



5 H5 Systeem van Newton

Auteur

Team

Laatst gewijzigd

Licentie

Webadres

Bètapartners

Wikiwijs Maken Auteurs

26 november 2014

CC Naamsvermelding-GelijkDelen 3.0 Nederland licentie

<https://maken.wikiwijs.nl/51868/>



Dit lesmateriaal is gemaakt met Wikiwijs van Kennisnet. Wikiwijs is hét onderwijsplatform waar je leermiddelen zoekt, maakt en deelt.

Inhoudsopgave

5 Systeem van Newton	2
5.1 Spelen met kracht en beweging	3
5.2 Terugblik	20
Over dit lesmateriaal	25

5 Systeem van Newton



In dit hoofdstuk leer je:

- (1) het systeem van Newton kennen,
- (2) opgaven maken over kracht en beweging.

Alle opgaven uit deze paragraaf moet je in je schrift maken, behalve de oefentoets, die moet je in het werkboek maken.

5.1 Spelen met kracht en beweging



Je hebt nu geleerd wat krachten zijn en hoe we beweging kunnen beschrijven. Kracht beïnvloedt de beweging, dat is ook wel duidelijk. Maar hoe doet kracht dat nu precies?

In deze paragraaf leer je wat het precieze verband is tussen kracht en beweging. Dit verband wordt kernachtig samengevat in de tweede wet van Newton. Dit is een piepklein wetje, maar het zal flink wat oefening en inslijping van je vragen voordat je alle gevolgen van deze wet in de vingers hebt.



Allerlei vragen

Probeer eens voorbeelden te bedenken bij de volgende uitspraken:

1. Een kracht kan een bewegend voorwerp afremmen.
2. Een bewegend voorwerp gaat vanzelf langzamer.
3. Een kracht kan een bewegend voorwerp versnellen
4. Een bewegend voorwerp gaat vanzelf sneller.
5. Een kracht kan de richting waarin een voorwerp beweegt veranderen.
6. Een bewegend voorwerp verandert vanzelf van richting.

Voor mogelijke antwoorden [klik hier](#)

Waarschijnlijk lukte het niet om een voorbeeld bij 4 en 6 te bedenken.

Isaac Newton stelde dat er ook geen voorbeeld voor uitspraak 2 gegeven kan worden (zijn 1^e wet). Volgens hem verandert een kracht hoe een voorwerp vanuit zichzelf beweegt. Hij dacht dat een voorwerp uit zichzelf de snelheid (in grootte en richting) behoudt die het al heeft. Als iets toch 'vanzelf' afremt, dan komt dat door een remmende kracht op het voorwerp. Als je geen remmende kracht aan kunt wijzen, dan remt het voorwerp ook niet.

Volgens Newton zorgt kracht dus voor een versnelling. Hij stelde:

$F \sim a$ (F is evenredig met a)

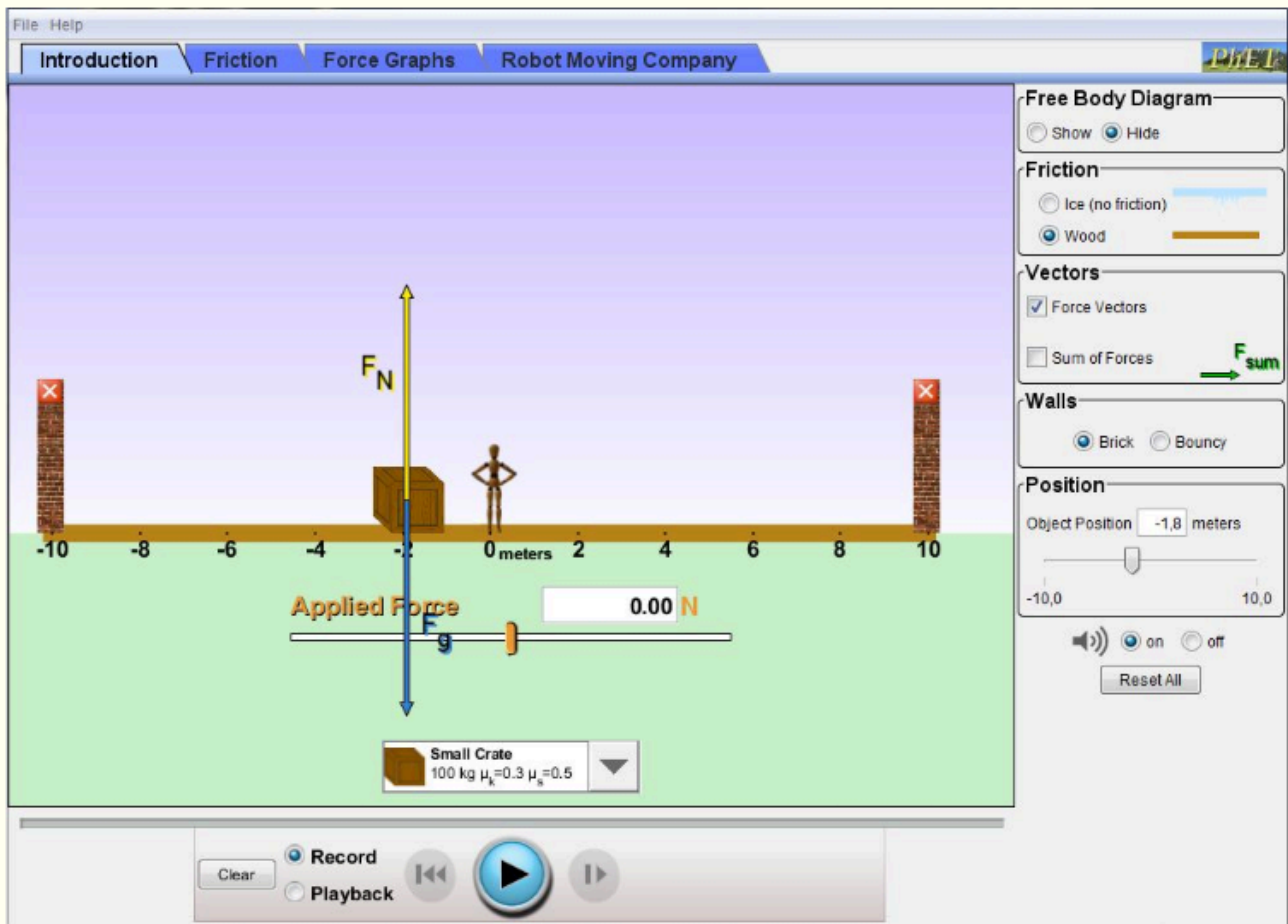
Hoe groter de kracht, hoe groter de versnelling.

5.1.1 Schuivende kist



Een alledaagse applet

Speel met het applet en beantwoordt de volgende vragen.



Klik voor applet: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion>



Vragen over de kist

Vul in:

- Hoegrootmoetdeduwkrachtwordenomdeladenkistinbewegingtekrijgen?Ongeveer N.
- Hoe groot is de wrijvingskracht?Ongeveer N.
- Alsdeladenkastallangzaambeweegtis dewrijvingskrachtietskleiner.Hoegrootisdewrijvingskrachtdan?Ongeveer N.
- Alsjedewrijvingskracht0maakt(frictionisoff),hoegrootmoetdandeduwkrachtminimaalzijnomdeladenkistinbev N.



