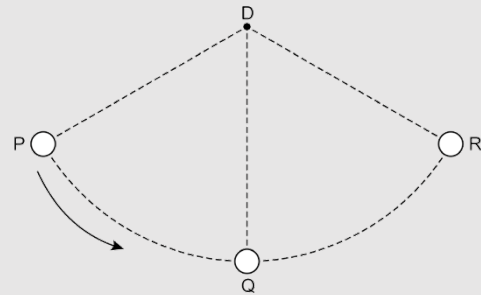
1. Beschrijf in de volgende situaties de energieomzetting:
 - a. (1p) Een kogel wordt vanuit stilstand over een horizontaal oppervlak afgeschoten met behulp van een veer. De kogel verlaat de veer met een bepaalde snelheid. De wrijvingskracht is te verwaarlozen.
 - b. (1p) Een bal rolt met een beginsnelheid een helling op. Na een tijdje behaalt de bal zijn hoogste punt. De wrijvingskracht mag worden verwaarloosd.
 - c. (1p) Een bal wordt vanuit stilstand omhoog geschoten met behulp van drie veren. Na een bepaalde tijd bereikt de bal zijn hoogste punt.
 - d. (1p) Een blok wordt boven een grote veer losgelaten. Door de zwaartekracht van het blok drukt de veer in. Op een gegeven moment is de veer maximaal ingedrukt. De wrijvingskracht is te verwaarlozen.
 - e. (1p) Een bal wordt van een helling afgerold met een snelheid van 30 m/s. Even later is de snelheid toegenomen.
2. Met een valtoestel kan je meten hoeveel energie nodig is om een voorwerp te breken (zie de onderstaande afbeelding). Een leerling gebruikt het apparaat voor het breken van een staafje.



De leerling plaatst het staafje in het valtoestel en tilt het valgewicht 0,80 m omhoog. De massa van het valgewicht is 5,0 kg.

- (2p) Bereken de toename van de zwaarte-energie bij het optillen.
- (2p) De leerling laat het valgewicht los. Bereken de snelheid waarmee het valgewicht het staafje raakt. Neem aan dat alle zwaarte-energie wordt omgezet in bewegingsenergie.
- (1p) Het staafje breekt en het valgewicht zwaait door. Leg hiermee uit dat het staafje niet alle bewegingsenergie van het valgewicht heeft opgenomen.
- (2p) Na de botsing heeft het valgewicht nog 30% van de oorspronkelijke zwaarte-energie over. Hoeveel energie was er nodig om dit staafje te breken?
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-1)

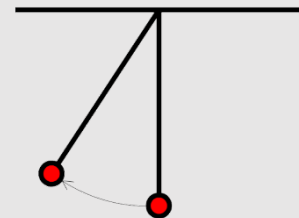
3. Een kogel aan een touw met een massa van 15 kg wordt heen en weer geslingerd (zie de rechter afbeelding). De kogel wordt eerst uit zijn evenwichtsstand gehaald. De zwaarte-energie van de kogel neemt hierdoor 90 J toe.



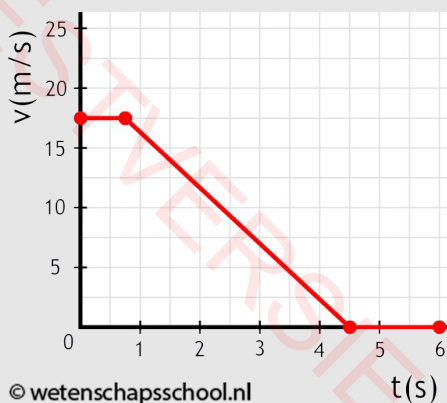
- (2p) Bereken de toename van de hoogte van de kogel bij het optillen.
- (2p) Welke energie-omzetting vindt plaats net na het loslaten van de kogel?
- (2p) Bereken de maximale snelheid van de kogel.
(Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)

- (4p) Een baksteen valt van een hoogte van 10 meter naar beneden. De wrijvingskracht is te verwaarlozen. Bereken de snelheid waarmee de steen tegen de grond komt.
- (4p) Een bal met een massa van 350 gram rolt vanuit stilstand van een helling met een lengte van 10 meter en een hoogte van 6,4 m. De snelheid van de bal aan het eind van de helling is 10 m/s. Bereken de hoeveelheid energie die is omgezet in warmte.

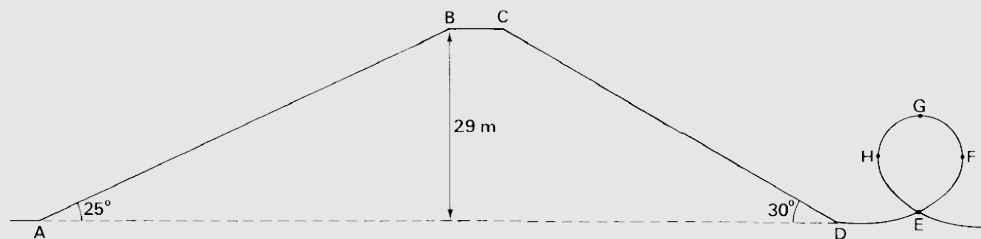
6. (4p) Een persoon heeft een slinger aan een statief gemonteerd. De slinger bestaat uit een koord met daaraan een massa. De massa wordt uit zijn evenwichtsstand getrokken, totdat de hoogte 5,0 cm is toegenomen (zie de rechter afbeelding). Bereken de maximumsnelheid die de massa zal ondervinden bij het heen en weer slingeren. Je mag de wrijvingskracht verwaarlozen.



