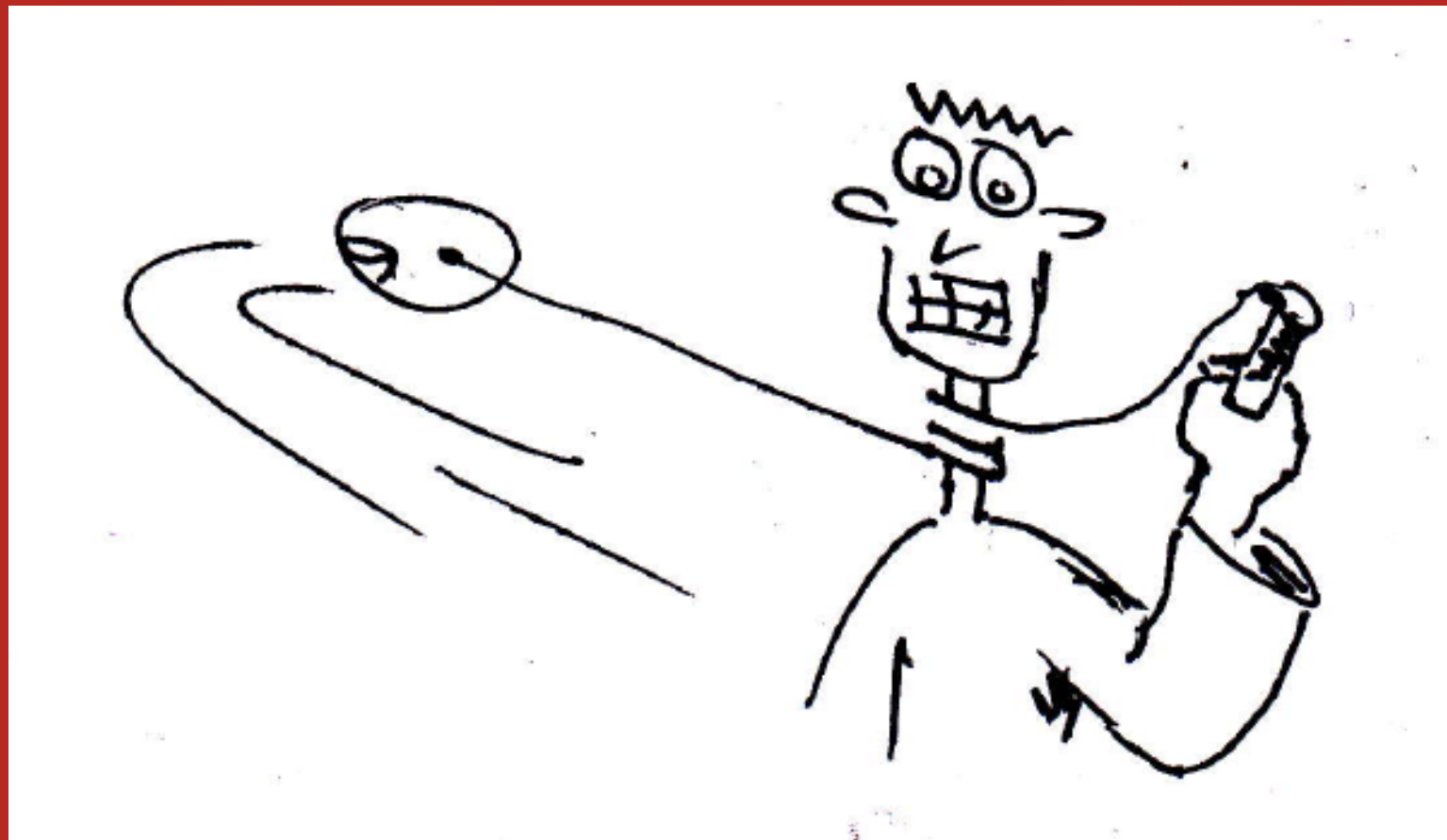


“Wie niet horen wil leren moet voelen”

NATUURKUNDE in ACTIE

Jan van Riswick



VRAAG

Hoe omschrijven jullie onderstaande begrippen?

1. Kracht

2. Arbeid

3. Energie

Uitspraken 1^e jaar natuurkunde studenten RU (2011)

Kracht is de herverdeling van energie

De hoeveelheid energie die een voorwerp heeft is afhankelijk van de kracht die hij heeft

Kracht is een toenemende energie

Energie is een al bestaande beweging

Energie geeft aan hoeveel kracht er is opgeslagen

Kracht is energie die is omgezet in een beweging

Kracht is een vorm van energie die op een voorwerp wordt uitgeoefend

De hoeveelheid energie wordt bepaald door de kracht die je in de handeling stopt

Een kracht is iets praktisch meetbaars. Energie is een wiskundig gevolg van een kracht

HOE / WAT HEBBEN DEZE LEERLINGEN GELEERD?