DOORDENKERTJE

Waarom wordt de wrijvingskracht eigenlijk niet steeds groter naarmate je harder duwt?

Voor een mogelijk antwoord [klik hier](#)

5.1.2 $F = m \times a$

Bij het duwen speelt de massa ook een rol. Jouw spierkracht werkend op een lichte kist (10 kg) heeft een

veel groter effect dan op een grote ladenkast (200 kg),.

Bekijk weer de applet van de schuivende kist.

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion>]



Invullen

Onderzoek de invloed van de massa op het effect van de nettokracht. Neem daartoe eerst een zwaar voorwerp als een (Amerikaanse) koelkast (200 kg) of een kleine krat (100 kg) en daarna een licht voorwerp als een boekentas (10 kg). Oefen telkens ongeveer dezelfde kracht op de voorwerpen uit en kijk wat het effect op de versnelling is.

- Als de massa groter is, dan is de versnelling groter/kleiner bij gelijkblijvende netto kracht
- Als de massa 20 keer zo groot is, dan is de versnelling keer zo groot/klein bij gelijkblijvende netto kracht.

Newton kwam hiermee op

$$F \sim m \cdot a$$

Dit is ook te schrijven als $F = C \cdot m \cdot a$ met C een of andere evenredigheidsconstante.

Als we nu afspreken dat 1 N gelijk staat aan de kracht die een massa van 1 kg versnelt met 1 m/s^2 dan is $C = 1$ en kunnen we schrijven:

$$F = m \cdot a$$

Dit is de wereldberoemde 2^e wet van Newton.

Als er meer dan één kracht werkt, gaat deze wet op voor de resulterende kracht op een voorwerp. Het is daarom algemener om te schrijven

$\Sigma F = m \cdot a$ waarin de notatie Σ staat voor 'de som van', dus ΣF betekent 'de som van alle krachten'.

Je kan ook schrijven $R = m \cdot a$, waarin R de resulterende kracht (de som van alle echte krachten).



TERUGBLIK

Vertel in woorden welke twee verbanden de tweede wet van Newton laat zien.

Voor een steengoed antwoord [klik hier](#)

5.1.3 Snelle katrol



Opdracht 1: Fietsica

Maak de volgende vragen op papier:

1. Een fietser (totale massa van fiets en fietser is 80 kg) rijdt vanuit stilstand weg en trapt met een kracht van 30 N. De wrijvingskracht is dan 10 N. Bereken de versnelling van de fietser.
2. Voor de gemiddelde wrijvingskrachten op een remmende fietser geldt: $F_{w,l} = 6,0 \text{ N}$ en $F_{w,r} = 2,6 \text{ N}$. De fiets met fietser heeft een massa van 91 kg. De vertraging van de fietser is $0,42 \text{ m/s}^2$. Bereken de

remkracht op de fiets met fietser.



Atwood

Nu iets ingewikkelder: de proef van Atwood

Bekijk en beluister

Atwood's machine

Pulley has no mass ☒
 Pulley mass = 2kg ☐

Acceleration: 0.00 m/s²

Force	Red block	Blue block
Tension	49.00 N	49.00 N
mg	39.20 N	49.00 N
Normal	9.80 N	n/a N

Red block mass: 4 kg
 Blue block mass: 5 kg

Concept Questions Notes Audio Intro

Klik voor applet:

<http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/halliday/0471758019/simulations/sim20/sim20.html>

1. Wat zie je in deze applet?
2. Deze applet rekent de versnelling van beide massa's voor je uit. We doen alsof er geen wrijving is.

Laat de applet voor zelf gekozen waardes voor de twee massa's de versnelling berekenen. Controleer deze uitkomst door met pen en papier deze versnelling zelf uit te rekenen. Klopt het?

[Eventueel meer uitleg op [<http://www.youtube.com/watch?v=INb1C8UnnUo>]

Hints:

Hint: Gebruik de tweede wet van Newton.

Hint: Hoe groot is de netto kracht op het hele systeem? Is dat één massa of zijn dat beide massa's?

Hint: Wat is de massa van het versnelde systeem? Is dat één massa of zijn dat beide massa's?



De proef van Atwood als experiment is een van de beroemde proeven uit de geschiedenis van de Natuurkunde (niet de simulatie ervan met een computerprogramma). Heb je enig idee waarom je met deze proef zo veel beter versnellingen (en dus ook de valversnelling) kunt meten dan bij gewoon vallende voorwerpen?

Hints:

Hint: Wat zou je moeten meten om de versnelling van een voorwerp te kunnen bepalen?

Hint: Met $a = \Delta v / \Delta t = (v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}) / \Delta t$ en beginsnelheid nul wordt dit

$$a = v_{\text{eind}} / \Delta t = 1/2 \cdot v_g / \Delta t$$

De gemiddelde snelheid is te bepalen door de verplaatsing en de tijd te meten: $v_g = s / \Delta t$. Dus door s en t te meten is a te bepalen.

5.1.4 Luchtkussenbaan

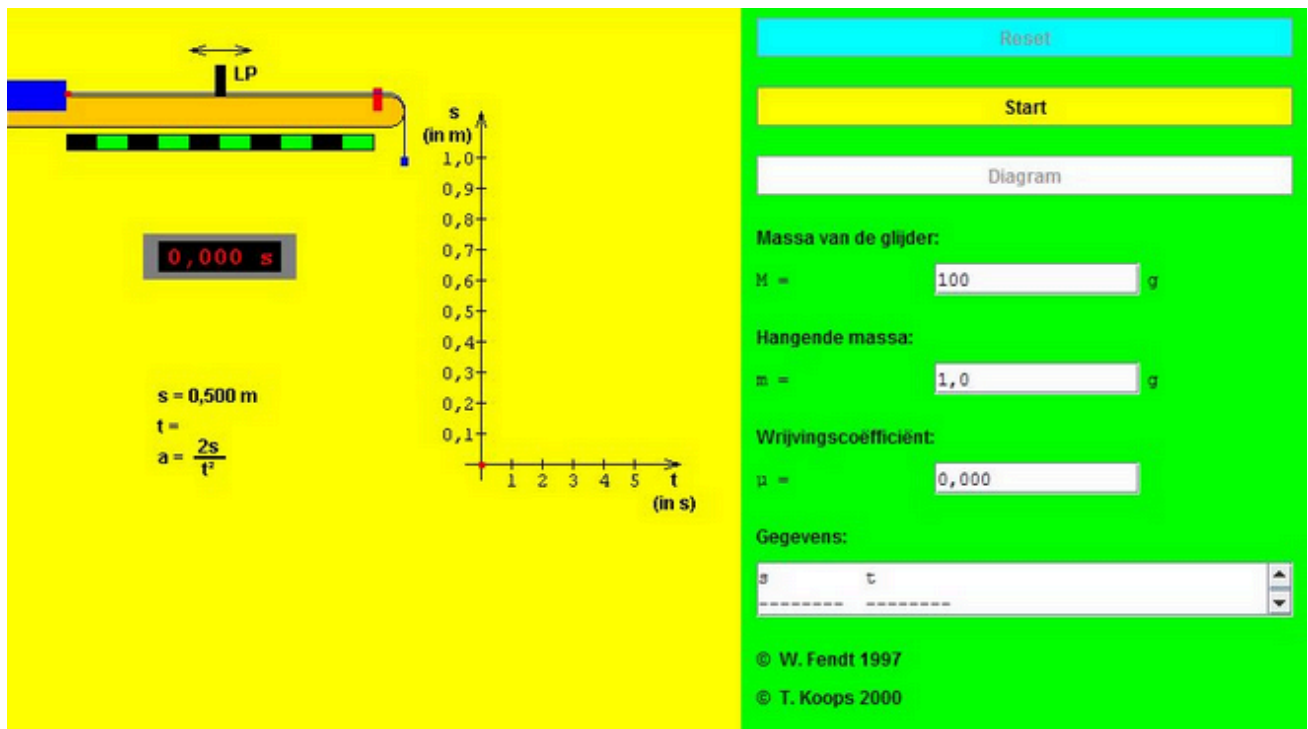
De luchtkussenbaan is een variant op de proef van Atwood.

