

Natuurkundeleergang
voor tkl-2 en havo-2

Naam:

Antwoordenboekje

Themaboekje: Kracht en beweging



Milton Peters College, Sint Maarten

schooljaar 2021-2022

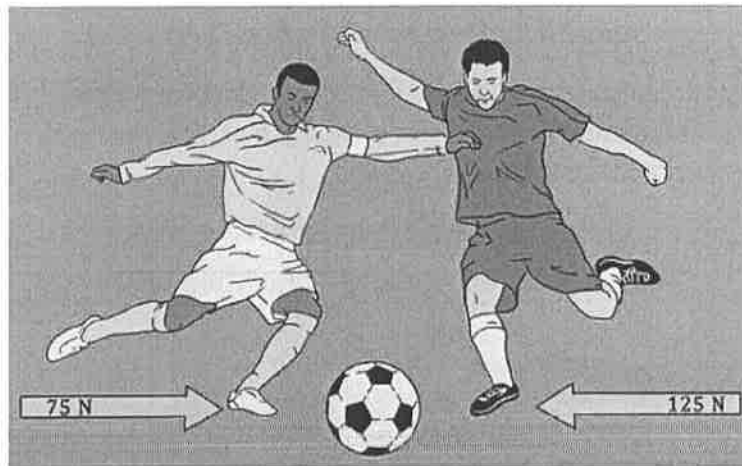
inhoud

Theorie deel 1: kracht.....	3
Werkblad 1 Krachten.....	5
Theoriedeel 2: uitrekking van een veer.....	10
Werkblad 2: uitrekking van een veer.....	11
Theoriedeel 3: krachten in evenwicht.....	16
Werkblad 3 krachten in evenwicht.....	17
Theoriedeel 4: druk.....	22
Werkblad 4: druk.....	23
Theoriedeel 5: snelheid en versnelling.....	28
Werkblad 5: Snelheid en versnelling.....	29
Theoriedeel 6: traagheid.....	35
Werkblad 6: traagheid.....	36
Bijlage voor bollebozen A: Batman.....	39
Bijlage voor bollebozen B: de impuls.....	40

Theorie deel 1: kracht.

Krachten zijn iets heel bijzonders. We weten allemaal dat ze er zijn. Je kunt ze ook voelen. Maar je kunt een kracht niet zien. Wel kun je de **gevolgen van een kracht** zien. Je kan bijvoorbeeld zien dat een voorwerp in beweging komt. Je weet dan dat er een kracht moet zijn ergens, anders gaat het voorwerp niet bewegen. Wat je hierover moet weten is:

- Door een kracht **verandert de snelheid of de richting** van een voorwerp. Als je aan het voetballen bent gebruik je een kracht om de snelheid van de bal te veranderen. Een andere speler kan dan de richting van de bal veranderen zodat de bal in het doel gaat. Ook voor het veranderen van de richting van de bal gebruikt hij een kracht.



- Door een kracht **verandert de vorm** van een voorwerp. De vorm kan tijdelijk veranderen, bijvoorbeeld als een bal wordt ingedrukt. Dat noemen we een **elastische** verandering. De vorm kan ook blijvend veranderen, bijvoorbeeld als de motorkap van een auto bij een ongeluk is ingedeukt. Dat noemen we een **plastische** vormverandering.

Er zijn veel verschillende soorten krachten. Hier heb je er een aantal:

- F_z zwaartekracht, de kracht die de aarde uitoefent op een voorwerp (ook op jou!)
- F_m magnetische kracht, de kracht die een magneet uitoefent op een stuk ijzer.
- F_v veerkracht, de kracht die een veer uitoefent op een voorwerp dat er aan hangt.
- F_{span} spankracht, de kracht die in een touw werkt, waardoor het touw strak gaat staan.
- F_o opwaartse kracht, de kracht die ervoor zorgt dat een boot blijft drijven.
- F_s spierkracht, de kracht die je zelf gebruikt om iets op te tillen.
- F_e elektrische kracht, de kracht tussen elektrische ladingen.
- F_w wrijvingskracht, de kracht die je voelt als je over een tafel wrijft.
- F_{wind} windkracht, de kracht die de wind uitoefent op bijvoorbeeld een tent.
- F_d draagkracht, een kracht die een tafel uitoefent op een voorwerp dat er op ligt.
- F_k kleefkracht, een kracht die een bijvoorbeeld sticker uitoefent op zijn ondergrond.

Moet je die allemaal uit het hoofd kennen? Nee natuurlijk niet. Maar je moet er wel een aantal kunnen noemen. Maar als je echt begrijpt wat een kracht is, dan gaat dat vanzelf.

Al deze verschillende krachten meten we in dezelfde eenheid, de Newton (N).

Werkblad 1 Krachten

De leraar benoemt de leerdoelen van deze les.
De leraar licht theorieel 1 toe. De leraar laat daarbij een aantal demonstraties zien met een zwevende paperclip (K1).
De leraar legt eventueel uit over krachtpijlen en massamiddelpunt (havo stof)
Alle leerlingen gaan nu de opdrachten maken. Er is ook een praktische opdracht (K2)
De leraar controleert de leerdoelen,

Aan het eind van de les kun je:

- de uitwerkingen van een kracht benoemen.
- verschillende soorten krachten herkennen.
- de werking en toepassing van verschillende soorten krachten beschrijven.
- het verschil beschrijven tussen elastische en plastische vervorming.

EXTRA:

- het massamiddelpunt beschrijven.
- de drie onderdelen van een krachtpijl benoemen.

L
e
e
r
d
o
e
l
e
n

Opdracht 1: Krachten herkennen

Er zijn veel verschillende soorten krachten, denk maar aan zwaartekracht, magnetische kracht, veerkracht, spankracht, opwaartse kracht, spierkracht, elektrische kracht, wrijvingskracht, windkracht, draagkracht en kleefkracht.



Twee teams meten bij het touwtrekken hun krachten.

a. Welke drie krachten spelen hierbij een belangrijke rol?

Spierkracht, Spankracht, Zwaartekracht

Met een polsstok kun je hoog komen.

b. Welke twee krachten werken er hier op de atleet?

Zwaartekracht, veerkracht.



Een indiaan spant zijn boog.

c. Welke krachten werken er op de pijl?

Zwaartekracht, spankracht

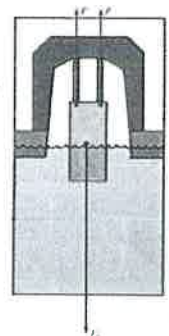
In een drijvend dok wordt een schip (getekend als een rechthoekig blok) vervoerd. De spankracht in de kabels werkt omhoog, de zwaartekracht werkt naar beneden.

d. Welke kracht werkt er nog meer op het schip?

Opwaartse kracht van het water

e. In welke richting werkt die kracht?

Naar boven



Opdracht 2: een zwevende paperclip DEMO K1

Een paperclip 'zweeft' onder een magneet.

a. Welke drie krachten werken er op de paperclip?

Zwaartekracht, spankracht, magnetische kracht

b. Wat gebeurt er als je het draadje doorknipt?

Dan vliegt de paperclip tegen de magneet



Opdracht 3: Eenheid van kracht: Newton (proef K2)

Om krachten te meten gebruiken we als eenheid Newton (afgekort: N, deze eenheid is genoemd naar een van de beroemdste natuurkundigen), maar hoeveel is nu 1 Newton? Ter vergelijking: de zwaartekracht op een kilopak suiker is ongeveer 10 N.

In het lokaal liggen veerunsters met een verschillend bereik, daarmee kun je voelen hoe groot een kracht van 1, 2, 5 of 10 N is.

a. Hoeveel Newton weegt je etui?

b. Hoeveel Newton weegt een pen?

c. Hoeveel Newton heb je nodig om je etui over de tafel te slepen?

Wat kun je doen met 1 newton?

Een kracht van 1 newton is niet erg groot, je kunt er net een appeltje van 102 gram mee optillen. Om een kilo suiker op te tillen heb je

9,8 N nodig, en om jezelf op te tillen heb je vele honderden N nodig.

Onthoud dat voor de zwaartekracht geldt:

op 1 kg werkt 9,8 N

Opdracht 4: Meerdere krachten

Joran en Niels trekken samen aan een kar met houtblokken. De kar komt niet in beweging.

a. Hoe hard trekken ze samen?

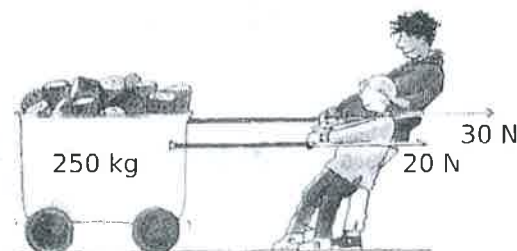
$$30 + 20 = 50 \text{ N}$$

b. Waarom komt de kar niet in beweging?

De wielen hebben te veel wrijving.

c. Welke krachten werken er nog meer op de kar? Hoe groot zijn die krachten?

Zwaartekracht van $250 \times 10 = 2500 \text{ N}$



Opdracht 5: Kracht en vervorming

Krachten zijn onzichtbaar, maar vaak kun je een kracht herkennen aan de uitwerking die de kracht heeft, bijvoorbeeld als een voorwerp vervormd wordt. Deze vervorming kan elastisch zijn of plastisch.



Een auto is tegen een betonblok gebotst, en daardoor vervormd.

a. Is deze vervorming elastisch of plastisch? Waarom?

Plastisch, want de vervorming blijft.

De loopplank van de boot buigt door als je er overheen loopt.

b. Is deze vervorming elastisch of plastisch? Waarom?

elastisch, want de plank veert terug in zijn oude rechte vorm



c. Op welke andere manier kun je herkennen of er een kracht op een voorwerp werkt?

de snelheid verandert, de richting verandert of de vorm verandert.

Extra opdracht A: Drie gewichtjes

Drie gelijke gewichtjes hangen met drie elastiekjes aan het plafond (zie figuur). Op elk gewichtje werkt een zwaartekracht van 1,0 N.



a. Met welke kracht trekt blokje A aan elastiekje 1?

1 N

b. Met welke kracht trekt elastiekje 1 aan blokje B?