- (4p) Een persoon gooit een honkbal met een snelheid van 45 km/h weg. Hij laat de honkbal los op een hoogte van 1,80 meter. Bereken de snelheid waarmee de honkbal tegen de grond komt. Verwaarloos de wrijvingskracht.
- (4p) Hieronder zien we het (v,t)-diagram van een remmende motorfiets. De motorfiets met passagier heeft een totale massa van 270 kg. Laat met behulp van het diagram zien dat de warmte die tijdens het remmen ontstaan is gelijk is aan $4,1 \times 10^4$ J.



9. (4p) In de onderstaande afbeelding is een deel van een achtbaan schematisch afgebeeld. Deze figuur is niet op schaal afgebeeld. Een karretje wordt eerst met een motor omhooggetrokken over pad AB tot een hoogte van 29 m. Het karretje daalt daarna met een verwaarloosbare beginsnelheid af van punt C naar punt D. Punt G bevindt zich 15 meter boven punt D. Ga na met welke snelheid punt G bereikt wordt. Verwaarloos de wrijvingskracht.



(bron: examen VWO 1990-2)

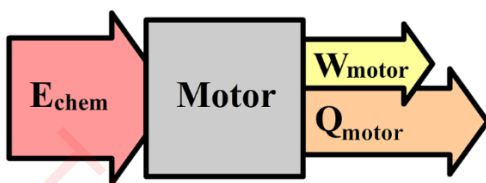
§3 Chemische energie

In de eerste paragraaf hebben we het even gehad over chemische energie. Dit is de energie die is opgeslagen in de bindingen tussen atomen. Een bekend voorbeeld is de energie in brandstoffen zoals benzine. In deze paragraaf gaan we met deze energie leren rekenen.

In verbrandingsmotoren wordt de **chemische energie** in brandstof gebruikt om **arbeid (W)** te verrichten (over dit begrip later meer). Deze arbeid kan bijvoorbeeld gebruikt worden om een auto in beweging te brengen (in dat geval zorgt de arbeid voor een omzetting van chemische energie naar bewegingsenergie) of je gebruikt een motor bijvoorbeeld om iets op te tillen (in dat geval wordt de chemische energie omgezet in zwaarte-energie). Niet alle chemische energie in de motor zal echter nuttig gebruikt worden. Er gaat namelijk ook veel energie verloren in de vorm van **warmte (Q_{motor})**. Er geldt dus:

$$E_{ch} = W_m + Q_m$$

We kunnen dit in het volgende **energie-stroomdiagram** weergeven:



De **fractie** van de **energie** of van het **vermogen** dat **nuttig** gebruikt wordt noemen we het **rendement**:

$$\frac{E_{nuttig}}{E_{totaal}} = \eta \quad \frac{P_{nuttig}}{P_{totaal}} = \eta$$

Nuttige energie (E _{nuttig})	joule (J)
Totale energie (E _{totaal})	joule (J)
Nuttig vermogen (W _{nuttig})	watt (W)
Totaal vermogen (W _{totaal})	watt (W)
Rendement (η)	-

Het rendement is in deze formule een getal tussen de **0** en de **1**. Het rendement wordt ook vaak uitgedrukt als **percentage**. In dat geval moet het rendement uit de formule **vermenigvuldigd** worden met **100**. Als $\eta = 0,20$, dan is het rendement dus **20%**. Als $\eta = 0,02$, dan is het rendement dus **2%**.

De chemische energie berekenen we met de **verbrandingswarmte**. De verbrandingswarmte vertelt ons hoeveel **joule** aan **chemische energie** er in een **kubieke centimeter** of **gram** van een bepaalde brandstof zit. **Benzine** heeft bijvoorbeeld een verbrandingswarmte van **33 000 J/cm³**, **aardgas** heeft een verbrandingswarmte van **32 J/cm³** en **hout** heeft een verbrandingswarmte van **16 000 J/g**. Al deze waarden zijn in BINAS te vinden.

Voorbeeld

Vraag:

Een auto verbruikt tijdens een rit 200 mL benzine. Bereken hoeveel energie de auto verbruikt heeft.

Antwoord:

De **verbrandingswarmte** van benzine is **33 000 J/cm³**. Om hiermee te rekenen, moeten we eerst het gegeven volume van 200 mL omrekenen in kubieke centimeter. Dit is gemakkelijk, omdat mL en cm³ gelijk aan elkaar zijn:

$$V = 200 \text{ mL} = 200 \text{ cm}^3$$

Met een **verhoudingstabel** berekenen we nu de energie in 200 cm³ benzine:

33 000 J	6 600 000 J
1 cm ³	200 cm ³

Er zit dus 6 600 000 J in 200 mL benzine.

Voorbeeld

Opdracht:

Een verbrandingsmotor levert 10×10^7 J aan nuttige energie en heeft een rendement van 30%. Bereken hoeveel liter benzine hiervoor moet worden verbrand. Bereken hiervoor eerst de totale hoeveel chemische energie die verbruikt is.

Antwoord:

Laten we eerst de gegevens opschrijven:

$$E_{\text{nuttig}} = 10 \times 10^7 \text{ J}$$

$$\eta = 30 / 100 = 0,30$$

$$\text{verbrandingswarmte} = 33\,000 \text{ J/cm}^3 \text{ (BINAS)}$$

Nu gebruiken we de formule voor het rendement:

$$\frac{E_{\text{nuttig}}}{E_{\text{totaal}}} = \eta$$

Nu schrijven we deze formule om, zodat we de **totale energie** uit kunnen rekenen:

$$E_{\text{tot}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{\eta}$$

De totale energie is in dit voorbeeld gelijk aan de chemische energie in de benzine. Er geldt dus:

$$E_{\text{ch}} = \frac{E_{\text{nuttig}}}{\eta}$$

$$E_{\text{ch}} = \frac{10 \times 10^7}{0,30} = 333333333 \text{ J}$$

Met een **verhoudingstabel** berekenen we nu het volume benzine:

33 000 J	333333333 J
1 cm ³	10101 cm ³

Er wordt dus 10101 cm³ benzine verbruikt. Dit komt overeen met 10101 / 1000 = **10 L**

Leerdoelen:

- Zorg dat je kan rekenen met het rendement met behulp van de formules $\eta = E_{\text{nuttig}}/E_{\text{tot}}$ en $\eta = P_{\text{nuttig}}/P_{\text{tot}}$.
- Zorg dat je met de verbrandingswarmte in J/cm³ en J/g kan uitrekenen hoeveel joule aan energie er in een brandstof zit. Je kan de verbrandingswarmte voor een aantal brandstoffen vinden in BINAS.