Een luchtkussenbaan is een opstelling waarbij je beweging met een verwaarloosbare wrijving kunt bestuderen. Met een stofzuiger wordt er lucht door de gaatjes van de baan geblazen, waardoor de bewegende massa rust op een luchtkussen.

Bekijk eerst onderstaand filmpje, waarin een kleine demonstratie van de wrijvingsloze werking van een luchtkussenbaan wordt gegeven. Bekijk daarna onderstaand applet, waarin een zware ruiter ($M=100$ gr) door een piepklein massaatje ($m=1$ gr) wordt voortbewogen.

Klik [hier](#) voor filmpje.





Beantwoord de volgende vragen

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/908361>

Algemene Informatie

Titel Beantwoord de volgende vragen
Aantal Vragen 6

MAIN_SECTION

Rekenen aan Atwood

1. Welke krachten werken er op het bewegende karretje? Maak een krachtenanalyse, dwz teken alle echte krachten die er op het systeem werken.
2. Wat is de resulterende kracht als er geen wrijving is?
3. Wat verwacht je dan als verband tussen de afgelegde afstand s en de tijd t ?
4. Maak met de applet een (s,t) -diagram voor de situatie zonder wrijving met $M=100$ g en $m=1$ g

Meerkeuzevraag

Wat voor verband lijkt er op het oof te bestaan tussen s en t ?

- ☐ een lineair verband
 - ☐ een kwadratisch verband
 - ☐ een exponentieel verband
-

Formule zonder wrijving afleiden

De versnelling van het karretje is volgens het applet te berekenen met

$$a = (mg - \mu Mg)/(M+m)$$

Als de wrijvingscoëfficiënt $\mu = 0$ wordt dit

$$a = mg/(M+m)$$

Bewijs deze formule met behulp van een krachtenanalyse (dus: eerst een plaatje van de krachten, dan $F=m \cdot a$ toepassen)

Uitdagende afleiding

Als er wel wrijving is, geldt de eerder gegeven formule, $a = (mg - \mu Mg)/(M+m)$. Leid deze af.

Opdracht 5

1 Locomotief

Een locomotief met een massa van 85 ton trekt twee treinstellen voort met een trekkracht van 60 kN. Het voorste treinstel heeft een massa van 40 ton. Het achterste treinstel heeft een massa van 50 ton.

Bereken de kracht die het voorste treinstel uitoefent op het achterste treinstel

Opdracht 6

2 Luchtkussenbaan

Een gewichtje met een massa van 50 g trekt via een touwtje een karretje met een massa van 150 g voort. De wrijvingskracht op het voorwerp is 0,10 N. De wrijvingskracht op het gewichtje kunnen we verwaarlozen. Bereken de spankracht in het touwtje.

5.1.5 Traagheidswet

De 1^e wet van Newton zegt dat een voorwerp waarop geen resulterende kracht werkt zijn natuurlijke beweging houdt. Volgens Newton was de natuurlijke beweging de eenparig rechtlijnige beweging. Dit wordt ook wel de traagheidswet genoemd. Met traagheid (inertia) wordt dan de eigenschap van materie bedoeld om in zijn beweging te volharden. Het kost 'moeite' (of meer natuurkundig gezegd: kracht) om die natuurlijke beweging te veranderen. Als een beweging verandert, dan verandert de snelheid in grootte of richting en is er dus een versnelling. De 1^e wet geeft samen met de 2^e impliciet ook een definitie van wat kracht is.

Sommige mensen beweren dat de 1^e wet van Newton overbodig is, omdat hij een speciaal geval zou zijn van de tweede wet van Newton. Immers als $F_r = 0$ zegt de tweede wet dat ook de versnelling 0 is, dus de snelheid constant is, wat de eerste wet zegt. Dit klopt als helemaal duidelijk is wat er bedoeld wordt met

het begrip 'kracht'. Dat wordt niet duidelijk uit de 2^e wet alleen. Newton definieerde het begrip 'kracht' impliciet in zijn eerste en tweede wet samen. Alleen de tweede wet is daarvoor niet genoeg.



Onderzoek op internet

Het begrip traagheid is door Galilei ingevoerd en later door Newton overgenomen. Zoek eens op hoe Galilei het omschreef. Bijvoorbeeld [hier](#) of door zelf te googelen op 'Galilei' en 'inertia'. Zoek en lees net zolang tot je een heldere omschrijving van traagheid kunt geven, die je zelf goed kunt onthouden. Noteer je omschrijving in je werkboek.



Traagheid in voorbeelden

Verklaar met het begrip traagheid de volgende verschijnselen:

1. Een voorwerp dat uit het topje van de mast van een varend zeilschip valt, komt aan de voet van de mast neer, terwijl tijdens de val het zeilschip zich verplaatst heeft.
2. Bekijk onderstaand filmpje en verklaar dit verschijnsel



[//www.youtube.com/embed/-cM9S2AzU28?rel=0](https://www.youtube.com/embed/-cM9S2AzU28?rel=0)

3. Bekijk het filmpje en verklaar het verschil tussen rustig trekken en abrupt trekken. Klik [hier](#) voor het filmpje.
4. Waarvoor dient een autogordel? Wat heeft dit met traagheid te maken?
5. Waarvoor dient een hoofdsteun in de auto? Wat heeft dit met traagheid te maken?
6. Waarom zal de munt in het glas vallen wanneer een kracht de kaart versnelt?



7. Hoe komt het dat de kop van de hamer vaster aan de steel gaat zitten als je de hamer met de achterkant op een blok slaat?



Wat is traagheid?

Leg kort aan je buurman uit wat 'traagheid' is en wat de eerste wet van Newton inhoudt en illustreer dit met een zelf bedacht voorbeeld.

5.1.6 Reactiewet

De 3^e wet van Newton zegt dat krachten altijd in paren optreden. Als voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan oefent voorwerp B een even grote maar tegengesteld gerichte kracht uit op voorwerp A. Hier blijkt de notatie $F_{\text{van A op B}}$ handig, omdat hiermee meteen duidelijk wordt dat er nog een kracht is, $F_{\text{van B op A}}$. Een voorbeeld is het weggrijpen op een fiets. Doordat je trapt oefent de achterband een achterwaarts gerichte kracht uit op het wegdek. Gepaard met deze kracht is er ook een voorwaarts gerichte kracht die het wegdek op de achterband uitoefent. Hierdoor krijgt de achterband en daarmee de hele fiets een versnelling naar voren.