Hoe groot is het probleem?

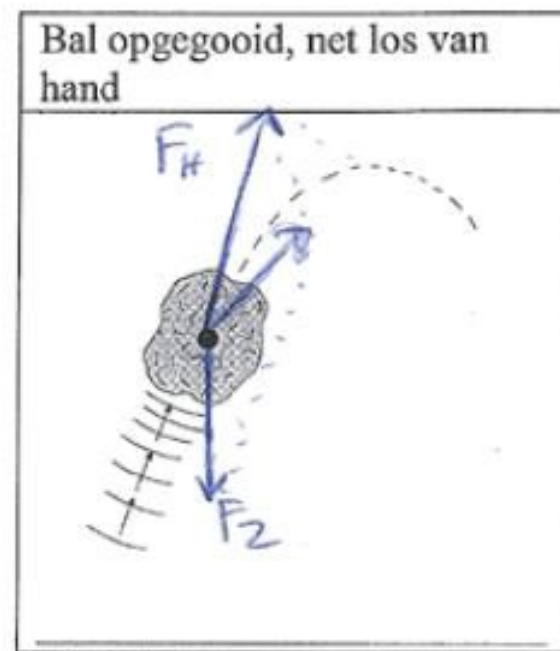
Teken alle krachten op een bal in het hoogste punt van zijn parabolbaan.



Ca. 75% van VWO-5,6 natuurkunde tekent F_z en kracht naar rechts
(Natuurkunde olympiade 2018)

Hoe groot is het probleem?

Teken alle krachten op een steen die net is opgegooid.



Tweedejaars natuurkunde student tekent F_H , F_Z en resulterende kracht

Kracht begrijpen zonder impuls ... onmogelijk! (E. van de Berg & W. Spaan, 2020)

Wat zijn de oorzaken?

Kracht = abstract concept → niet concreet (als 'ding') zichtbaar

Geen rekening gehouden met **wrijvingskracht / NETTO KRACHT**

Leefwereld ervaring is tegen-intuïtief:

* *blijven duwen/trekken/trappen om snelheid te behouden*

* *bewegen met grotere (constante) $v \rightarrow$ grotere spierkracht $\rightarrow F \propto v$*

Andere betekenis in dagelijkse taal: *krachtige taal*
krachtig soepje
kost veel kracht

Verwarring met andere concepten: energie, snelheid, versnelling (ook in de taal)

...

WAAROM ACTIE?

- Plezier

A multivariate model of conceptual change, G. Taasoobshirazi et al. (2016)

- Emotie

Pedagogical linkmaking, P. Scott et al. (2011)

- Lichamelijke ervaring (Embodied learning)

Physical Experience Enhances Science Learning, C. Kontra et al. (2015)

Examining whether touch sensory feedback is necessary for science learning through experimentation, Zacharia (2015)

Effects of Embodied Learning and Digital Platform on the Retention of Physics Content : Centripetal Force (Johnson-Glenberg et al., 2016)

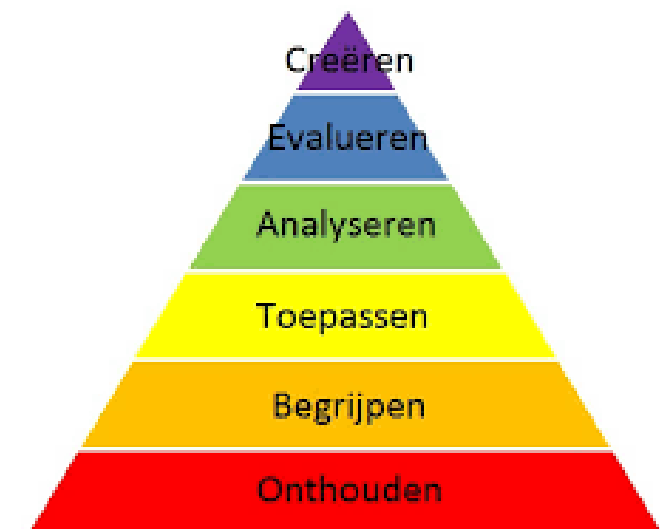
- Creativiteit

Taxonomy of educational objectives, Bloom (1956)

- Samenwerking

Kwalificatie, Socialisatie & Persoonsveroming/Subjectificatie, Biesta (2015)

- Bewegen is gezond!!!!



KRACHT (UITOEFENEN)

Kracht uitoefenen = duwen of trekken in een richting

Kracht uitoefenen = een actie / activiteit !