Opdrachten

1. (1p) Beschrijf de energieomzetting van de verbranding van benzine in de motor van een auto.
2. (4p) Een tractor verbrandt tijdens een rit 250 mL aan benzine. Bereken hoeveel chemische energie de tractor verbruikt heeft in MJ.
3. (3p) De massa van buskruit in een vuurpijl is 30 g. De verbrandingswarmte van buskruit is 2,9 MJ/kg. Bereken de energie die vrijkomt als al het buskruit verbrandt in kJ.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)
4. (4p) Met een gasstel wordt water aan de kook gebracht. Hiervoor is 334 kJ energie nodig. Bereken het volume aan propaangas in L dat hiervoor minimaal nodig is.
(Bron: Examen VMBO-T, 2018-1)
5. Bij een vaartocht is 50 L benzine verbrand.
 - a. (3p) Toon met een berekening aan dat bij deze verbranding $1,65 \times 10^9$ J energie is omgezet.
 - b. (2p) Bij de vaartocht is $2,97 \times 10^8$ J van de totaal omgezette energie nuttig gebruikt. Bereken het rendement van de boot bij deze tocht.
(Bron: Examen VMBO-T, 2018-2)
6. (4p) Een automotor verbruikt $3,0 \times 10^4$ J aan nuttige energie. De auto heeft een rendement van 40%. Bereken hoeveel milliliter benzine de auto verbrandt. Bereken hiervoor eerst de hoeveelheid chemische energie in de benzine die verbruikt is.
7. (5p) In een dieselmotor met een rendement van 33% wordt 0,50 L dieselolie verbrand. Laat met een berekening zien dat de motor $6,0 \times 10^6$ J aan energie nuttig besteed heeft. Bereken hiervoor eerst de hoeveelheid chemische energie in de benzine die verbruikt is.
8. Tijdens het versnellen van een achtbaankar leveren de motoren een gemiddeld nuttig vermogen van 25 MW.
 - a. (3p) De versnelling duurt 4,8 s. Bereken de nuttige energie die tijdens het versnellen is omgezet.
 - b. (2p) Het rendement van de motoren is 25%. Bereken de chemische energie die tijdens de versnelling verbruikt is.

§4 Arbeid

In deze paragraaf gaan we begrijpen hoe we met energie arbeid kunnen verrichten.

Als er een kracht **F** op een voorwerp werkt en dit voorwerp een afstand **s** verplaatst, dan zeggen we dat deze kracht een **arbeid (W) uitoefent op het voorwerp**. De arbeid wordt gegeven door:

$$W = F \cdot s$$

Arbeid (W)	joule (J)
Kracht (F)	newton (N)
Afgelegde weg (s)	meter (m)

Maar wat doet arbeid eigenlijk? Als we **arbeid** op een voorwerp uitoefenen, dan **verandert** de **snelheid** van dit voorwerp (en dus ook de **bewegingsenergie**). Laten we hier nu wat toepassingen van bespreken.

Bij het kogelstoten is het van belang om over een **zo groot mogelijk afstand contact** te houden met de **kogel** als je deze vooruit duwt (zie de onderstaande afbeelding). Het voordeel hiervan is dat de **afgelegde weg (s)** dan **groot** is en volgens de formule $W = Fs$ wordt bij gelijke kracht hierdoor ook de **arbeid groter**. En hoe **groter** de **arbeid** is, hoe meer **bewegingsenergie** (en dus **snelheid**) de kogel zal krijgen.



(Afbeelding: Stamatia Scarvelis; mod)

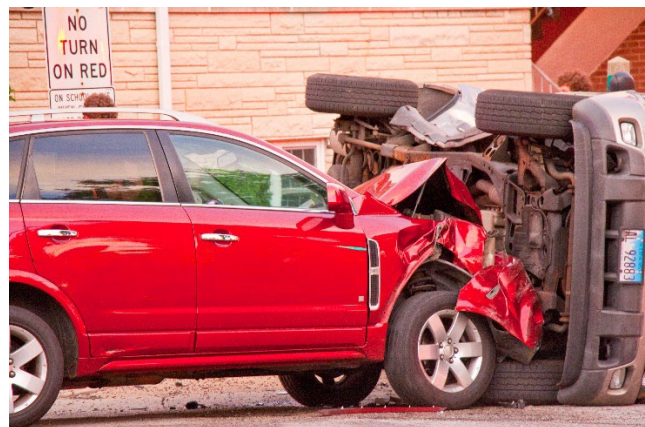
Nog een voorbeeld. Als een **auto** bij een **botsing** tot **stilstand** komt, dan wordt er een hoeveelheid **arbeid** op de auto verricht. Om de overlevingskans zo groot mogelijk te maken, is het van belang dat de **afgelegde weg (s)** van de bestuurder zo **groot mogelijk** is. Bij **gelijke arbeid (W)**, geldt volgens $W = Fs$ namelijk dat een **grote afstand (s)** zorgt voor een **kleinere kracht (F)**. En hoe kleiner de kracht is die op de bestuurder werkt, hoe groter de overlevingskans natuurlijk is.