Deze wet wordt wel eens samengevat met actie = - reactie, waarmee bedoeld wordt dat iedere actiekracht gepaard gaat met een reactiekracht. Het minteken geeft dan aan dat de twee krachten tegengesteld gericht zijn. Je moet je hierbij goed bedenken dat de twee paarkrachten op verschillende voorwerpen werken. Ook de termen actie en reactie zijn misleidend, omdat ze suggereren dat de ene kracht de andere veroorzaakt. Een beter beeld is dat van een handdruk. Als persoon A persoon B een hand geeft gebeurt dit op hetzelfde moment ook andersom: persoon B geeft persoon A een hand. Actie en reactiekracht vinden op hetzelfde moment plaats.



Krachtenparen tekenen

Bekijk onderstaande voorbeelden.

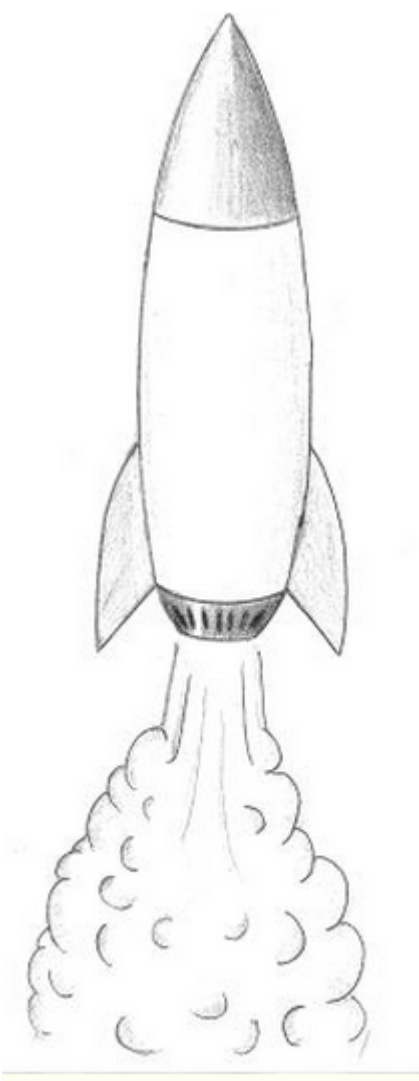
1.



Actie: Band duwt tegen weg

Reactie: weg duwt tegen band

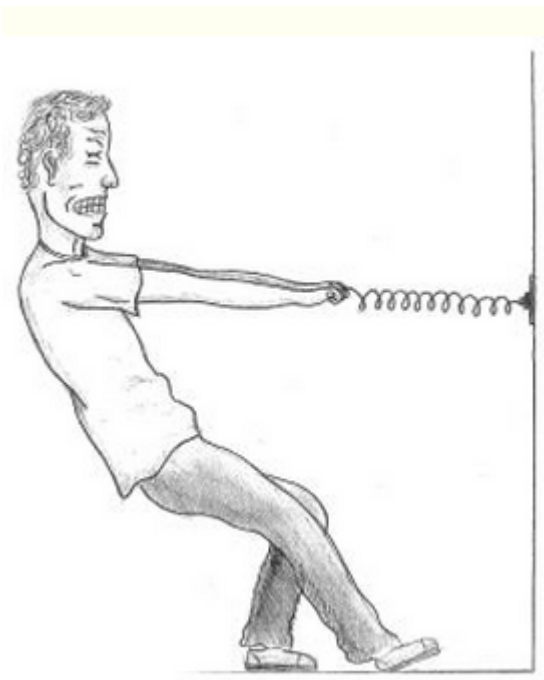
2.



Actie: raket duwt tegen gas

Reactie: gas duwt tegen raket

3.



Actie: man trekt aan veer

Reactie: veer trekt aan man

4.



Actie: aarde trekt aan bal

Reactie: bal trekt aan aarde

Teken in je schrift de bovenstaande situaties na. Teken daarna voor ieder voorbeeld de genoemde krachtenparen.

Geef duidelijk aan wat de aangrijpingspunten van de krachten zijn.



Krachtenparen tekenen 2

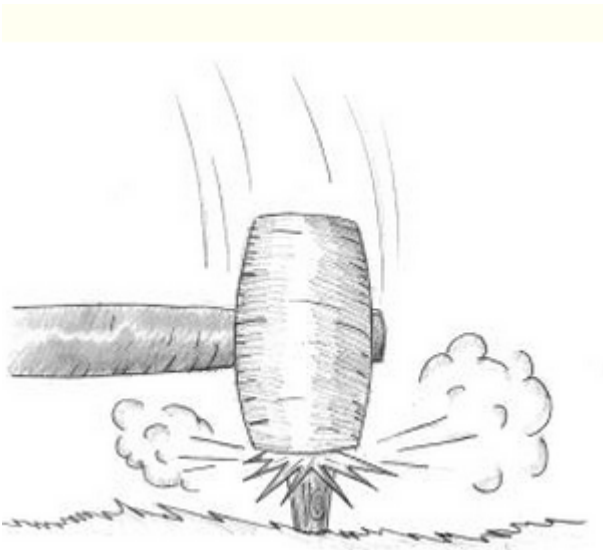
Doe hetzelfde voor de volgende situaties. Geef ook het aangrijpingspunt van de krachten goed aan.

1.



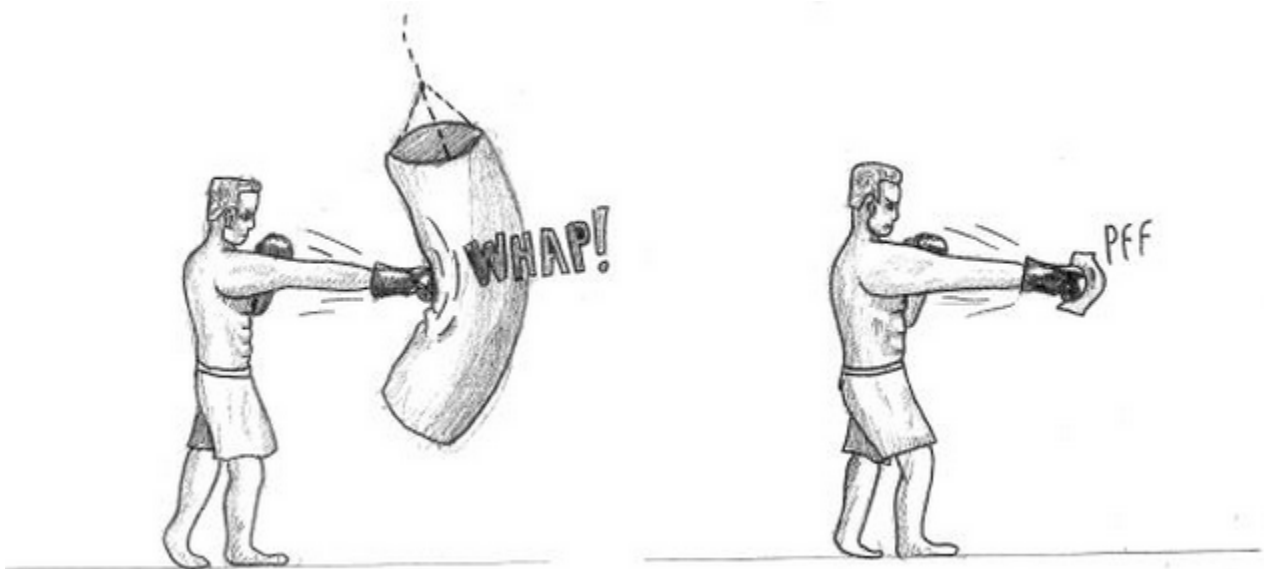
Als je tegen een muur leunt, oefen je een kracht uit op de muur. Op hetzelfde moment oefent de muur een kracht uit op jou, zodat je niet omvalt.