1 N

c. Welk elastiekje zal het meest uitgerekte zijn?

elastiekje 3

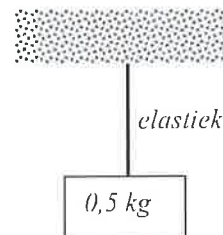
d. Met welke kracht trekt elastiekje 3 aan blokje C? Leg uit

3 N, want blokje A, B, C trekken elk met een kracht van 1 N, is bij elkaar

$1 + 1 + 1 = 3 \text{ N}$

Extra opdracht B: Een kracht komt nooit alleen

Er zijn steeds minstens twee voorwerpen nodig om een kracht uit te oefenen: het ene voorwerp oefent een kracht uit op het andere voorwerp. In de tekening hangt een blok van 0,5 kg aan een elastiek.



a. Met welke kracht trekt het blok aan het elastiek?

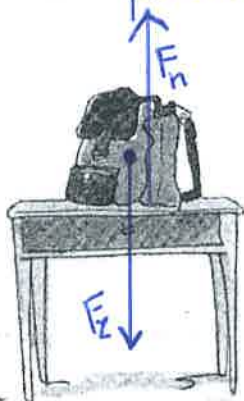
$$0,5 \text{ kg} \times 10 = 5 \text{ N}$$

b. Hoe kun je aan het elastiek zien dat er een kracht op het elastiek werkt?

Het elastiek vervormd (wordt uitgerekt)

c. Oefent het elastiek nu ook een kracht uit op het blok? Hoe groot is die kracht? Leg uit.

Ja, precies dezelfde kracht van 5 N



We kijken hier al vast een beetje vooruit naar volgende werkbladen. Zijn er altijd twee krachten? Een tas van 2,5 kg ligt op een tafel.

d. Welke twee krachten werken er op de tas? Teken de twee krachten op de tas als pijlen (schaal 10 N = 1 cm), en let ook op de plek waar de kracht 'aangrijpt'.

e. Is er ook een kracht van de tas op de tafel? Hoe groot is die kracht? In welke richting werkt die kracht?

Ja, die is net zo groot, namelijk $2,5 \times 10 = 25 \text{ N}$, maar die werkt de andere kant op, namelijk omhoog!

De krachtpatsers trekken aan beide kanten met een kracht van 100 N.



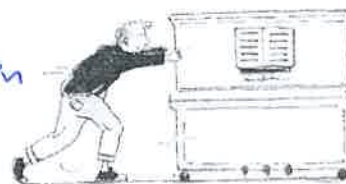
f. Leg uit dat de expander ook een kracht uitoefent op de handen van de man. Hoe groot is die kracht?

Ook 100 N. De veer houdt de beweging van de man immers tegen!

Jeroen duwt met 5,0 N tegen de piano. De piano komt niet in beweging.

g. Oefent de piano ook een kracht uit op Jeroen? In welke richting? Hoe groot is die kracht?

Ja, de piano duwt even sterk terug in de richting van Jeroen. Dus met 5 N.



Theoriedeel 2: uitrekking van een veer

Krachten meet je met een **krachtmeter**. Je hebt verschillende soorten. Op deze pagina zie je er een aantal van.

In het vorige theorie-deel is het al genoemd. Er zijn veel verschillende soorten krachten. Maar ze werken uiteindelijk allemaal hetzelfde. En we meten ze allemaal in **Newton (N)**. Maar waarom heb je een kracht nodig om een voorwerp op te tillen? Dat komt omdat de aarde aan dat voorwerp trekt. Je moet daarom sterker dan de aarde trekken om iets op te tillen. Om uit te rekenen hoe hard je moet trekken gebruiken we de formule:

$$F_z = m \cdot g$$

Met F_z bedoelen we de **zwaartekracht** (in Newton). Met de m bedoelen we de **massa** (in kilogram) en het **getal g** bedoelen we **de sterkte van de zwaartekracht op aarde**. Dat getal is 9,81. De aarde heeft namelijk een zwaartekracht van 9,81 m/s². Als je die eenheid van m/s² (spreek uit: meter per seconde in het kwadraat) vreemd vindt, dan is dat niet erg. In navolgende jaren wordt uitgelegd hoe we in de natuurkunde bij zulke eenheden komen. In het eerste jaar dat je natuurkunde krijgt ronden we het getal g vaak af tot 10. Dat is makkelijk om mee te rekenen.

Let op: in de natuurkunde bedoelen we met het **gewicht** van een voorwerp altijd de zwaartekracht op het voorwerp, gemeten in Newton! Je kan dus **niet** zeggen: "mijn gewicht is 50 kilogram". Je moet dan **wel** zeggen: "mijn gewicht is 500 Newton".

Als de aarde veel kleiner zou zijn, dan zou de aarde ook minder hard aan het voorwerp trekken. Het getal g zou dan ook kleiner zijn. Als je naar de planeet **Mars** verhuist, die een stuk kleiner is dan de aarde, zou je daar veel minder wegen. Het getal g is daar dan ook veel kleiner, namelijk maar 6,67. En op de **maan** maar 1,63.

In de natuurkunde is een **veer** niet een veer van een vogel maar een veer van gedraaid metaaldraad. Als een massa aan zo'n veer hangt, dan zal de aarde met een bepaalde kracht aan die massa trekken. Dat noemen we de zwaartekracht. Je kan met bovenstaande formule uitrekenen hoe groot die zwaartekracht is. Je zult zien dat de veer dan **uitrekt**. Als je de kracht groter maakt, dan gaat de veer ook meer **uitrekken**. Maar hoeveel meer? Daarover gaat het navolgende werkblad.

EXTRA

Als een veer steeds eenzelfde hoeveelheid uitrekt als je de kracht steeds met een zelfde hoeveelheid vergroot, dan spreken we van een **veerconstante**. Je hebt bijvoorbeeld een veer die steeds een centimeter meer uitrekt bij elke Newton dat je er harder aan trekt. Je kan het ook zo zien, dat de uitrekking verdubbelt als je de kracht verdubbelt. Er geldt dan de formule $c = F/u$. Daarbij is c de veerconstante. F is de kracht op de veer in Newton en u is de uitrekking van de veer in centimeters.



Werkblad 2: uitrekking van een veer

De leraar benoemt de leerdoelen.

Kort klassikaal: de leraar geeft uitleg over theoriedeel 2.

De leerlingen kunnen daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten (K3, K4 en K5).

Verlengd klassikaal: de leraar geeft aanvullende uitleg over de extra stof (havo).

Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

Aan het eind van de les kun je:

- Je kunt het verband beschrijven tussen de uitrekking van een veer en de kracht die op de veer werkt.
 - Je kunt de kracht meten met een krachtmeter/veerunster.
 - Je kunt de kracht berekenen die nodig is om een massa op te tillen.

EXTRA

- Je kunt uitleggen wat een veerconstante is.
- Je kunt uitleggen of bij een uitrekking (wel of niet) sprake is van een veerconstante.

Opdracht 1: Krachten meten met een veerunster (K3)

Hang een aluminium blokje aan een veerunster, en meet het gewicht van het blokje boven en onder water.

- *kracht boven water:*
- *kracht onder water:*
- *Hoe groot is de massa van het blokje? Leg uit.*

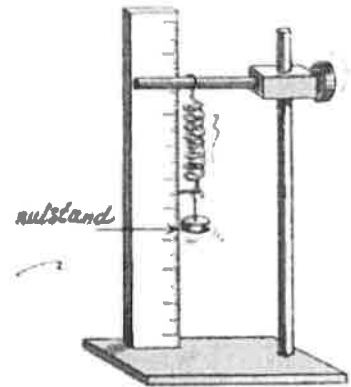


- *Hoe groot is de opwaartse kracht van het water? Leg uit*

Opdracht 2: Uitrekking van een veer (K4)

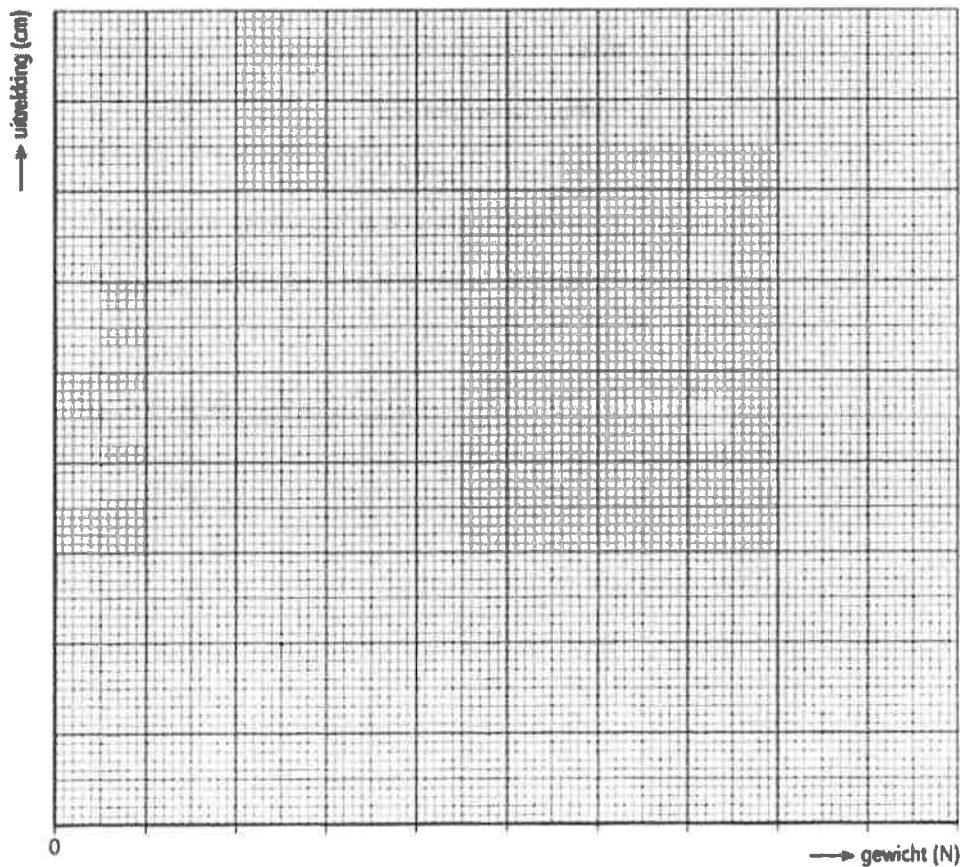
Als je een kracht op een veer uitoefent dan rekt de veer uit. We gaan onderzoeken hoe de veer uitrekt.