Een bekend voorbeeld waarbij dit wordt toegepast is de **airbag**. Dit is een zak met gas die uitklapt bij een botsing (zie de linker onderstaande afbeelding). Doordat de airbag flink **indrukt** bij de botsing, is de **afgelegde weg (s)** **groot** en als gevolg wordt volgens de formule $W = Fs$ de **kracht kleiner**.

De auto zelf is ook gebouwd om de **afgelegde weg (s)** te **vergroten** bij een botsing. Het middelste stuk van een auto, de zogenaamde **kooiconstructie** is erg **sterk**, zodat de inzittenden bij een botsing niet in elkaar gedrukt worden door de auto. Het **voorste** en **achterste deel** van de auto daarentegen is juist expres **gemakkelijk in te deuken**. Dit wordt de **kreukelzone** genoemd (zie de rechter onderstaande afbeelding). Dit zorgt namelijk net als de airbag voor een **langere afgelegde weg (s)** en dus een **kleinere kracht (F)**.



(Afbeelding: transport.nsw.gov.au; CC BY-SA 4.0 / Charles Edward Miller; CC BY-SA 2.0)



Een **gordel** in een auto heeft een soortgelijk effect. Tijdens een botsing rekt de gordel zich een beetje uit, waardoor de **afgelegde afstand (s)** verlengd wordt. Een **helm** werkt ook op deze manier. De **buitenkant** van de **helm** is **hard**, maar **binnenin** de helm zit **zacht materiaal**. Dit materiaal **druk in elkaar** tijdens de botsing, waardoor de **afgelegde weg (s)** **vergroot**.

Leerdoelen:

- Zorg dat je kan rekenen met $W = Fs$, waarbij W de arbeid is in joule en s de afgelegde weg in meter. Aan de formules kunnen we zien dat we arbeid uitoefenen op een voorwerp als we een kracht uitoefenen op dit voorwerp en dit voorwerp verplaatst.
- Zorg dat je kan redeneren met arbeid. Zorg dat je weet dat bij o.a. kogelstoten de arbeid groter wordt als we een kracht uitoefenen over een langere afgelegde weg.
- Zorg dat je weet dat bij een botsing met een auto de kracht kleiner wordt als de afgelegde weg vergroot wordt. Dit wordt bijvoorbeeld gedaan doordat de gordel tijdens de botsing een beetje oprekt, dat een airbag tijdens de botsing indrukt en dat de kreukelzone van een auto indeukt. In een helm zit om dezelfde reden zacht materiaal om ook de afgelegde weg te vergroten.

Opdrachten

1. (2p) Een auto wordt met een krik omhoog getild om de banden te verwisselen. De auto wordt 0,20 m omhoog getild. Daarvoor is er een gemiddelde kracht van 1150 N nodig. Bereken de geleverde arbeid. (Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)
2. Een persoon laat een steen met een massa van 3,5 kg vanaf 4,5 meter hoogte naar beneden vallen. De gemiddelde wrijvingskracht die op de steen werkt is 8,5 N.
 - a. (4p) Bereken de arbeid die de wrijvingskracht verricht heeft tijdens de val.
 - b. (4p) Bereken de arbeid die de zwaartekracht verricht heeft tijdens de val.
3. Een persoon duwt met een spierkracht van 200 N tegen een blok met een onbekende massa. Het blok beweegt hierdoor met een constante snelheid van 3,0 m/s naar rechts.
 - a. (2p) Bereken de arbeid die de spierkracht per seconde verricht heeft.
 - b. (3p) Bereken de arbeid die de wrijvingskracht per seconde verricht heeft.
4. (1p) Een persoon heeft een zak zand van 25 kg stil in zijn handen. Bereken de arbeid die de zwaartekracht verricht op de zak.
5. (3p) Luke Aikens maakte zonder parachute een val van 7600 m hoogte uit een vliegtuig. Hij landt veilig in een net. Tijdens de landing kwam Luke door de remmende werking van het net na 33 m tot stilstand. Bereken de minimaal verrichte arbeid die nodig is om Luke tot stilstand te brengen in MJ. De gemiddelde remkracht was 3700 N. (Bron: Examen VMBO-T, 2022-1)
6. (3p) Een leerling fietst met een constante snelheid van 4,8 m/s. Voor een verkeerslicht remt ze af en komt in een tijd van 2,3 s tot stilstand. De remkracht is 184 N. Bereken de verrichte arbeid tijdens het remmen. (Bron: Examen VMBO-T, 2021-2)
7. (2p) Ouderen die lastig ter been zijn dragen soms een heupairbag. Deze airbags blazen snel op tijdens een val, zodat deze mensen zacht landen en niet hun heup breken. Hoe werkt een heupairbag. Kies uit de volgende opties en licht je keuze toe:
 - De airbag vergroot de remkracht
 - De airbag verkort de botstijd
 - De airbag verlengt de remweg(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
8. (2p) Wat doet een veiligheidsgordel? Kies uit de volgende opties en licht je keuze toe:
 - De veiligheidsgordel vergroot de kracht.
 - De veiligheidsgordel verkleint de botstijd.
 - De veiligheidsgordel verlengt de remweg.