2.



Bij de wisselwerking tussen hamer en stok oefenen beiden een even grote kracht op elkaar uit.

3.

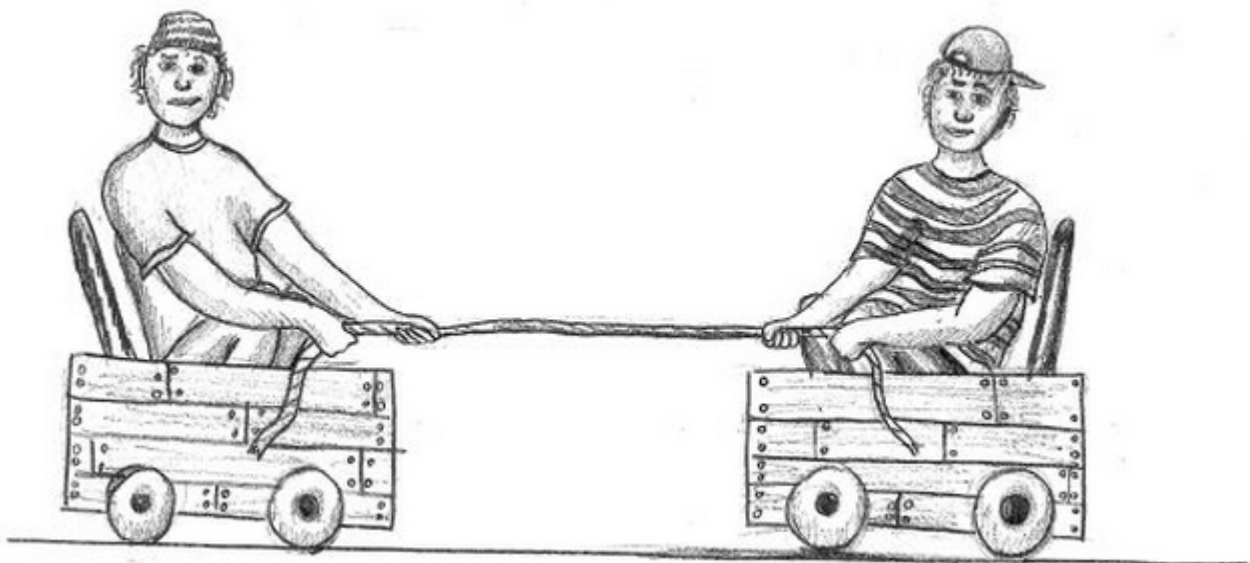


De bokser kan de zware zandzak met een grote kracht raken. Met dezelfde slag kan hij op het dwarrelende papiertje echter slechts een kleine kracht uitoefenen.



Dynamische pubers

Bekijk de volgende situatie:



- Wat gebeurt er als de rechter persoon trekt en de linker persoon alleen maar het touw vasthoudt?
- Wat gebeurt er als de linker persoon trekt en de rechter persoon alleen maar het touw vasthoudt?
- Wat gebeurt er als één van tweeën trekt en de massa van de linker persoon met kar 2x zo groot is als de massa van de rechter persoon met kar?

Reactiewet in woorden

Formuleer de derde wet van Newton op een manier die je goed kunt onthouden.

5.1.7 Breinkrakers

In de volgende vier situaties is het net alsof beweging uit het niets kan ontstaan. Door zorgvuldig alle krachtenparen die een rol spelen te bekijken is het mogelijk te verklaren of de beweging werkelijk ontstaat of niet.



Vragen

<https://maken.wikiwijs.nl/p/questionnaire/standalone/901205>

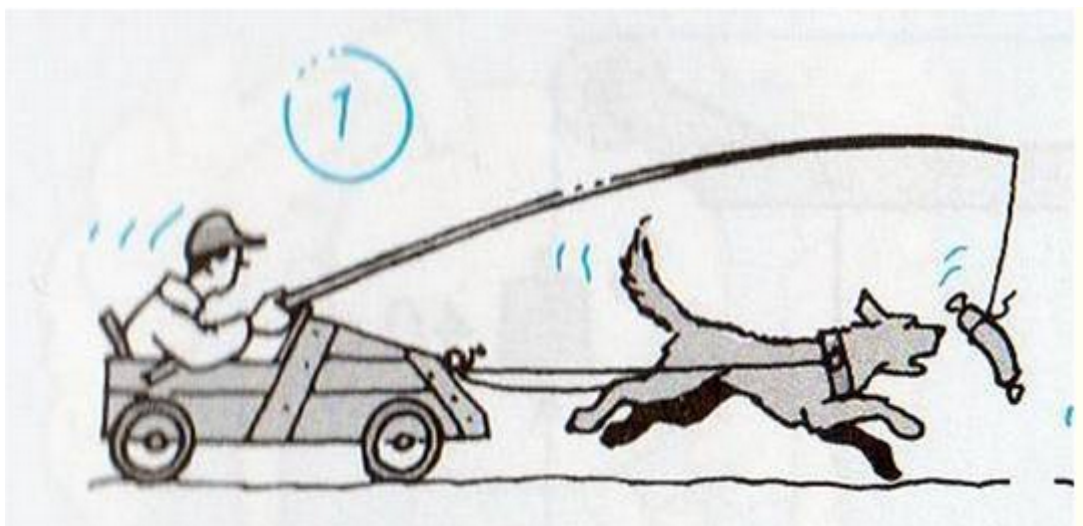
Algemene Informatie

Titel Vragen
Aantal Vragen 4

MAIN_SECTION

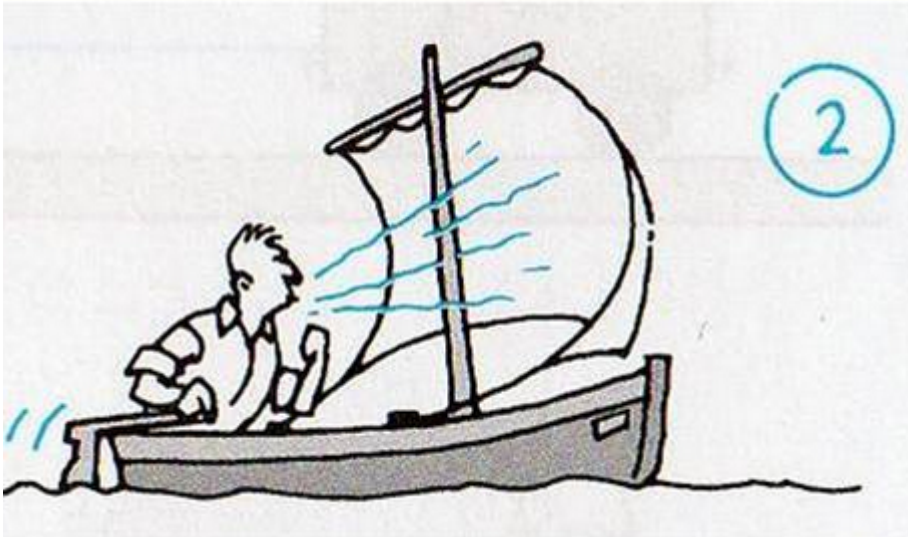
Loops hondje

Gaat dit bewegen?