In de tekening hiernaast zie je hoe het experiment uitgevoerd kan worden. Voer het experiment uit, noteer de resultaten in de tabel en teken de grafiek. Zorg dat je tenminste vijf metingen hebt, en kijk daarbij goed naar hoeveel gewichtjes je maximaal aan de veer kunt hangen.



Aantal gewichtjes	Kracht (N)	Stand liniaal (cm)	Uitrekking (cm)

Verwerk je meetgegevens nu in een grafiek.

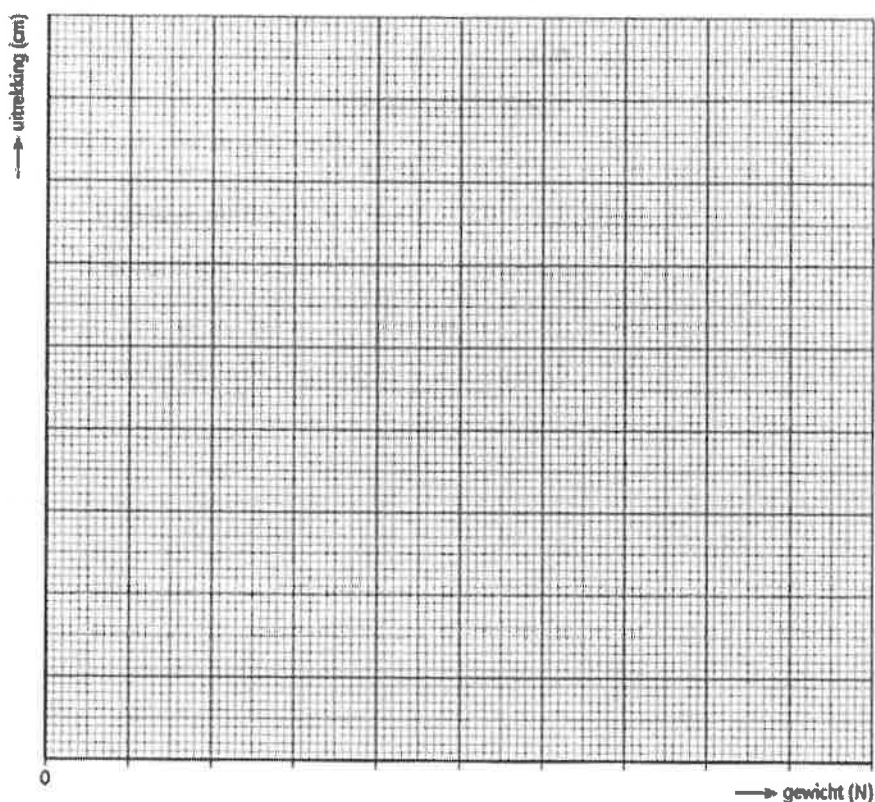


Opdracht 3: Uitrekking van een elastiekje (K5)

Herhaal het voorgaande experiment met een elastiekje.

Aantal gewichtjes	Kracht (N)	Stand liniaal (cm)	Uitrekking (cm)

Verwerk je meetgegevens nu in een grafiek.



Vergelijk nu de resultaten van opdracht 2 met de resultaten van opdracht 3.

a. Welke verschillen zie je?

b. Verklaar de verschillen.

Extra Opdracht A: De veerconstante

Voor de veerconstante geldt de formule: $C = \frac{F}{u}$

Zo'n formule vertelt alleen hoe je de veerconstante kunt uitrekenen, maar niet wat het begrip veerconstante betekent.

a. Leg in je eigen woorden uit wat een veerconstante is.

Voorbeeld: Als je de kracht op een veer deelt door de uitrekking van de veer, krijg je steeds hetzelfde getal. Dat getal noemen we de veerconstante.

De officiële eenheid voor de veerconstante is N/m (Newton per meter)

b. Hoe kun je N/cm omrekenen naar N/m?

Door het aantal N/cm met honderd te vermenigvuldigen.

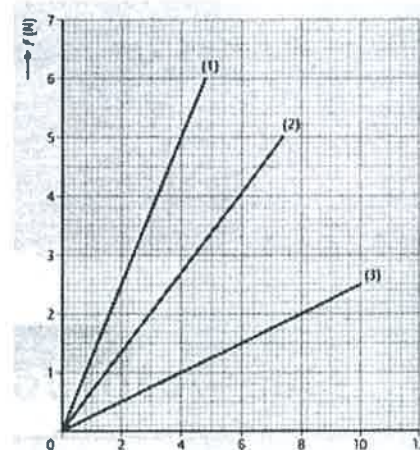
Nienke heeft van drie veren gemeten hoe ze uitrekken, als je er gewichtjes aan hangt. De metingen heeft ze in een grafiek verwerkt.

c. Leg uit welke veer het stugste is.

Veer 1, want daar moet je de meeste kracht op uitoefenen voor een bepaalde uitrekking.

d. Bereken de veerconstante van de stugste veer.

$$c = \frac{F}{u} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ N/cm}$$



Geef antwoord op de volgende vragen:

e. Heeft een elastiekje ook een 'veerconstante'? Leg uit waarom wel/niet.

Nee, want als je de kracht deelt door de uitrekking krijg je steeds een ander getal. Dat is niet erg constant.

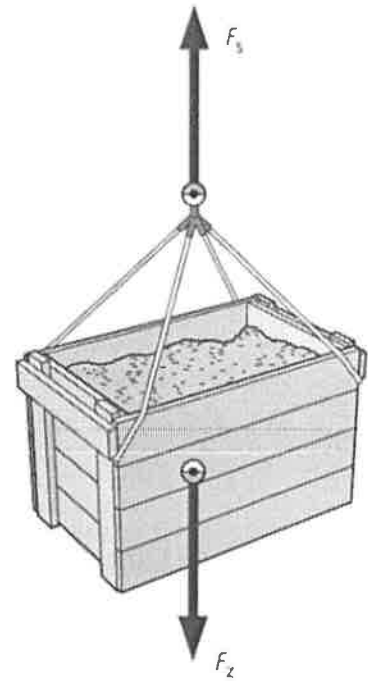
f. Is je elastiekje stugger of slapper dan de veer? Leg uit.

<Zie je metingen >

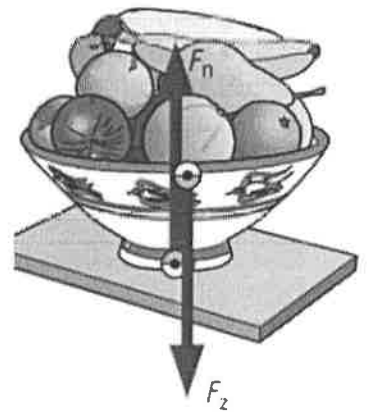
Theoriedeel 3: krachten in evenwicht

Als je tegen een voorwerp aan duwt, dan komt dat voorwerp niet altijd in beweging. Als de aarde aan een bord eten trekt, dan valt dat bord eten niet door de tafel heen waar het op staat. In dit theorie-deel leren we te begrijpen waarom dat zo is.

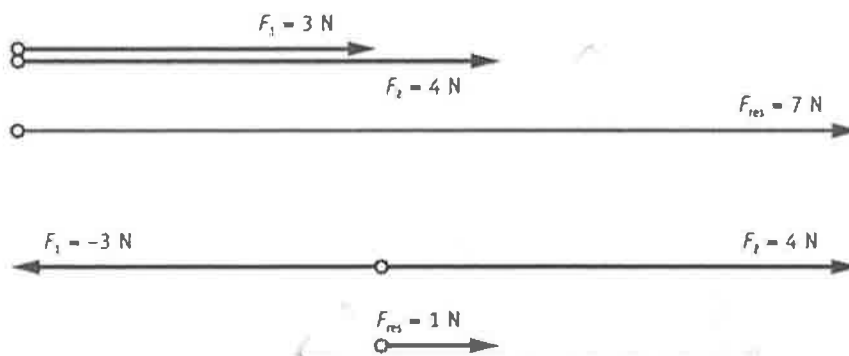
In het plaatje rechts zie je een houten kist met een zware lading. Er werkt een grote zwaartekracht naar beneden. Toch beweegt de kist niet naar beneden. Dat komt omdat er een even grote kracht naar boven werkt. Die kracht wordt geleverd door het touw. We noemen dat de spankracht die in het touw zit. Doordat de krachten even groot zijn kunnen we spreken van **evenwicht** en blijft de kist netjes hangen.



In het tweede plaatje zie je een voorbeeld van een evenwicht die je elke dag ziet. Een voorwerp staat op een tafel. In dit geval een fruitschaal. Er is weer een zwaartekracht naar beneden. Maar de tafel duwt gewoon terug tegen de fruitschaal. Ja je leest het goed. De tafel duwt gewoon terug! En die kracht noemen we de **normaalkracht**. Omdat die kracht precies gelijk is aan de zwaartekracht is er weer sprake van evenwicht en blijft de schaal netjes staan. (Hoe zit dat bij jou als je op de grond staat?)



Als er **meerdere krachten** tegelijk op een voorwerp werken, dan mag je die krachten bij elkaar optellen of van elkaar aftrekken. Dat doe je als volgt:



De rode pijl is in de plaatje de opgetelde kracht. Dat noemen we ook wel de **nettokracht**. In het eerste voorbeeld werken twee krachten dezelfde kant op. In dat geval mag je het aantal Newton bij elkaar optellen. In het tweede voorbeeld zie je twee krachten met tegenovergestelde richting. Die mag je van elkaar aftrekken.

EXTRA:

Isaac Newton ontdekte dat de snelheid van een voorwerp alleen verandert als er een nettokracht op werkt. Dat noemen we de **eerste wet van Newton**. Als jij op je fiets zit, dan oefen jij met je spieren een kracht uit op de pedalen. Die wordt door je fiets omgezet in een voorwaartse kracht. Toch verandert je snelheid niet. Dat betekent dat er een even grote tegenwerkende kracht moet zijn. En dat is de **wrijvingskracht** tussen je fiets en de weg.

Werkblad 3 krachten in evenwicht

De leraar benoemt de leerdoelen.

Kort klassikaal: de leraar geeft uitleg over het theoriedeel 1. De hele klas kan daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten.

Verlengd klassikaal: eventueel is er extra uitleg over wrijvingskrachten.

Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

Aan het eind van de les kun je:

- Je kunt een kracht als een pijl tekenen
- Je kunt in geval van evenwicht de bijbehorende krachten beschrijven.
- Je kunt de netto-kracht/resultante berekenen van krachten die werken op een voorwerp.

EXTRA:

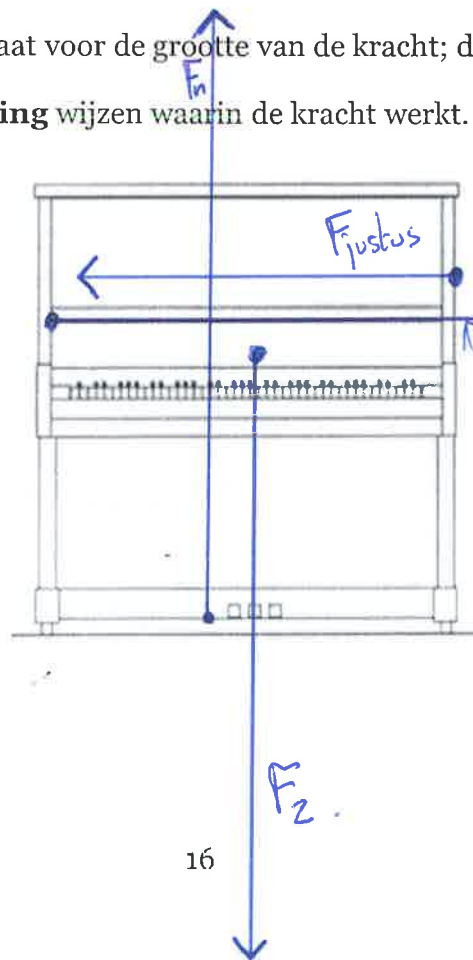
- Je kunt de wrijvingskracht herkennen als een kracht die tegenwerkt bij een bewegend voorwerp.

L
e
r
d
o
e
l
e
n

Opdracht 1: het tekenen van een kracht.

Deze piano heeft een massa van 160 kg. Er werken krachten op deze piano. De zwaarte-kracht en de normaalkracht. Daarnaast duwt Justus met een kracht van 1000 Newton aan de rechterkant van de piano en Miranda met een kracht van 1200 Newton aan de linkerkant van de piano. Teken all vier de krachten als pijlen. Let daarbij op het volgende:

- De pijl begint waar de kracht "aangrijpt". Dat noemen we het **aangrijpingspunt**.
- De **lengte** van de pijl staat voor de grootte van de kracht; die moet **op schaal** zijn.
- De pijl moet in de **richting** wijzen waarin de kracht werkt.



Schaal: $200 \text{ N} \equiv 1 \text{ cm}$

Opdracht 2: krachtenschalen.

Je tekent een 8 cm lange pijl bij een schaal van $3 \text{ N} \equiv 5 \text{ cm}$. Hoe groot is de kracht?

$$\frac{8}{5} \times 3 \text{ N} = 4,8 \text{ N}$$

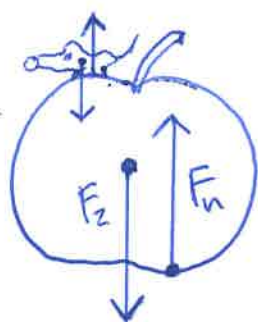
Je tekent een kracht van 18 N bij een schaal van $7 \text{ N} \equiv 3 \text{ cm}$. Hoe lang is de pijl?

$$\frac{18}{7} \times 3 = 7,7 \text{ cm}$$

Opdracht 3: meer krachten tekenen.

Teken een appel. De appel weegt 80 gram.

- a. Teken de zwaartekracht op de appel. Let op: je pijl begint in het zwaartepunt van de appel. Weet je waar dat zwaartepunt ongeveer zit in jouw appel? (kijk ook eens naar de twee figuren in het theorie-deel, hoe de zwaartekracht daar getekend is.)



Schaal:
 $0,04 \text{ N} = 1 \text{ cm}$

- b. Teken nu een tafel of een ondergrond waarop de appel ligt en teken de normaalkracht. Zorg daarbij dat het aangrijpingspunt, de grootte en de richting van de pijl kloppen.
- c. Er gaat nu een muis op de appel zitten. Die muis weegt 30 gram. Teken nu de zwaartekracht op de muis en de normaalkracht van de appel op de muis.

Opdracht 4: Krachten optellen

Ga uit van de gegevens van opdracht 3.

- a. Hoe groot is de totale zwaartekracht op de appel en de muis?

$$m = \text{massa muis} + \text{massa appel} = 0,03 + 0,08 = 0,11 \text{ kg.}$$






$$F_z = m \times g = 0,11 \times 10 = 1,1 \text{ N}$$






- b. Hoe groot is dan de totale normaalkracht van de tafel op de appel?

Die moet ook $1,1 \text{ N}$ zijn, hetzelfde als de totale zwaartekracht.

Opdracht 5: Oefenen met schaalgroottes.

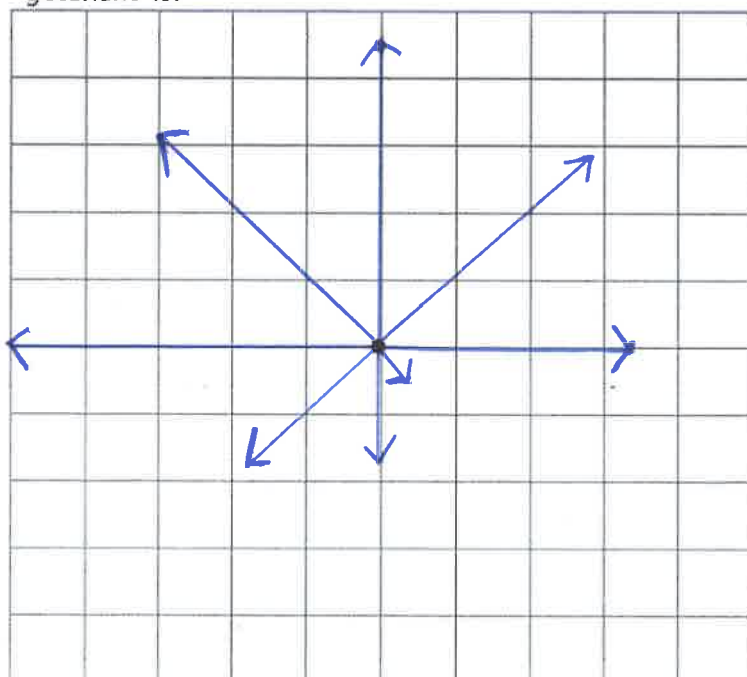
Bepaal de grootte van de krachten die hieronder getekend zijn.

1 cm \triangleq 10 N	1 cm \triangleq 25 N	1 cm \triangleq 15 N	1 cm \triangleq 50 N	1 cm \triangleq 75 N
				
20 N	42,5 N	63,8 N	163 N	150 N

1 cm \triangleq 8 N	1 cm \triangleq 30 N	1 cm \triangleq 40 N	1 cm \triangleq 2 N	1 cm \triangleq 4 N
				
12 N	45 N	120 N	5,5 N	10 N

Opdracht 6: Meer krachten tekenen:

Teken in het raster hieronder de volgende krachten vanaf het aangrijpingspunt dat al getekend is.



- 200 N naar links.
- 160 N naar links boven.
- 180 N naar boven.
- 155 N naar rechts boven.
- 132 N naar rechts.
- 20 N naar rechts onder.
- 60 N naar onder.
- 92 N naar links onder.

1 cm \triangleq 40 N

opdracht 7: krachten optellen bij touwtrekken

Bij touwtrekken werkt er meer dan 1 kracht tegelijk. Hoe weet je nu wie er gaat winnen?

Naar links trekken Piet en Kees en naar rechts Miep en Truus (echte Hollandse kinderen!).



Piet trekt met een kracht van 1000 N en Kees met een kracht van 600 N.

Miep trekt met een kracht van 750 N en Truus met een kracht van 600 N.

a. Bereken hieronder wie er gaan winnen.

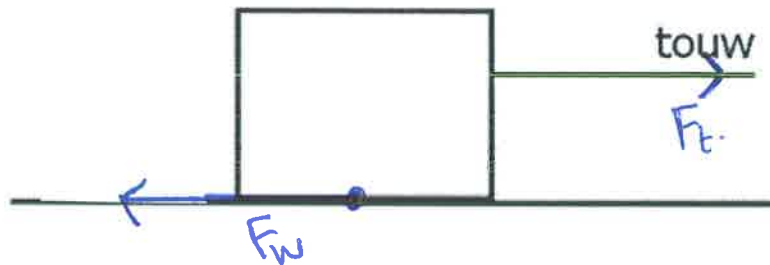
$$\begin{aligned} \text{Kracht naar links} &= 1000 \text{ N} + 600 \text{ N} = 1600 \text{ N} \\ \text{kracht naar rechts} &= 750 \text{ N} + 600 \text{ N} = 1350 \text{ N} \end{aligned}$$

Piet en Kees gaan winnen!

Extra Opdracht A: Optellen en aftrekken van wrijvingskrachten.

Rachelle probeert een blok staal dat op de grond staat met een touw weg te slepen.

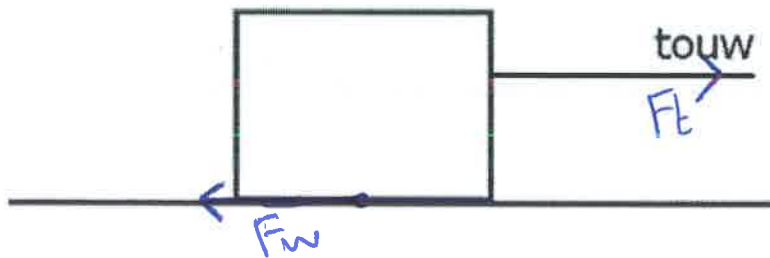
- a. Teken de krachten in de situatie dat de wrijvingskracht gelijk is aan de trekkracht op het touw.



- b. Wat gebeurt er met het blok in deze situatie?

Staat stil want de netto kracht is nul.

- c. Teken de krachten nu in de situatie dat de wrijvingskracht kleiner is dan de trekkracht op het touw.



- d. Wat gebeurt er in deze tweede situatie met het blok?

Het blok gaat naar rechts bewegen (versnellen) omdat er een netto kracht naar rechts is.