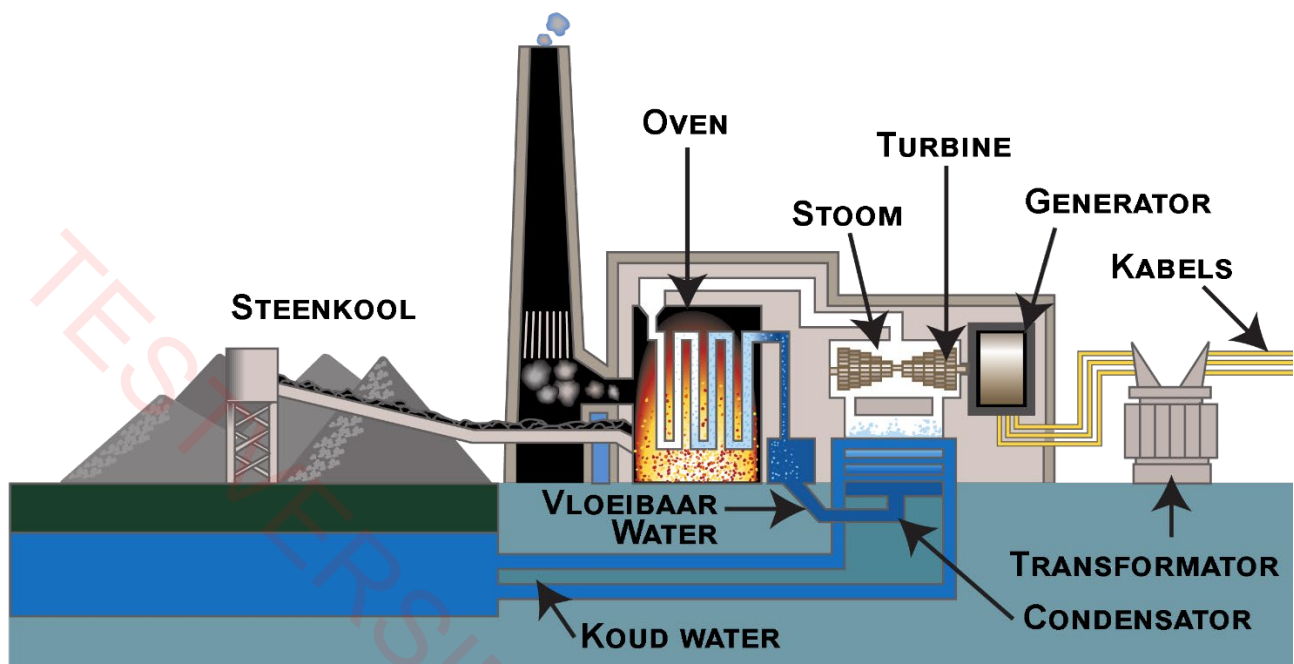
9. Een hoogspringer landt op de grond. De springer buigt daarbij door zijn knieën.
- (2p) Wat is juist over de remkracht met doorbuigen? De remkracht met doorbuigen is **even groot als / groter dan / kleiner dan** de remkracht zonder doorbuigen. Leg je keuze uit.
 - (2p) Met welke veiligheidsvoorziening in een auto komt de functie van de knieën bij het landen overeen? Met de hoofdsteun, met de kooiconstructie of met de kreukelzone. Leg je keuze uit. (Bron: Examen VMBO-T, 2018-2)
10. (2p) Een goede kogelstoter wil tijdens het stoten over een zo lang mogelijke afstand contact houden met de kogel. Leg uit waarom dit een goede strategie is. Gebruik in je antwoord de begrippen verplaatsing en arbeid.

§5 Energie-opwekking en milieu

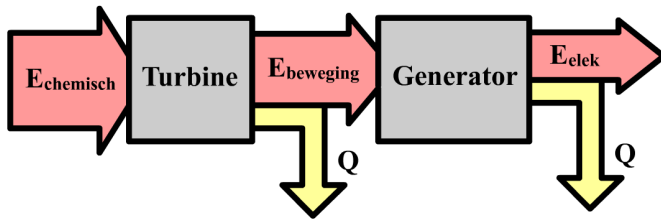
In deze paragraaf gaan we het hebben over verschillende manieren om energie op te wekken. We bestuderen hierbij ook de effecten op het milieu.

Veel van de energie die we in huishoudens en in de industrie gebruiken komt van **fossiele brandstoffen**, zoals **aardolie**, **aardgas** en **steenkool**. **Aardolie** wordt in de vorm van **benzine** en **diesel** gebruikt in **auto's**, in de vorm van **kerosine** in **vliegtuigen** en in de vorm van **stookolie** in **schepen**. **Aardgas** wordt veel gebruikt voor het **verwarmen** van **huizen** en het **opwekken** van **elektriciteit**. **Steenkool** wordt ook gebruikt voor het **opwekken** van **elektriciteit**. Steenkool is een goedkope, maar ook **vervuilende** energiebron en daarom gebruiken we deze fossiele brandstof in het Westen steeds minder.

In de onderstaande afbeelding zien we een **fossiele brandstofcentrale**. In dit voorbeeld wordt **steenkool** uit de grond gehaald en **verbrand** in een oven. Met de **warmte** die hierbij vrijkomt, wordt **water** aan de **kook** gebracht. De **stoom** die hierbij ontstaat, brengt een zogenaamde **turbine** aan het draaien. De turbine zorgt op zijn beurt voor het draaien van **spoelen** in een **generator**. De generator bevat ook grote **magneten**. In het hoofdstuk "Elektriciteit II" hebben we geleerd dat een bewegende spoel in de buurt van magneten zorgt voor de **opwekking** van **elektriciteit**.