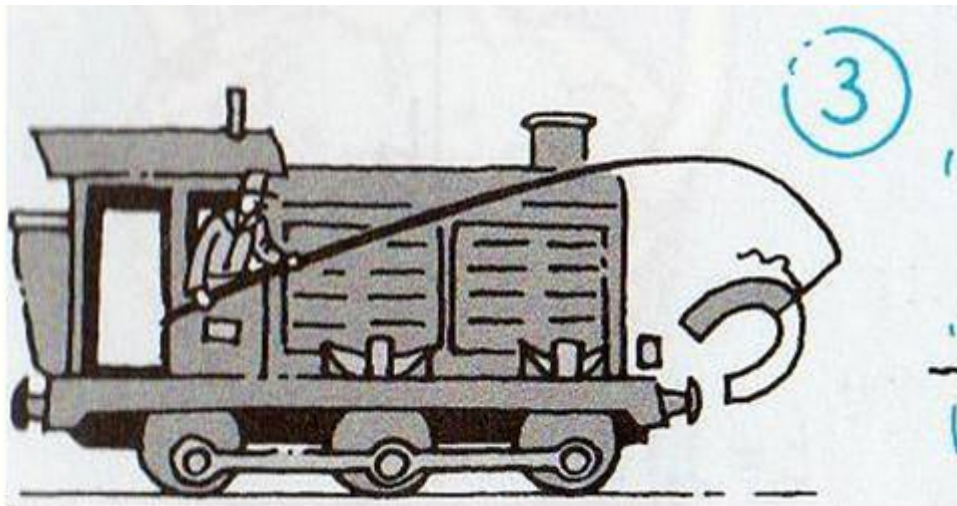
Bolle zeilen

Gaat dit bewegen?



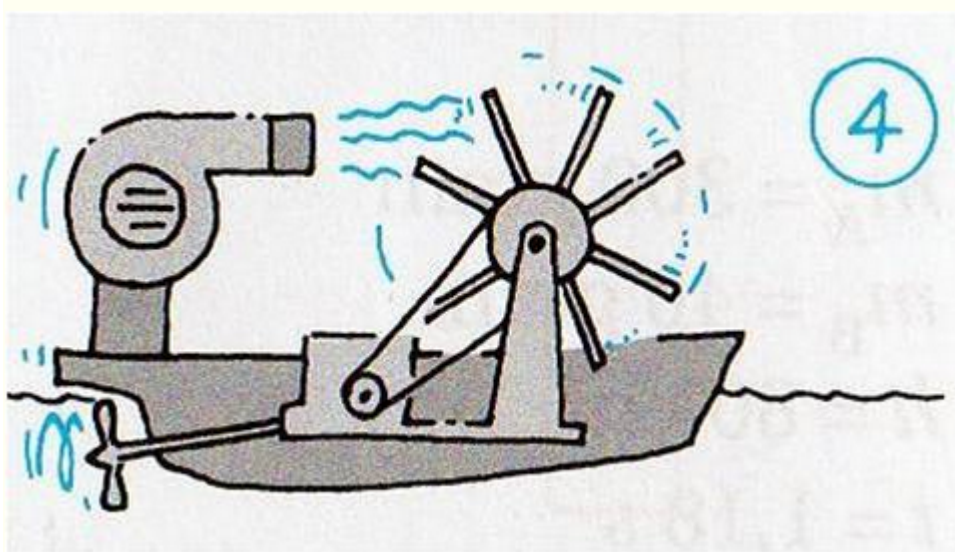
Magische of magnetische trein?

Gaat dit bewegen?



Handige föhn

Gaat dit bewegen?



5.2 Terugblik



Samenvatting

De basis van de hele mechanica kan samengevat worden in de drie wetten van Newton.

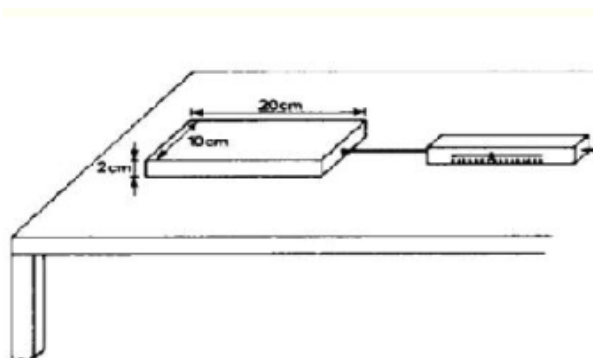
Omschrijf deze wetten nog eens. (Ze passen op de achterkant van een bierviltje.)

Voor een antwoord [klik hier](#)

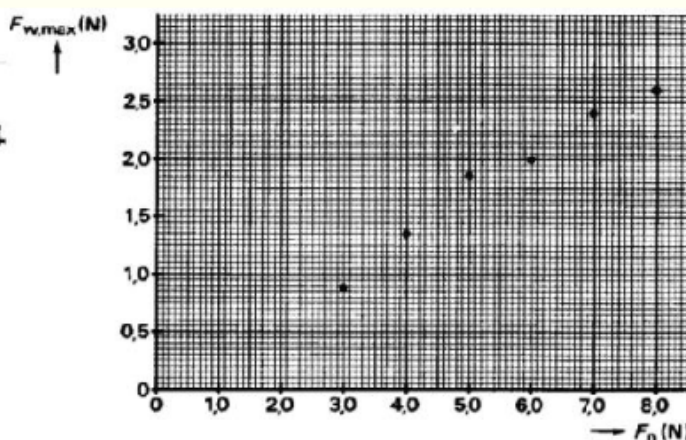


Oefentoets

1. Wrijvingsplankje



Figuur 1



Figuur 2

Een plankje van spaanplaat ligt op een horizontaal tafelblad. De afmetingen van het plankje zijn aangegeven in figuur 1. De massa van het plankje bedraagt 249 g.

A Bereken de dichtheid van spaanplaat.

B Leg uit hoe groot de normaalkracht F_N is die op het plankje werkt.

Aan de zijkant van het plankje wordt een haakje bevestigd. Hierdoor kunnen we met een veerunster een horizontaal gerichte trekkraft uitoefenen op het plankje. Als we dit doen, constateren we dat het plankje niet direct gaat bewegen. Pas als de trekkraft een zekere grenswaarde overschrijdt, komt het plankje in beweging. De wrijvingskracht heeft dan zijn maximale waarde $F_{w,max}$ bereikt.