Theoriedeel 4: druk

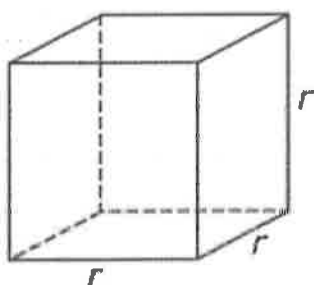
Drummond zegt tegen Anastasia dat hij het “druk” heeft. Boris zegt tegen Dennis dat hij onder “druk” staat. Zomaar twee voorbeelden hoe het woord druk gebruikt wordt.

In de natuurkunde kunnen we heel precies bepalen wat we met **druk** bedoelen. We bedoelen daar namelijk mee hoeveel **kracht (in Newton) we per vierkante meter** uitoefenen. Het gaat dus om de kracht op een oppervlak. Of om hoe de kracht zich over een oppervlak verdeelt.



Als voorbeeld gaan we kijken hoe dat zit met de druk onder water. We gaan tien meter diep. Hoeveel is dan de kracht per vierkante meter?

We nemen een kubus met ribben van 1 meter. Zo'n kubus heeft een grondvlak van 1 vierkante meter. Dat is handig want we willen immers de kracht per vierkante meter weten!



De inhoud is een kubieke meter (1 m^3). We kunnen nu uitrekenen wat de massa van het water is dat in deze kubus past. Op internet kun je opzoeken dat 1 liter water (is 1 dm^3 water) een massa heeft van een kilogram. Je kan je misschien nog van wiskunde herinneren dat er 1000 dm^3 in een m^3 gaan. Onze kubus heeft dus een massa van 1000 kg . In een eerder theorieblad hebben we al gehad dat je de zwaartekracht dan kunt uitrekenen door $F = m \cdot g$ uit te rekenen. De kracht is dan dus 10.000 Newton op onze vierkante meter grondoppervlak.

Dan zijn we er echter nog niet helemaal. We willen immers de waterdruk hebben op 10 meter diepte onder water. We moeten dus 10 van deze kubussen op elkaar stapelen. De kracht wordt daardoor nog eens tien keer zo groot, namelijk 100.000 Newton .

Omdat we een grondoppervlak van precies een vierkante meter hebben gekozen kunnen we nu ook zeggen dat de druk 100.000 N/m^2 is.

Maar stel nu dat je een ander oppervlakte hebt van bijvoorbeeld 4 m^2 ? In zo'n geval gebruik je de volgende formule:

$$\text{druk} = \frac{\text{kracht}}{\text{oppervlakte}} \quad \text{of met symbolen:} \quad p = \frac{F}{A}$$

Een druk van 1 N/m^2 noemen we ook wel **1 Pascal**.

De druk die we hebben uitgerekend voor 10 meter onder water, is dezelfde druk die ook de lucht van de aard-atmosfeer op ons uitoefent. Dat is maar liefst 20 kilometer lucht. Weet jij hoe het komt dat je van lucht veel meer m^3 nodig hebt voordat je op een druk van 100.000 Pascal komt? En weet jij hoe het komt dat je lichaam niet wordt ingedrukt onder zo'n grote druk?

Werkblad 4: druk

De leraar benoemt de leerdoelen.

Kort klassikaal: de leraar geeft uitleg over theorie deel 4. Hij demonstreert daarbij de Maagdenburger bollen K6.

Alle leerlingen kunnen daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten.

Verlengd klassikaal: Eventueel volgt uitleg over het berekenen van druk op een ondergrond (havo).

Aan het eind wordt je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

Aan het eind van de les kun je:

- uitleggen hoe de druk op een ondergrond verandert bij een verandering van de grootte van het oppervlak.
 - uitleggen hoe de druk op een ondergrond verandert bij een verandering van de grootte van de kracht.
 - de eenheden van druk in elkaar omrekenen.
 - de druk van een voorwerp op een ondergrond berekenen.
- EXTRA
- het belang van een fundering van een gebouw uitleggen.

Opdracht 1: Wat is druk?

Wanneer je met ski's aan op de sneeuw staat, zak je veel minder ver in de sneeuw dan zonder ski's.

a. Hoe komt dat? Omcirkel het juiste antwoord:

- A Het gewicht is lager.
- B De sneeuw onder je voeten wordt warm en smelt een beetje.
- C De kracht wordt verdeeld over een groter oppervlak.
- D Door de ski's blijf je 'drijven' op de sneeuw.



De formule om de druk uit te rekenen is: $p = \frac{F}{A}$

b. Omschrijf in je eigen woorden wat we met druk bedoelen.

voorbeeld: Druk is de hoeveelheid kracht per oppervlakte.

Opdracht 2: reken om

De eenheid voor druk is N/m^2 , en dat is hetzelfde als Pascal (Pa). Soms gebruiken we ook N/cm^2 of kN/cm^2 .

- Hoe kun je N/cm^2 omrekenen naar N/m^2 ?

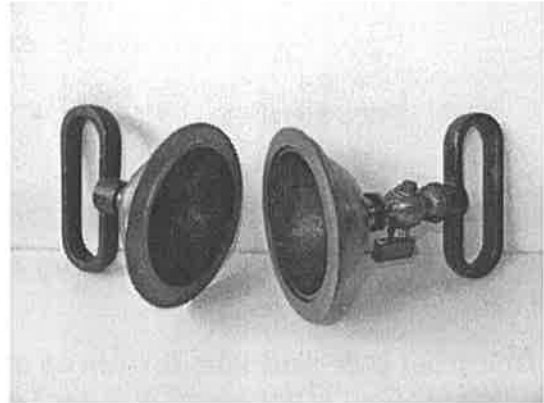
Door het aantal N/cm^2 met 10.000 te vermenigvuldigen.

- Reken om: $35 kN/cm^2 = 350.000 kPa$.

let op de k van kiloNewton. Die moet ook bij kiloPascal terugkomen (kPa)

Opdracht 3: de maagdenburger bollen

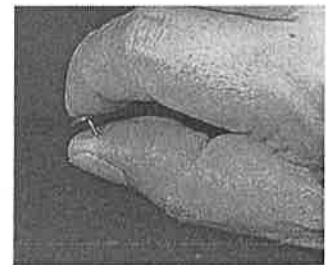
De leraar heeft laten zien hoe groot de luchtdruk is. Kun je in eigen woorden uitleggen waarom het zo moeilijk is om de twee bollen van elkaar te trekken?



Opdracht 4: de druk van een punaise

Met een punaise kun je testen hoe groot de druk is die je op de huid van je vinger kunt uitoefenen. Neem aan dat de punt van de punaise 0,2 mm bij 0,2 mm is.

- Schat de kracht van je vinger op de punaise als het pijn gaat doen.



- Bereken met de schatting van de kracht hoe groot de druk is die je met een punaise op je vinger kunt verdragen.

Opdracht 5: Druk vergroten en verkleinen

Door het oppervlak groter of kleiner te maken kun je de druk veranderen.

- a. Geef een voorbeeld van een situatie waarbij de oppervlakte vergroot wordt om de druk te verlagen.

Rupsbanden van een tank.

- b. Geef een voorbeeld van een situatie waarbij de oppervlakte verkleind wordt om de druk te verhogen.

Een spijker met een schepe punt die het hout in moet.

Extra opdracht A: bakstenen stapelen

Een 'normale' baksteen meet 5 bij 10 bij 20 cm en weegt ongeveer 2,0 kg.

- a. Hoe groot is de druk van de steen op de grond als je hem plat neerlegt? Geef je antwoord in N/cm^2 en in Pa.

$$A = 10 \times 20 = 200 \text{ cm}^2$$

$$F = 2 \text{ kg} \times 10 = 20 \text{ N}$$

$$p = F/A = \frac{20}{200} = 0,1 \text{ N/cm}^2 = 1000 \text{ N/m}^2$$

Als je bakstenen op elkaar stapelt, en je maakt de stapel hoog genoeg, dan komt er een moment dat de druk onderaan de stapel zo groot wordt dat de baksteen breekt. In de tabel kun je zien dat de druksterkte van baksteen 1 tot 9 kN/cm^2 is (afhankelijk van het type baksteen dat gebruikt wordt).

materiaal	treksterkte (kN/cm^2)	druksterkte (kN/cm^2)
hout	8,5 - 16	3 - 8
beton	0,2 - 0,6	2 - 8
gietijzer	4 - 5,5	50
baksteen	0,2 - 0,3	1 - 9
staal	37 - 70	35 - 42
glas	3 - 10	40 - 120

- b. Hoeveel stenen mag je dan maximaal op elkaar stapelen zonder dat de onderste steen bezwijkt? Neem voor de druksterkte een veilige waarde: $0,5 kN/cm^2$.

$$0,5 \text{ kN/cm}^2 = 500 \text{ N/cm}^2$$

$$\frac{500 \text{ N/cm}^2}{0,1 \text{ N/cm}^2} = 5000 \text{ bakstenen.}$$

- c. Hoe hoog wordt de stapel stenen dan?

$$5000 \text{ stenen} \times \text{hoogte van één steen} = 5000 \times 0,05 = 250 \text{ meter}$$

- d. Wat betekent dit voor de fundering van een hoog huis? Waar moet die aan voldoen?

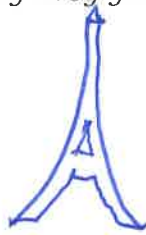
Dit moet ten minste dezelfde druksterkte hebben.

Extra opgave B: bouwen met staal

Ruim 100 jaar geleden werd voor het eerst staal gebruikt bij de constructie van grote gebouwen. Met staal kun je een veel grotere ruimte overspannen dan met bijvoorbeeld hout, en je kunt met staal het gebouw stijver en lichter maken.

- a. Welk beroemd gebouw in Parijs werd door een staalfabrikant gebouwd om te laten zien dat met staal gemakkelijk een erg hoog gebouw kon worden gemaakt?

Giffeltoren



De twee torens van het WTC in New York waren 400 m hoog, en het gebouw werd gedragen door een stalen geraamte. Bij de aanslag op 11 september 2001 vlogen beide gebouwen in brand door de kerosine in het vliegtuig.



- b. Welk nadeel aan bouwen met staal werd duidelijk bij de aanslag op het WTC in New York?

De druksterkte van staal verminderd sterk bij hoge temperaturen (zoals bij een kerosinebrand).