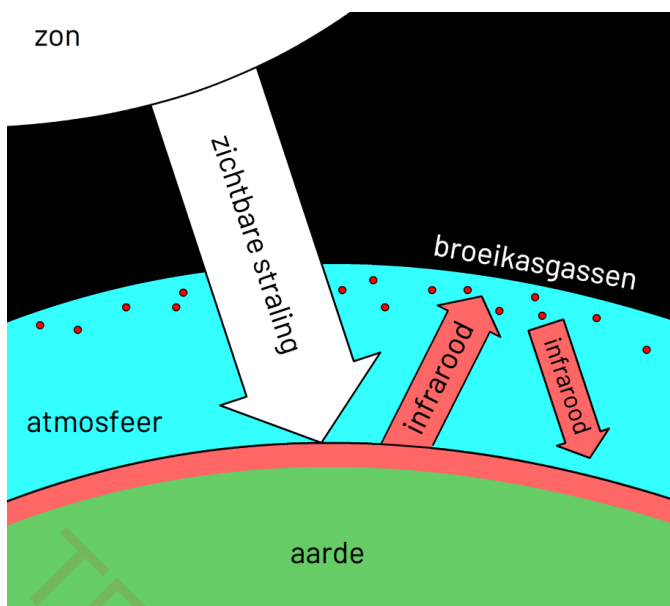


Hieronder zien we het **energie-stroomdiagram** behorende bij een **fossiele brandstofcentrale**. De energiebron is hier de **chemische energie** in de fossiele brandstof, de **turbine** zet dit om in **bewegingsenergie** en de **generator** zet deze energie weer om in **elektrische energie**. Bij beide omzettingen komt ook **warmte (Q)** vrij. Dit gaat verloren.



Het **nadeel** van fossiele brandstoffen (met name steenkool), is dat bij de verbranding **koolstofdioxide (CO₂)** vrijkomt. Koolstofdioxide heeft veel positieve eigenschappen. Het is bijvoorbeeld een voedingstof voor planten en zonder CO₂ in de atmosfeer zou het op aarde gemiddeld 30 graden Celsius kouder zijn, maar in de laatste 200 jaar heeft de mensheid door industrialisatie zoveel CO₂ in de atmosfeer vrijgelaten dat de **gemiddelde temperatuur** van de aarde te veel **toeneemt**. Dit zorgt o.a. voor het smelten van **ijs** op o.a. de Noord- en de Zuidpool. Het smelten van landijs zorgt voor een **stijging van de zeespiegel**. Een snelle stijging van de temperatuur zal ook het **weer** op veel plekken op aarde doen **veranderen**, waar mens en dier zich aan zal moeten aanpassen.

Maar waarom zorgt **koolstofdioxide** eigenlijk voor **hogere temperaturen**? Hiervoor moeten we het **broeikaseffect** begrijpen. In de onderstaande afbeelding is dit uitgelegd. **Zonlicht** wordt **geabsorbeerd** door het **aardoppervlak**. Hierdoor wordt het aardoppervlak **warmer**. Als gevolg zendt de aarde **infraroodstraling** uit. Dit is straling die we met het oog niet kunnen zien, maar waardoor voorwerpen wel kunnen opwarmen. Als deze infraroodstraling weer terug de ruimte in zou stralen, dan zouden we van deze warmte af zijn, maar **koolstofdioxide** en andere **broeikasgassen** **absorberen** deze straling en zendt het weer terug de atmosfeer in. Als gevolg wordt de **atmosfeer warmer**.



Dit proces wordt het **broeikaseffect** genoemd omdat het ook optreedt in zogenaamde **broeikassen**. Dit zijn glazen of plastic huisjes waarin gewassen worden verbouwd bij hoge temperatuur. **Zonlicht** schijnt de kas in en maakt de gewassen en de grond **warm**. Als gevolg hiervan wordt **infraroodstraling** uitgezonden. Deze infraroodstraling kan echter **niet door het glas van de kas ontsnappen** en blijft dus **hangen** in de kas, waardoor de kas **warmer** wordt.

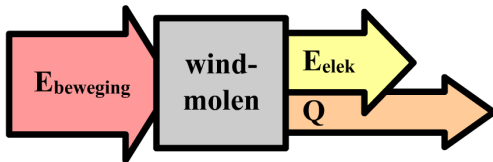
Een ander **nadeel** van **fossiele brandstoffen** is dat bij de **verbranding** ervan **zwaveldioxide (SO₂)** en verschillende **stikstofoxiden** (samengevat als **NO_x**) vrijkomen. Deze stoffen zorgen voor **zure regen**. Dit is **slecht** voor de **natuur** en kan ook **steen aantasten**. Daarnaast zorgen deze en andere stoffen ook voor een soort luchtvervuiling die **smog** wordt genoemd. Dit is een rokerige mist die in vervuilde steden hangt. Smog kan o.a. zorgen voor **irritatie** van de **slijmvliezen** (de binnenkant van je neus en keel), de **ogen** en de **luchtwegen**.

Door de nadelen van fossiele brandstoffen zijn wetenschappers de laatste decennia bezig om **schone, duurzame energiebronnen** efficiënter te maken, zodat ze op den duur fossiele brandstoffen overbodig kunnen maken. Dit zijn energiebronnen die **niet schadelijk** zijn voor het milieu. Hier zijn al grote stappen in gezet. Voorbeelden van schone energiecentrales zijn **waterkrachtcentrales, windmolens** en **kerncentrales**. Bij een windmolen wordt de **turbine** aangedreven door **wind** en bij een waterkrachtcentrale met behulp van **vallend water**. In beide gevallen wordt hiermee **elektriciteit opgewekt**. Bij een **kerncentrale** wordt energie opgewekt door het **splijten** van zware atoomkernen zoals **uranium** (zie het hoofdstuk "Radioactiviteit"). De warmte die bij een kernreactor vrijkomt, wordt net als bij de kolencentrale gebruikt om water aan de kook te brengen en zo met de ontstane stoom een turbine te laten draaien.