Door gewichtjes op het plankje te plaatsen, kan de normaalkracht veranderd worden. Zo kan de samenhang worden bepaald tussen de normaalkracht en de bijbehorende maximale wrijvingskracht. Het verband blijkt te voldoen aan:

$$F_{w,max} = f \cdot F_N,$$

als de normaalkracht verdubbelt dan verdubbelt de wrijving ook. De evenredigheidsconstante f heet de wrijvingscoëfficiënt. De resultaten van de metingen zijn verwerkt tot het diagram van figuur 2.

C Teken in figuur 2 de lijn die het verband weergeeft tussen $F_{w,max}$ en F_N .

D Bepaal met behulp van de in figuur 2 getekende lijn de wrijvingscoëfficiënt f .

Iemand tilt nu de tafel aan één kant op. Het plankje wordt op $t = 0$ losgelaten en blijkt eenparig versneld

langs het vlak omlaag te gaan bewegen: het plankje verplaatst dan in 1,5 s over 55,4 cm.

E Toon aan dat de versnelling $0,49 \text{ m/s}^2$ is.

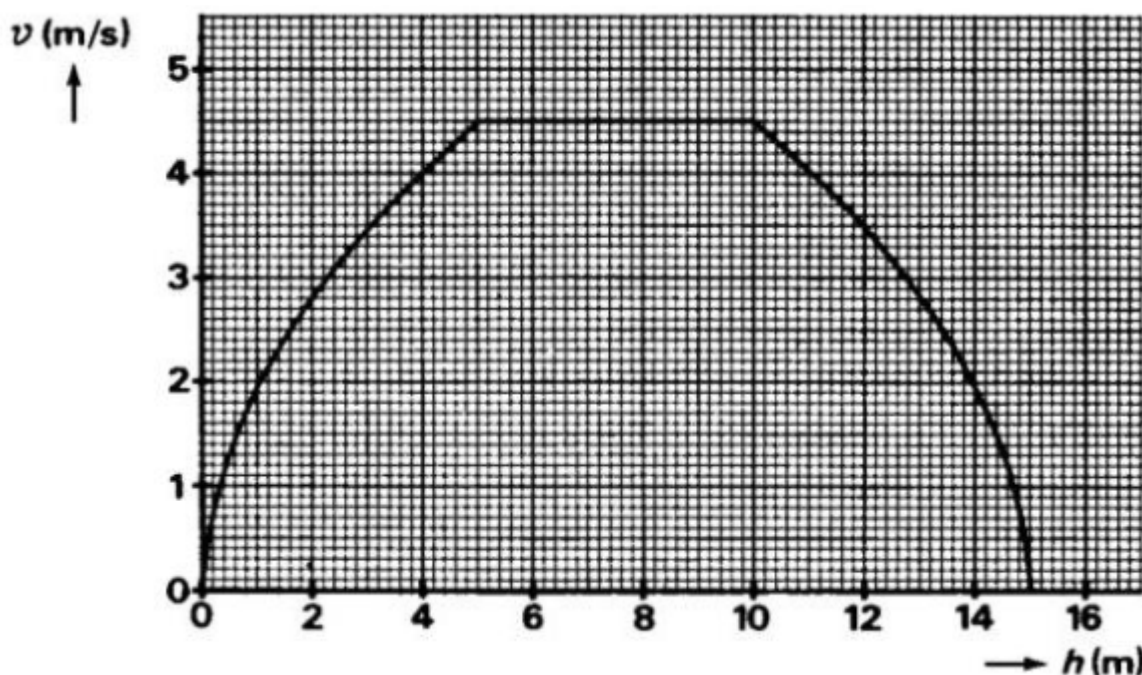
De hoek die het tafelblad maakt met het horizontale vlak is 21° .

F Bereken met behulp van deze versnelling de grootte van de maximale wrijvingskracht.

G Bereken de wrijvingscoëfficiënt in deze situatie.

2. Fenomena

In 1985
werd er in
Rotterdam
een
bijzondere



tentoonstelling *Fenomena* gehouden, waarin de bezoekers interessante natuurkundige proeven konden doen. Eén van de grote attracties was de superlift, de bezoekers gingen met een lift in een toren 15 m omhoog en konden vervolgens een tijdje vrij vallen. Deze superlift was speciaal gemaakt om mensen het effect te laten ervaren van bewegen met een grote versnelling.

Tijdens het stijgen van de lift was de beweging over de eerste 5,0 m eenparig versneld. De volgende 5,0 m was de beweging eenparig. De laatste 5,0 m was de beweging eenparig vertraagd. In de grafiek hiernaast is de snelheid van de liftkooi als functie van de hoogte h weergegeven.

A Hoe groot was de snelheid van de liftkooi na 5,0 m?

B Toon aan dat de liftkooi over de eerste 5,0 m een versnelling had van $2,0 \text{ m/s}^2$.

In de liftkooi stond een persoon met een massa van 70 kg. De persoon ondervond van de liftbodem een kracht, de normaalkracht F_N .

C Leg uit hoe deze F_N tijdens de beweging omhoog volgens de grafiek verandert.

D Bereken F_N gedurende de eerste 5,0 m van het traject.

E Teken in een diagram de grootte van F_N als functie van de hoogte.

Na de beweging omhoog ging de lift omlaag. Een deel van die beweging viel de lift vrij.

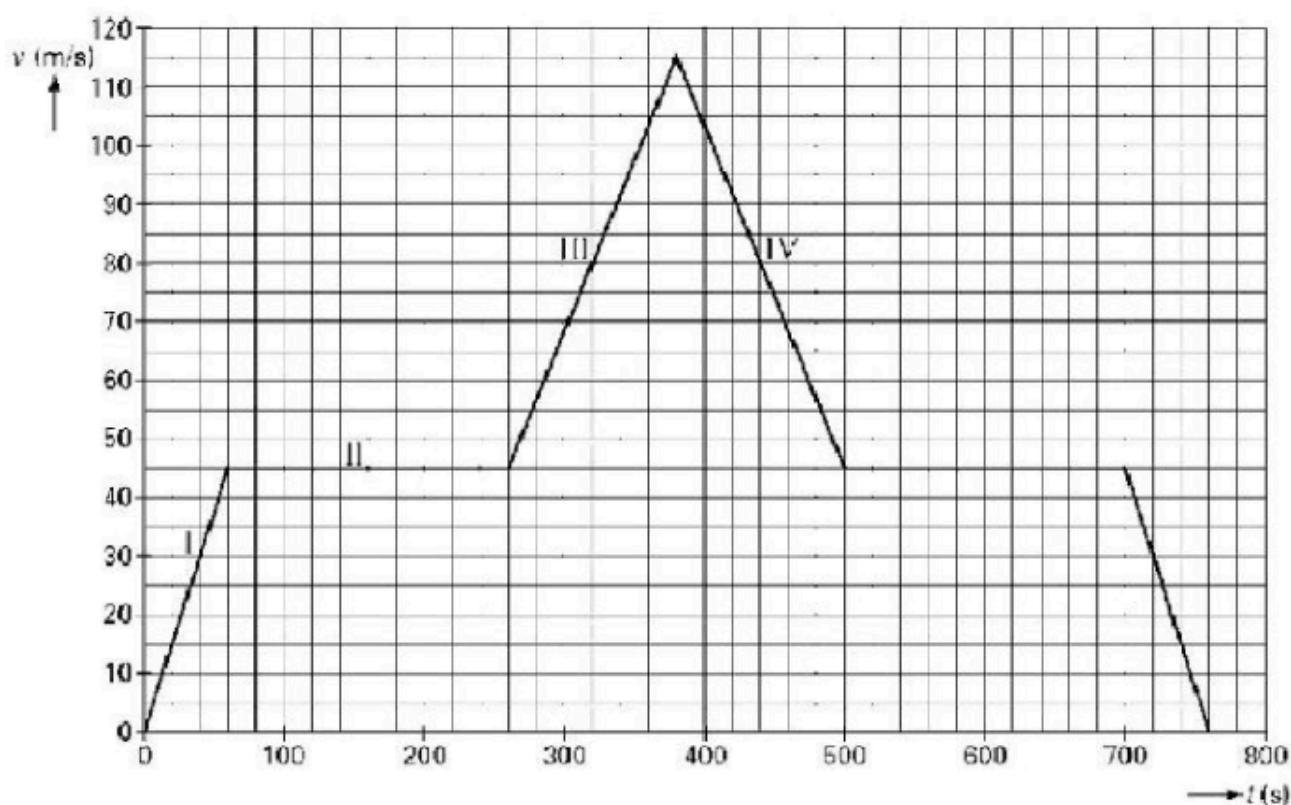
F Wat was toen de grootte van de normaalkracht op de proefpersoon?