Theoriedeel 5: snelheid en versnelling

Stel je ziet een pen voor je op tafel liggen. Hij ligt aan de linkerkant van de tafel, we noemen dat plek A. Je doet je ogen dicht. Als je je ogen even later weer open doet ligt de pen aan de rechterkant van je tafel. Dat noemen we plek B. Je zult dan als vanzelf denken dat de pen verplaatst is. Als je nu je ogen maar heel kort dicht hebt gedaan, dan weet je ook dat de verplaatsing van je pen "snel" moet zijn gebeurd.

In de natuurkunde hebben we het erover dat iets zich door de **ruimte verplaatst**. We pakken dan twee punten in die ruimte, de punten A en B uit het voorbeeld, en trekken een rechte lijn tussen die twee punten. We noemen de lengte van die rechte lijn dan de afgelegde **afstand**. En die afstand meten we dan in **meters**. In de natuurkunde meten we de **tijd** door te kijken hoeveel **seconden** er voorbij zijn gegaan tussen twee gebeurtenissen. Je kan dus opmeten hoeveel seconden er zijn verstreken tussen het moment dat de pen nog op plek A lag en het moment dat hij op plek B aankwam.

We zeggen nu dat we de **snelheid** weten, als we de afgelegde afstand delen door de tijd die de verplaatsing in beslag nam. Dat kun je als volgt als een *formule* op schrijven.

$$\text{snelheid} = \text{afstand} / \text{verstreken tijd}$$

In de natuurkunde gebruiken we vaak symbolen in plaats van hele woorden. We kunnen daardoor de formule nog korter opschrijven:

$$v = s / t$$

Symbolen komen vaak uit het Latijn of het Engels. De v komt van *velocitas*=snelheid, de s komt van *spatium*=afstand.

Let ook even op de schuine streep. Dat is een deelteken.

We noemen een snelheid die steeds dezelfde richting en grootte heeft een **eenparige beweging**. Dat is dus een speciaal soort beweging. De meeste voorwerpen in onze directe omgeving bewegen niet met een constante snelheid. Als je bijvoorbeeld op de fiets zit, dan heb je soms een hoge en soms een lage snelheid.

Zo'n veranderende snelheid noemen we een **versnelling** of een **vertraging**. Als je in de auto gas geeft dan versnel je, bij remmen vertraag je. Je kunt de versnelling bepalen door uit te rekenen hoeveel snelheid er steeds per seconde bijkomt. In formulevorm is dat:

$$\text{versnelling} = \text{snelheidsverandering} / \text{verstreken tijd.}$$

Als je dat met symbolen opschrijft krijg je:

$$a = \Delta v / \Delta t$$

De a komt van *acceleration* = versnelling, de Δ komt van *delta* en betekent "verschil". Δv betekent dus *snelheidsverschil*.

We meten de versnelling in m/s^2 . Lees: meter per seconde in het kwadraat.

Weet jij waarom we geen aparte formule nodig hebben voor vertraging?

Werkblad 5: Snelheid en versnelling

De leraar benoemt de leerdoelen.
Kort klassikaal: de leraar geeft uitleg over theorieel 5.
De leerlingen kunnen daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten.
Verlengd klassikaal: Eventueel is er extra uitleg over versnelling en vertraging.
Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

Aan het eind van de les kun je:

- Uitleggen wat we met een afstand bedoelen.
 - Uitleggen hoe we tijd meten.
- Een x,t diagram van een beweging tekenen.
- De snelheid van een voorwerp uit een x,t diagram afleiden.
 - Uitleggen wat versnelling en vertraging betekent.

EXTRA

- De versnelling van een voertuig uitrekenen.

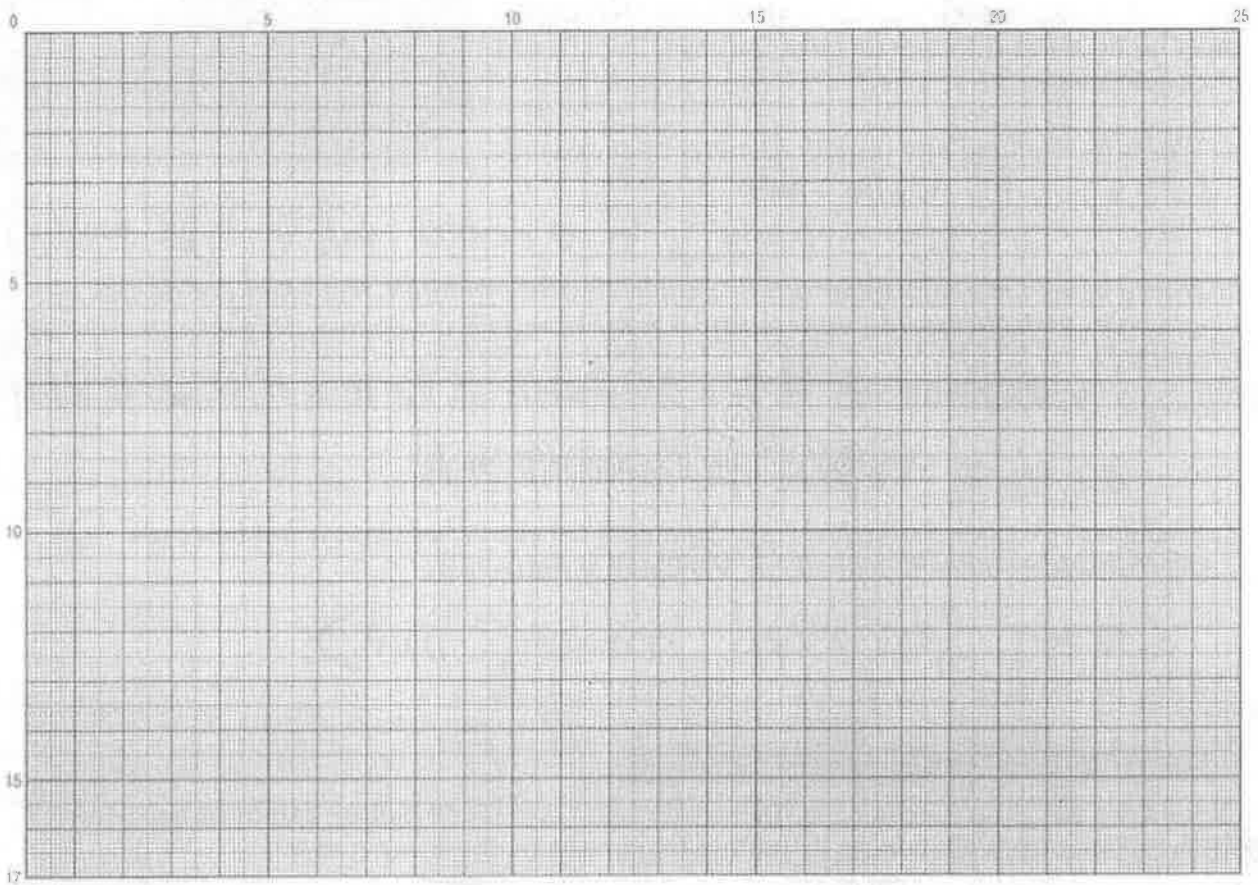
L
e
r
d
o
e
l
e
n

Opdracht 1: snelheid afleiden uit een x,t diagram:

We gaan met de hele klas naar buiten om daar een meting te doen. De leraar geeft instructies. Als we terugkomen vullen we de onderstaande tabel:

Afstand (m)	Loper 1 tijd (s)	Loper 2 tijd (s)	Loper 3 tijd (s)	Loper 4 tijd (s)
0				
3				
6				
9				
12				
15				
18				
21				
24				
27				
30				

We maken nu van de voorgaande tabel een **x,t diagram**. Begin door eerst voor looper 1 de punten te tekenen. Verbindt de punten door een lijn te trekken. Doe hetzelfde voor de andere lopers, maar dan met een andere kleur.



Beantwoord nu de volgende vragen:

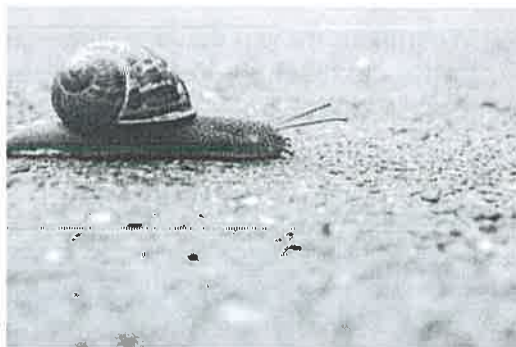
c. *Welke looper had de meest constante snelheid? Hoe kun je dat zien?*

d. *Welke looper was het snelst? (en wat was zijn snelheid?)*

e. *Welke looper was het langzaamst? (en wat was zijn snelheid?)*

Opdracht 2: Een slak zoekt zijn weg.

Harry ziet een slak bij hem in de tuin. Hij pakt twee muntjes A en B. Hij legt muntje A naast de plek waar de slak zit. Harry komt 10 minuten later terug en legt muntje B naast de plek waar de slak dan zit. Vervolgens meet hij de afstand tussen de twee munten. Die afstand is 55 centimeter.



a. Wat is de snelheid van de slak in meters per seconde?

$$s = 0,55 \quad t = 10 \times 60 = 600 \text{ s}$$

$$v = s/t = 0,55/600 = 0,00092 \text{ m/s} (= 0,92 \text{ mm/s})$$

b. Harry bekijkt het slijmspoor dat de slak heeft achtergelaten. Het blijkt dat de slak via een halve cirkelbeweging van muntje A naar muntje B is gegaan. Bereken opnieuw de snelheid.

$$s = \text{lengte halve cirkel} = \frac{1}{2} \pi \times \text{diameter} = \frac{1}{2} \pi \times 0,55 = 0,864$$

$$v = s/t = 0,864/600 = 0,00144 \text{ m/s}$$

c. Welke van de twee snelheden die je bij a en b berekend hebt kun je het beste als **gemiddelde** snelheid gebruiken? Verklaar je antwoord.

<graag je eigen mening hier>

Opdracht 3: versnelling van skeelers.

Stel je voor dat je op skeelers een helling af gaat. Als je bij de helling aankomt heb je een snelheid van 2 m/s. Onderaan de helling heb je een snelheid van 5 m/s.

d. Wat moet je nu nog weten om de versnelling uit te kunnen rekenen?