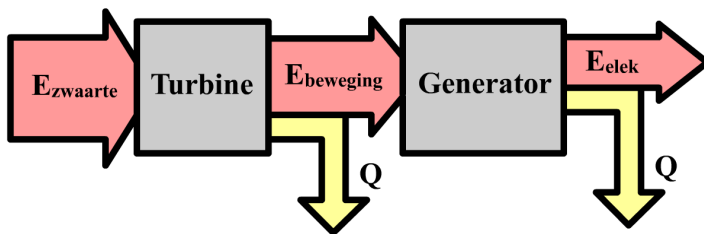


(Afbeelding: Tom Corser; CC BY-SA 3.0 / Martina Nolte; CC BY-SA 3.0 / Stefan Kuhn; CC BY-SA 3.0)

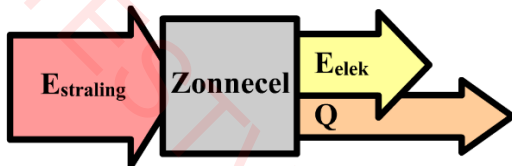
Hieronder zien we het **energie-stroomdiagram** van windenergie. Bij **windenergie** wordt **bewegingsenergie** van lucht omgezet in **elektriciteit** en **warmte**:



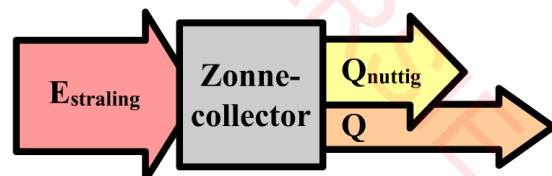
Bij **waterkracht** wordt de **zwaarte-energie** van water omgezet in **bewegingsenergie** en dit wordt met een generator omgezet in **elektriciteit** en **warmte**:



Tegenwoordig worden veel huishoudens ook van energie voorzien met behulp van **zonnecellen**. Zonnecellen bestaan uit zogenaamde **halfgeleiders** die als eigenschap hebben dat ze **elektriciteit** genereren als er **licht** op valt. Hoe **groter** het **oppervlak** van deze zonnecellen, hoe **meer elektriciteit** er opgewekt kan worden. Hieronder zien we het bijbehorende energie-stroomdiagram:



Daarnaast bestaan ook nog **zonnecollectoren** die zonlicht juist omzetten in warmte.



Vraag:

Per vierkante decimeter valt op een zonnige dag maximaal 10 watt aan zonlicht per vierkante decimeter. Een zonnecel heeft een oppervlak van 0,60 dm². Bereken het vermogen van de zonnecel bij een rendement van 100%.

Antwoord:

Zonlicht bevat volgens de vraag **10 watt** aan vermogen per **dm²**. Met een verhoudingstabel kunnen we uitrekenen hoeveel watt er op de zonnecel van 0,60 dm² zal vallen:

10 W	6 W
1 dm ²	0,60 dm ²

Bij een maximaal rendement van 100% is het vermogen dus 6 watt.

Vraag:

In werkelijkheid blijkt het vermogen 1,6 W te zijn. Bereken het rendement van de zonnecel.

Antwoord:

Het **rendement** berekenen we als volgt:

$$\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{totaal}}}$$

Het **nuttige vermogen** is hier **1,6 W** en het **totale vermogen** is **10 W**. We vinden dus:

$$\eta = \frac{1,6}{10} = 0,16$$

Het rendement is dus 16%.

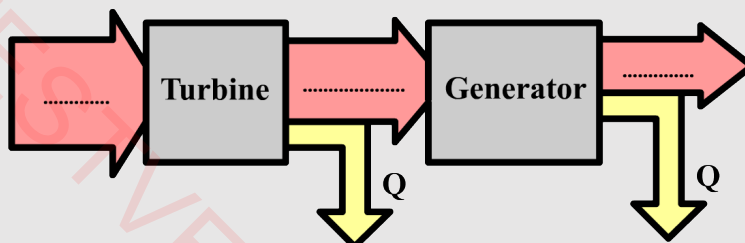
Een ander **voordeel** van **energie** uit **wind**, **waterkracht** en **zonlicht** is dat het **hernieuwbare bronnen** zijn. Dit betekent dat deze bronnen **niet opraken**. Dit is niet het geval voor fossiele brandstoffen en kernenergie. Technisch gezien is **hout** ook een **hernieuwbare energiebron**, omdat we bomen kunnen blijven **bijgroeien**. Als we zelf een bos maken en dit daarna verbranden, dan is de CO₂ die bij de verbranding vrijkomt gelijk aan de CO₂ die bij het maken van het bos door de bomen is opgenomen. Dit zorgt dus niet voor extra CO₂-uitstoot. Als we echter bossen verbranden die al bestaan, dan zorgt dit wel voor een extra broeikaseffect.

🎯 **Leerdoelen:**

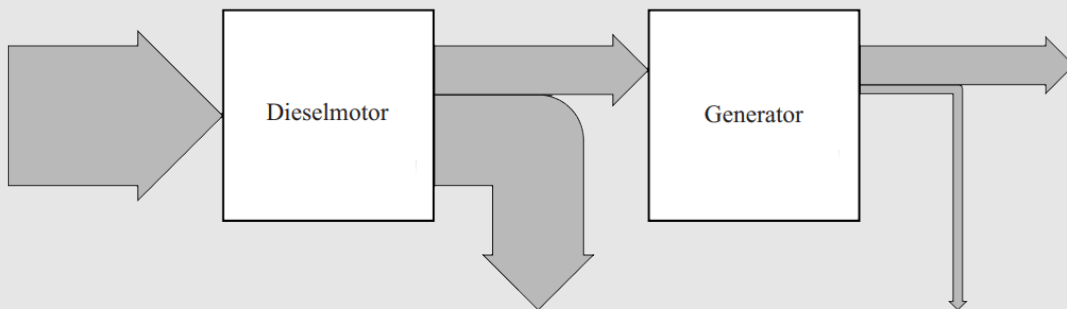
- Zorg dat je weet dat fossiele brandstoffen kunnen worden gebruikt om stroom op te wekken, maar dat bij de verbranding ervan veel koolstofdioxide (CO₂) vrijkomt. Dit draagt bij aan het zogenaamde broeikaseffect dat zorgt voor de opwarming van de aarde en daarmee de stijging van de zeespiegel.
- Zorg dat je weet dat bij de verbranding van fossiele brandstoffen ook zwaveldioxide (SO₂) en stikstofdioxide (NO_x) vrijkomt. Beide dragen bij aan zure regen en smog. Zure regen maakt de grond zuur en tast steen aan. Smog zorgt voor irritatie aan de slijmvliezen, de ogen en de luchtwegen.
- Zorg dat je weet dat we door de nadelen van fossiele brandstoffen aan het overstappen zijn naar schone, duurzame energiebronnen. Deze bronnen zijn niet schadelijk voor het milieu. Voorbeelden zijn waterkrachtcentrales, windmolens, kerncentrales, zonnecellen en zonnecollectoren. Al deze bronnen (behalve kernenergie) zijn ook hernieuwbare bronnen, hetgeen betekent dat ze niet opraken.
- Zorg dat je energiestroomdiagrammen van de verschillende energiecentrales kan begrijpen en aanvullen.
- Zorg dat je met het maximale vermogen van de zon kan uitrekenen hoeveel energie een zonnecel maximaal kan opnemen en wat het rendement van de zonnecel is.