3. Transrapid

Net over de Nederlands Duitse grens in de buurt van Emmen is een testcircuit aangelegd voor de Transrapid, een zogenaamde hogesnelheidstrein, zie foto. Maaïke en Lia hebben een rit gemaakt met de Transrapid. Met een versnellingsmeter en hun computer hebben ze de beweging van de trein geregistreerd. In de grafiek hieronder is het (v,t) -diagram van hun rit versimpeld weergegeven. De trein kan een topsnelheid halen van 500 km/h.



A Haalt de trein tijdens deze rit zijn topsnelheid? Licht je antwoord toe.



traject	stilstaan	met constante snelheid voortuit rijden	met constante snelheid terugrijden	versnellen	vertragen
I					
II					
III					
IV					

In de grafiek zijn tussen $t = 0$ en $t = 500$ s vier periodes aangegeven: I t/m IV. Deze vier periodes staan in de tabel van figuur 3. In deze tabel staan vijf mogelijke omschrijvingen van de beweging.

B Geef de aard van de beweging in elk van de vier periodes aan door kruisjes in de juiste kolom te zetten.

C Bepaal de afstand die de trein tussen $t = 0$ en $t = 260$ s heeft afgelegd. Geef de uitkomst in drie significante cijfers.

Tijdens de rit legt de trein 40,0 km af.

D Bepaal de gemiddelde snelheid van de trein tijdens de testrit.

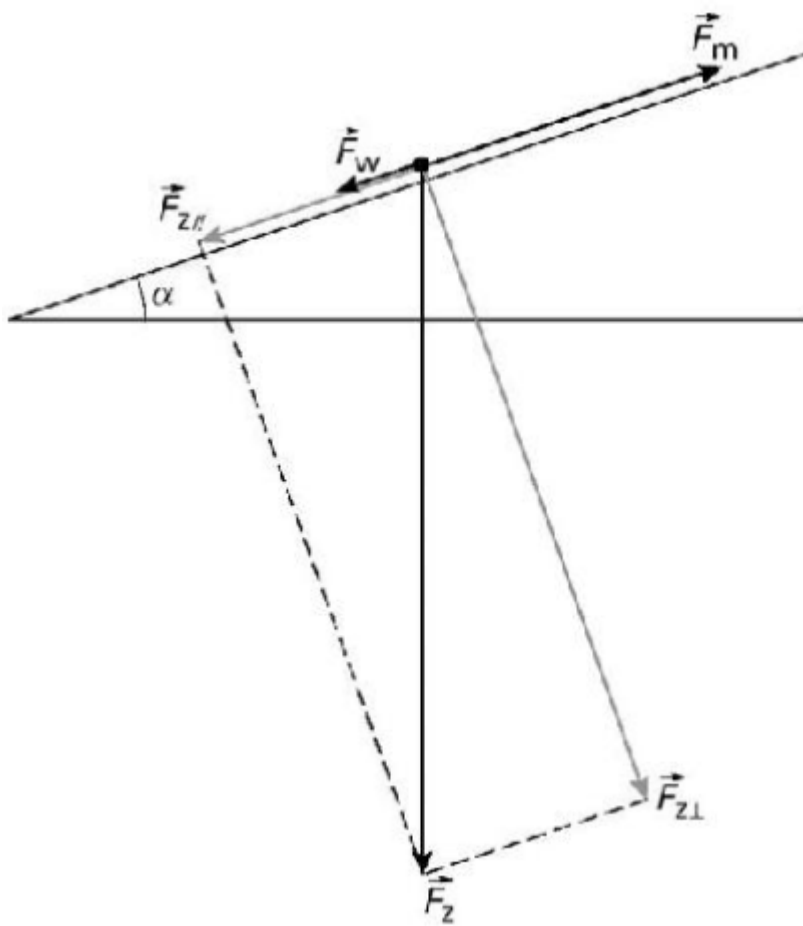
De massa van de trein is $1,9 \cdot 10^5$ kg.

E Bepaal de voortstuwingskracht tijdens de eerste 20 seconde. Verwaarloos daarbij de luchtweerstand.

In het testcircuit bevindt zich een helling. De trein gaat langs de helling omhoog. In figuur 4 zijn de drie krachten getekend die op de trein werken: de kracht van de motor F_m , de luchtweerstand F_w en de zwaartekracht F_z . De normaalkracht F_n is niet getekend. In deze figuur zijn met grijs de componenten F_z^{\parallel} en F_z^{\perp} van de zwaartekracht getekend. Voor de duidelijkheid is de hellingshoek α veel groter getekend dan hij in werkelijkheid is.

Op een bepaald moment is de luchtweerstand F_w gelijk aan 32 kN. Er is dan een kracht F_m van 96 kN nodig om de trein met constante snelheid omhoog te laten gaan.

F Bereken de grootte van de hellingshoek α .



Over dit lesmateriaal

Colofon

Auteurs	Bètapartners
Team	Wikiwijs Maken Auteurs
Laatst gewijzigd	26 november 2014 om 19:55
Licentie	De Nederlandse Creative Commons 3.0 licentie waarbij de gebruiker het werk mag kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken mag maken onder de voorwaarden: Naamsvermelding en Gelijk Delen, zie http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/nl/ . Meer informatie over de CC Naamsvermelding-GelijkDelen 3.0 Nederland licentie licentie.

Aanvullende informatie over dit lesmateriaal

Van dit lesmateriaal is de volgende aanvullende informatie beschikbaar:

Leerniveaus	HAVO 4, VWO 4
Leerinhoud en doelen	Kracht/beweging bij mensen, verkeer, transport van goederen en zonnestelsel, Ruimte, Natuurkunde
Eindgebruiker	leerling/student
Trefwoorden	e-klassen rearrangeerbaar