De tijd die is verstreken.

e. Een vriend heeft de tijd geklokt die je erover hebt gedaan om de helling af te gaan. Dat bleek precies 2,2 seconden te zijn. Hoe groot was je versnelling?

$$\Delta v = 5 \text{ m/s} - 2 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 2,2 \text{ s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3}{2,2} = 1,36 \text{ m/s}^2$$

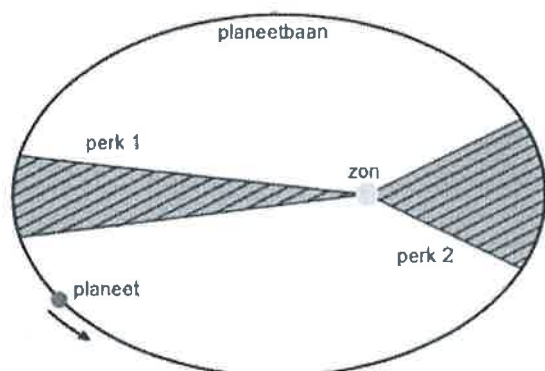
f. Je fiets met een snelheid van 5 m/s. Doordat je er ineens zin in krijgt ga je harder trappen. Je krijgt daardoor een versnelling van 0,5 m/s² die je een kwart minuut volhoudt. Hoe groot is je snelheid na die kwart minuut?

$$a = 0,5 \quad \Delta t = 15 \text{ s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \Delta v = a \times t = 0,5 \times 15 = 7,5 \text{ m/s.}$$

Je had al een snelheid van 5 m/s dus nu krijg je een snelheid van $5 + 7,5 = 12,5 \text{ m/s.}$

EXTRA opgave A: snelheden en planetenbanen



De beweging van een planeet rond de zon is voor het eerst als een ellips beschreven door Johannes Kepler. Als je een ellips tekent dan kun je vanuit de zon een lijn naar de aarde op die ellips tekenen. Als je dan **na een bepaalde vaste tijd** nog zo'n lijn tekent, kun je het gebied tussen de twee lijnen arceren zoals in onderstaande figuur. Zo'n arcering wordt een "perk" genoemd.


Kepler ontdekte dat elk perk dat je zo tekent eenzelfde oppervlak heeft. We noemen dat daarom de tweede wet van Kepler (hij had

ook nog een andere wet ontdekt). Dat is best wel verwonderlijk want als je naar het door de aarde afgelegde stuk ellips kijkt, dan zie je dat die bij perk 1 veel kleiner is dan bij perk 2.

- a. Neem aan dat de aarde een cirkelvormige beweging rond de zon volgt. Als de aarde 150 miljoen kilometer van de zon vandaan staat, hoe veel meters legt de aarde dan per dag af?

Totale aardbaan = $2\pi \cdot 150 \text{ miljoen} = 943 \text{ milj km.}$
 $943 \text{ milj km} / 365 \text{ dagen} = 2,58 \text{ milj km} = 2.580.000.000 \text{ m/dag}$

- b. Pluto staat normaal gesproken verder bij de zon vandaan dan Neptunus. Toch zijn er momenten dat Pluto dichterbij de zon komt te staan dan Neptunus. Met spreekt er dan over dat de banen van deze planeten "elkaar kruisen". Hoe kan het, dat sommige planeten elkaars banen kruisen?

Doordat de ene planeet een veel sterkere ellipsbaan heeft dan de andere  (bijvoorbeeld)

- c. We gaan uit van een ellipsbaan. Waar is de snelheid van de planeet groter, in perk 1 of perk 2? Verklaar je antwoord.

In perk 2, want dat perk wordt in dezelfde tijd doorlopen als perk 1, terwijl de doorlopen omtrek veel groter is.

- d. Verklaar waarom de snelheid van een planeet in een ellipsvormige baan niet steeds constant is.

Hoe verder de planeet van de zon wegbeweegt, hoe meer hij wordt afgeremd door de zon.

- e. De aarde bevindt zich in een punt van de ellips die het verst van de zon vandaan is. Door toedoen van de één of andere magische kracht wordt de snelheid van de aarde plotseling gehalveerd. Beschrijf hoe de baan van de aarde vervolgens zal verlopen.

De aarde zal een zeer sterke ellipsvormige baan gaan beschrijven met de plek waar de aarde oorspronkelijk was als uiterste punt (perk 1).

Theoriedeel 6: traagheid

Als we zeggen dat een fietser minder **traagheid** heeft dan een auto, dan bedoelen we dat het minder “moeite” kost om hem af te remmen. En als het minder moeite kost om hem af te remmen, dan kost het ook minder moeite om hem weer op snelheid te brengen. De lage traagheid van de fietser zorgt er dus voor dat men zijn **snelheid** makkelijk kan **veranderen** (zowel voor wat betreft grootte als richting). Traagheid betekent dus niet dat iets een lage snelheid heeft. Je kan een enorm groot voorwerp met een kolossale traagheid hebben dat heel snel beweegt. De aarde zelf heeft een grote traagheid maar beweegt ondertussen wel met een snelheid van ongeveer 30.000 m/s rond de zon.

Nu heeft Isaac Newton ontdekt dat de **massa** van een voorwerp iets zegt over zijn traagheid. Een zak suiker kun je op een weegschaal wegen en dan meet je bijvoorbeeld 1 kilogram (kg) Als je dan vervolgens een zak aardappels pakt van 5 kg, dan weet je dat die zak 5 keer zo traag is als de zak suiker. En dan zou je er ook een vijf keer zo’n harde klap van krijgen als die zak met een snelheid van 20 m/s tegen je heen stuitert. Want jouw been moet die zak dan afremmen. En dat kost moeite! Bij een zak suiker blijf het misschien bij een blauwe plek, maar bij een zak van 5 kilo kan je bij die snelheid al een been breken.

Overigens kan de snelheid van een voorwerp ook 0 m/s zijn. Als je zo’n voorwerp in beweging brengt spreek je ook van het “veranderen van de snelheid”.

In de natuurkunde gebruiken we het begrip **kracht** om aan te geven hoeveel “moeite” je moet doen om een voorwerp van snelheid te laten veranderen. Stel dat je een karretje met een bepaalde traagheid hebt. De wieltjes van het karretje lopen zo soepel, dat je van die wieltjes eigenlijk helemaal geen tegenwerking hebt. Toch heb je dan een kracht nodig om het karretje in beweging te krijgen. In zo’n situatie kan je de volgende formule gebruiken:

$$\text{kracht} = \text{traagheid} * \text{versnelling}$$

Je kan zo’n formule op verschillende manieren lezen. Denk maar eens even mee, bijvoorbeeld door voor jezelf getalvoorbeelden te bedenken:

1. als de kracht toeneemt, krijg je een grotere versnelling
2. als de traagheid groter wordt, krijg je een kleinere verandering van de snelheid.
3. als de versnelling van een voorwerp kleiner wordt, neemt de kracht af.

Deze verbanden zijn verpakt in die ene formule, die met symbolen nog korter wordt:

$$F = m * a$$

De a komt van acceleration = versnelling, de m komt van mass=massa en de F komt van Force, hetgeen “kracht” betekent.

Hoe we massa en versnelling meten, dat is eerder al besproken. De kracht meten we in Newton (N), genoemd naar de beroemde Engelse Natuurkundige Isaac Newton.

Werkblad 6: traagheid

De leraar benoemt de leerdoelen.

Kort klassikaal: de leraar geeft uitleg over theoriedeel 6.

De leerlingen kunnen daarna aan de slag met de onderstaande opdrachten.

Aan het eind word je gevraagd welke van de leerdoelen jij denkt dat je gehaald hebt!

Aan het eind van de les kun je:

- uitleggen waarom het ene voorwerp lastiger van snelheid te veranderen is dan het andere voorwerp.
- Uitrekenen hoeveel kracht er nodig is om een voorwerp van snelheid te veranderen.

L
e
r
d
o
e
l
e
n

Opdracht 1: eerst gaan we redeneren!

a. Als je een knikker over een keukenvloer laat rollen, gaat de knikker steeds langzamer rollen. Wie of wat doet er op dat moment "moeite" om de snelheid van de knikker te veranderen?

Dat is de keukenvloer. Die heeft wrijving met de knikker en neemt daardoor bewegings-energie op van de knikker.

b. Stel dat je een vriend hebt die twee keer zoveel weegt als jij. Je gaat om beurten van de duikplank in het zwembad. Hoeveel verder zal de springplank doorbuigen bij jouw vriend?

Die buigt dan 2 keer zo veel door.

c. Onderaan de slinger van een klok hangt een gewicht van 3 kg. Het gewicht wordt bij een verhuizing ernstig beschadigd. Men kan het originele gewicht niet meer bestellen. Het wordt niet meer gemaakt. Men hangt er daarom maar een gewicht van 5 kg aan. De klok wil echter niet meer lopen. Hoe komt dat denk je?

De kracht van de klok is niet genoeg om het zwaardere gewicht voldoende te versnellen.



- d. De aarde beweegt met een snelheid van ongeveer 30.000 m/s rond de zon. Een komeet beweegt in tegengestelde richting van de aarde en slaat met een snelheid van 100.000 m/s seconden in. Waarom wordt de snelheid die de aarde rond de zon heeft niet merkbaar beïnvloed door deze inslag?



Doordat de traagheid van de aarde zeer veel groter is dan van de komeet.

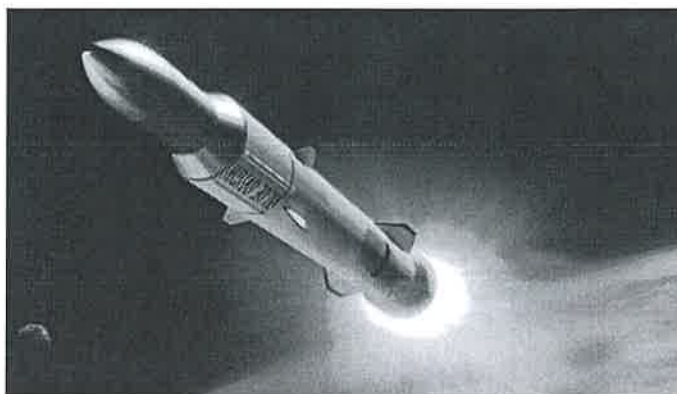
- e. **Lastige vraag:** Een boot heeft normaal gesproken een draaicirkel van 30 meter in diameter bij een snelheid van 50 km/h. De boot heeft echter een lek en heeft flink wat water gemaakt. Er zit dus een hoop water in het onderdek. Wat gebeurt er met de draaicirkel?