Opdrachten

- (1p) Noem drie fossiele brandstoffen.
- (2p) Noem een voordeel en een nadeel van het gebruik van fossiele brandstoffen.
- (1p) Met welke twee onderdelen wordt in een aardgascentrale beweging omgezet in elektriciteit.
- (1p) Noem twee nadelige milieueffecten van CO₂.
- (4p) Leg uit hoe koolstofdioxide zorgt voor de opwarming van de aarde. Noem in je antwoord het licht van de zon, infraroodstraling, koolstofdioxide en opwarming.
- (1p) Noem twee nadelige effecten van zwaveldioxide en stikstofoxiden.
- (1p) Leg uit of een aardoliecentrale wel of niet een duurzame energiebron is.
- (1p) Leg uit of een waterkrachtcentrale wel of niet een duurzame energiebron is.
- (1p) Leg uit of een windmolen wel of niet een duurzame energiebron is.
- (2p) Noem een voordeel en een nadeel van windenergie.
- Steenkoolverbranding in China heeft geleid tot een code rood voor luchtvervuiling. De waarschuwing geldt voor drie dagen in de hoofdstad Beijing. De luchtvervuiling wordt mede veroorzaakt door grote hoeveelheden fijnstof. Fijnstof bestaat uit schadelijke stofdeeltjes met een afmeting kleiner dan 2,5 micrometer.
 - (1p) Welke lengte komt overeen met 2,5 micrometer? Kies uit:
 - $2,5 \times 10^9$ m
 - $2,5 \times 10^6$ m
 - $2,5 \times 10^3$ m
 - $2,5 \times 10^{-3}$ m
 - $2,5 \times 10^{-6}$ m
 - $2,5 \times 10^{-9}$ m
 - (2p) Naast de uitstoot van fijnstof ontstaan er bij steenkoolverbranding gassen die nadelige effecten op het milieu hebben. Vul de zin aan: bij steenkoolverbranding ontstaat het gas _____. Dit gas veroorzaakt _____.
 - (2p) In China wordt steenkool verbrand als energiebron voor stadsverwarming. Steenkool is wel **een / geen** fossiele brandstof. Bij de verbranding van steenkool wordt _____ energie omgezet in warmte.
(Bron: Examen VMBO-T, 2019-1)
- (1p) Beschrijf de energieomzetting die plaatsvindt in een generator.
- (3p) In het onderstaande energie-stroomdiagram wordt de werking van een waterkrachtcentrale beschreven. Noteer in de onderstaande afbeelding in de lege pijlen de juist soorten energie.



14. (3p) Op een marineschip wordt elektriciteit opgewekt met een dieselmotor. Deze motor verbrandt stookolie en zet hiermee een generator in beweging, die elektriciteit produceert. In de onderstaande afbeelding zijn deze twee processen met pijlen op schaal weergegeven.



Noteer bij elke pijl de juiste energie. Kies uit bewegingsenergie, chemische energie, elektrische energie en warmte. Sommige soorten energie zullen meerdere keren voorkomen.
(bron: examen 2019-1 HAVO)

15. (3p) Een lamp bestaat uit 10 identieke leds. De benodigde stroom komt van een oplaadbare accu. Overdag wordt deze accu opgeladen met een zonnecel. Per dm^2 is het gemiddeld vermogen van zonlicht 10 W. De zonnecel heeft een oppervlak van $0,64 \text{ dm}^2$. Het gemiddeld afgegeven vermogen van de zonnecel is 1,6 W. Bereken het rendement van deze zonnecel. Reken eerst de waarde van het opgenomen vermogen van de zonnecel uit.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-1)
16. Een pomp van een fontein wordt aangedreven met een zonnecel. De pomp krijgt zijn energie van een accu die wordt opgeladen door een zonnepaneel.
- (1p) Noteer een reden waarom deze manier van energieopwekking duurzaam is.
 - (2p) Zonlicht heeft per m^2 een gemiddeld vermogen van 800 W. Zonnepanelen leveren per m^2 gemiddeld 128 W aan elektrisch vermogen. Bereken het rendement van de zonnecel.
 - (3p) De zon beschijnt op een dag het zonnepaneel van de fontein gedurende 12 uur. De oppervlakte van het zonnepaneel is $0,24 \text{ m}^2$. Bereken hoeveel energie het zonnepaneel die dag heeft opgenomen. Noteer eerst de waarde van het opgenomen vermogen van het zonnepaneel.
(Bron: Examen VMBO-T, 2023-2)

BINAS tabellen die je dit hoofdstuk nodig hebt

BINAS tabel

7-12	Formules
19	Verbrandingswarmte