De draaicirkel wordt veel groter. De kracht van het stuur blijft hetzelfde terwijl de boot trager wordt!

Opgave B: Nu gaan we rekenen:

- a. Een raket met een massa van 10.000 kg wordt met een kracht van 150.000 N aangedreven. Hoe groot is de versnelling?

$$F = m \times a \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{150.000}{10.000} = 15 \text{ m/s}^2$$



- b. Dezelfde raket ondervindt een tegenkracht van de luchtwrijving ter grootte van 45.000 N. Hoe groot is nu de versnelling? (tip: weet je nog hoe je krachten bij elkaar optelt?)

$$F_{\text{totaal}} = 150.000 \text{ N} - 45.000 \text{ N} = 105.000 \text{ N}$$

$$a = \frac{105.000}{10.000} = 10,5 \text{ m/s}^2$$

- c. De bemanning van de raket vindt dat de versnelling niet groot genoeg is. De motor kan niet harder werken, dus de voortstuwende kracht blijft gelijk. Men wil de versnelling echter toch met twintig procent verhogen. Wat kan men doen?

Men moet de kracht vergroten of de massa verkleinen als men een grotere versnelling wil. Kracht vergroten kan hier niet dus moet men massa overboord gooien.

- d. Een meteoriet met een massa van 100.000 kg slaat in op de aarde en oefent gedurende 2 seconden een kracht uit van 100.000.000.000 N. Wat moet je weten om de versnelling (of vertraging) uit te rekenen die de aarde ondergaat?

De massa van de aarde,
 $\approx 5,972 \times 10^{24} \text{ kg}$.

- e. Bereken de versnelling van de aarde tijdens het inslaan van de meteoriet.

$$a = F/m = \frac{100.000.000.000 \text{ N}}{5,972 \times 10^{24} \text{ kg}} = 1,67 \cdot 10^{-14} \text{ m/s}^2$$

- f. Welke verandering van snelheid heeft de aarde ondergaan? Denk je dat de baan van de aarde rond de zon er door veranderd is?

$$\Delta v = a \times \Delta t = 1,67 \cdot 10^{-14} \times 2 = 3,34 \cdot 10^{-14} \text{ m/s}$$

De snelheid van de aarde is 30.000.000 m/s rond de zon. Van deze snelheidsverandering merk je dan niets

Bijlage voor bollebozen A: Batman

Als jij op de fiets zit, dan ben jijzelf de krachtbron die de fiets voortstuwt. Op die manier kun je een voertuig versnellen, door de krachtbron aan boord van het voertuig te brengen. Een auto heeft zijn motor ook bij zich, namelijk onder de motorkap. Als je alleen de richting van een snelheid wilt veranderen, dan hoeft dat niet. Batman kan heel snel de bocht om door een kabel met een klauw er aan uit zijn auto te gooien. Die klauw blijft dan achter een gebouw haken en Batman kan dan snel de bocht om.

Eenzelfde effect heb je als jij rond een pilaar draait terwijl je de pilaar vast hebt. Wat je dan aan je hand voelt is een kracht. Die kracht komt tot stand door: jawel, door traagheid. Als je een voorwerp aan een touw van een bepaalde lengte vastbindt en je slingert dat gewicht rond, dan trekt het koord met een bepaalde kracht aan het voorwerp, om het in een cirkelvormige beweging te houden. Het voorwerp verzet zich **door zijn traagheid** voortdurend tegen de wijziging van de richting van zijn snelheid. En daarom is er voortdurend een kracht nodig. Die kracht kun je uitrekenen met de formule:

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

De m komt van mass (massa), de F komt van Force, hetgeen "kracht" betekent, de v komt van velocity (snelheid) en de r komt van "radius" (de straal van de draaicirkel, dat is hier de lengte van het touw).

Het gaat hier om een kwadratische formule. Als de snelheid van het voorwerp verdubbelt, dan wordt de kracht op het touw vier keer zo groot. (ja, deze bijlage is voor bollebozen!)

- a. *Beschouw de zon en de aarde als door een onzichtbaar touw met elkaar verbonden. De zon trekt zodanig aan de aarde dat de aarde in een cirkelvormige baan rond de zon blijft. Bereken hoe groot de kracht is waarmee de zon aan de aarde trekt. Verzamel zelf de benodigde gegevens hiervoor van internet.*

$$F = \frac{m v^2}{R} = \frac{5,972 \times 10^{24} \times (3 \times 10^7)^2}{1,5 \times 10^{11}} = 3,58 \times 10^{19} \text{ N.}$$

Bijlage voor bollebozen B: de impuls

In het vorige werkblad zagen we dat de versnelling die je wilt verkrijgen afhankelijk is van de kracht die je uitoefent. Maar ook de massa van het voorwerp dat je wilt versnellen speelt daarbij een grote rol. Omdat snelheid en massa zo sterk samenhangen heeft Isaac Newton het begrip **impuls** bedacht. Newton kwam op het idee dat je massa en snelheid van een voorwerp met elkaar kunt vermenigvuldigen. Je krijgt dan een waarde die alleen verandert als je de snelheid of de massa van het voorwerp verandert. Hij noemt die waarde de impuls van het voorwerp.

$$\text{impuls} = \text{massa} * \text{snelheid}$$

of in symbolen:

$$p = m * v \quad [\text{we meten impuls in kg*m/s, weet jij waarom??}]$$

De gedachte hierachter is dat je het impuls van een voorwerp alleen kunt veranderen door er van buiten een kracht op uit te oefenen. Andersom kun je dus ook constateren dat als het impuls van een voorwerp is veranderd, er van een kracht sprake is geweest. Dit noemt men ook wel de wet van behoud van impuls.

Stel dat je een bak met honderd knikkers hebt die allemaal één gram wegen en een snelheid hebben van één m/s. Stel dat die knikkers zo soepel rollen dat ze niet worden afgeremd door de bodem of de rand van de bak. Een ideale situatie. Je zou dan alle impulsen van alle knikkers bij elkaar op kunnen tellen. Per knikker heb je een impuls van 0,001 kg keer 1 m/s is 0,001 kg*m/s. Dat doe je dan voor alle honderd knikkers en je hebt 0,1 kg*m/s. De wet van behoud van impuls houdt nu in dat de som van alle impulsen van alle knikkers altijd die waarde zal hebben. Als er in die bak vijf knikkers op elkaar botsen en ze gaan allemaal met verschillende snelheid uit elkaar, dan is de impuls van elke knikker afzonderlijk veranderd, maar dan zal hun gezamenlijke impuls na de botsing nog steeds dezelfde zijn als ervoor.

Als je dan van boven de bak steeds een klodder sneldrogende verf op een knikker laat vallen, zodat de knikkers langzaam steeds meer massa krijgen, dan zul je zien dat de snelheid van de knikkers langzaam maar zeker afneemt. De impuls moet immers gelijk blijven!! Het handige van het begrip impuls is dus dat het dan niet uitmaakt of de massa van het voorwerp is veranderd of de snelheid. In beide gevallen is sprake van een kracht. Je kan de kracht nu vinden door uit te rekenen hoe groot de impulsverandering in een bepaalde tijd was.

Lees: kracht = impulsverschil / tijdsverschil

$$F = \Delta p / \Delta t$$

Wie al differentiaalrekening gehad heeft, weet dat je dit ook mag schrijven als $F = dp/dt$

Beantwoord nu de volgende vragen:

- a. Een voorwerp heeft een impuls van $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. Bij een tweede meting blijkt daar nog maar de helft van over. Wat denk je, is nu de massa of de snelheid van het voorwerp veranderd?

De snelheid natuurlijk.

- b. Een speelgoedtrein ondergaat een impulsverandering van $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ bij een kracht van $0,25 \text{ Newton}$. Hoe lang duurde de impulsverandering?

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta p}{F} = \frac{2}{0,25} = 8 \text{ seconden}$$

- c. Een raketmotor werkt doordat gassen in tegenovergestelde richting van de gewenste verplaatsing worden uitgestoten. Als de gassen van een raket met een snelheid van 1 kg per 3 seconden worden uitgestoten, en als die gassen een snelheid van 8000 m/s hebben, wat is dan de kracht die de raketmotor kan ontwikkelen?

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t} = \frac{1 \times 8000}{3} = 2667 \text{ N.}$$

- d. Josien staat op een vlot. Het vlot beweegt met een snelheid van $0,4 \text{ meter per seconden}$ door het water. Josien pakt een steen van 2 kg van het vlot en gooit die met een snelheid van 10 m/s weg in de richting waarin het vlot beweegt. Vervolgens blijkt het vlot nog maar $0,35 \text{ m/s}$ beweegt. Hoeveel massa hebben Josien en het vlot?

$$\Delta p \text{ van het vlot} = \Delta p \text{ van de steen}$$

$$2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s} = m_{\text{vlot}} \times 0,05$$

$$\text{dus } m_{\text{vlot}} = \frac{20}{0,05} = 400 \text{ kg}$$

$$\Delta v \text{ vlot} = 0,05 \text{ m/s}$$

- e. Een witte biljartbal stoot tegelijk tegen twee rode biljartballen. De witte bal komt stil te liggen en de rode ballen hebben dezelfde snelheid als de witte bal had. Wat concludeer je over de massa van de rode biljartballen?

De rode ballen hebben tezamen dezelfde massa als de ene witte bal.

- f. Voor superballebozen. Stel hebt alleen een rode en witte biljartbal van precies dezelfde massa. Stel dat de witte bal de rode bal raakt en dat beide ballen daarna dezelfde snelheid hebben. Hoe moet de witte bal dan de rode bal raken en welke snelheid hebben de ballen na het raakmoment?

< deze is leuk om in de klas te bespreken >

Deze leerlingenbundel is tot stand gekomen door Peter Schuttevaar, in opdracht van het Milton Peters College te Sint Maarten, gebruik makend van een origineel idee van het St. Bonifatiuscollege te Utrecht, Nederland en van aanvullingen en aanpassingen zoals eerder uitgevoerd in opdracht van het Hermann Wesselink College te Amstelveen, Nederland.

Nothing ignites learning more than the desire to live life to the fullest.

*Peter Schuttevaar
November 2021*