- *heeft geen verleden of toekomst*
- *is niet op te slaan / geen voorraad*
- *hoeft niet perse door spieren*
- *wisselwerking tussen twee 'objecten' → 3^e wet Newton*
- *kan zonder tussenstof*
- *grootte en richting weergeven als vector*
- *NETTO KRACHT zorgt voor verandering van snelheid → 1^e/2^e wet Newton*
- *richting is van belang voor bepaling NETTO KRACHT (parallellogram)*

ACTIE: KRACHT ERVAREN

Trekken aan elkaar (eventueel met veerunster ertussen):
eerst recht, daarna onder verschillende hoeken

Wat kunnen leerlingen hierbij ontdekken/ervaren?



Wat kunnen leerlingen hierbij ontdekken/ervaren?

1. Kracht uitoefenen = actie / activiteit
2. Actie veroorzaakt re-actie → wisselwerking
3. Actie en re-actie tegelijkertijd / geen onderscheid tussen initiatiefnemer
4. Actie en re-actie: even groot, tegengestelde richting en op verschillende voorwerpen
5. Gelijke krachten in tegengestelde richting' heffen elkaar op → $v = \text{constant}$ (evt. 0)
6. Effect van meerdere krachten → **richting en grootte** zijn van belang
7. NETTO kracht bepalen met parallellogram methode
8. NETTO kracht $\neq 0$ → snelheidsverandering (grootte en/of richting → draaiing/momentwet)
9. Kracht kan iets vervormen
10. Invloed van het zwaartepunt en steunvlak m.b.t. (een stabiel) evenwicht
11. Invloed van het oppervlak van schoenzolen en vloer(bedekking) heeft invloed op wrijvingskracht

ACTIE: $V_{\text{gemiddeld}}$



F_{netto}



F_n / F_w



Gewicht



V_{gem} halverwege V_{begin} en V_{eind}

glijwrijving: hard/zacht duwen gewichtloos

Is de normaalkracht op een helling even groot, groter of kleiner dan op een horizontaal vlak?

- Is dat logisch?
 - Kunnen leerlingen dat onderzoeken?
 - Hoe?
 - Heeft iemand een weegschaal bij zich?
 - Wat gebeurt er als de weegschaal schuin staat?
 - **Doen?**
 - Wordt een **extreme situatie** duidelijk(er)?
- Bij een helling van 90° is de normaalkracht 0 N



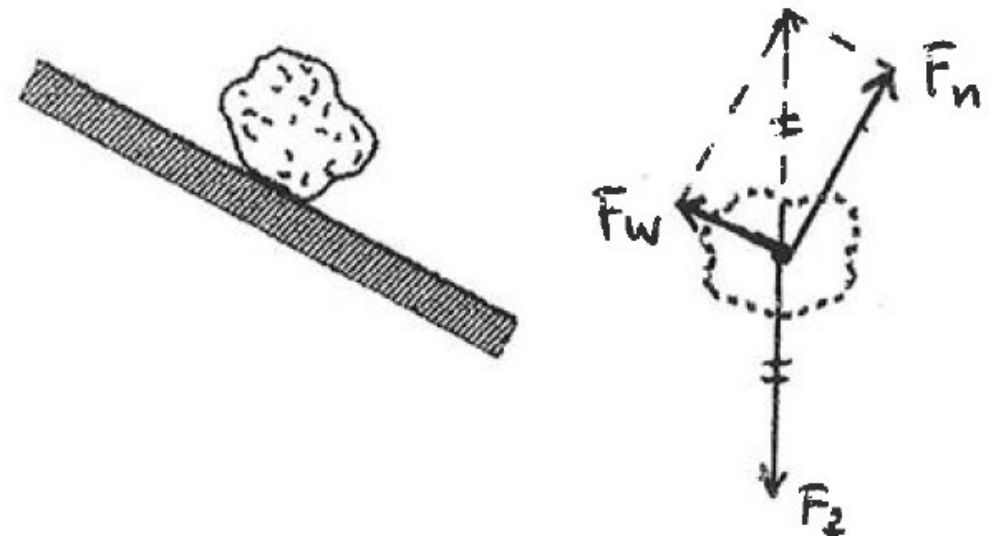
ACTIE: NORMAAL KRACHT OP HELLING



Krachtendiagrammen → Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces (Aviani et al., 2015)

- Wrijving verhindert glijden op helling
- Zwaartekracht is uitgangspunt
- Wanneer blijft de steen stil liggen?
- De zwaartekracht moet 'tegengewerkt' worden
- Een even grote kracht in tegenovergestelde richting recht naar boven
- Welke krachten veroorzaken samen deze kracht recht naar boven?
- Wrijvingskracht langs de helling en normaalkracht loodrecht op de helling

10. Wrijving verhindert glijden.



→ Ontbinden van F_2 is abstract en onoverzichtelijk (vijf vectoren/niet allen 'actief')

ARBEID / WERK (verrichten)

Arbeid / werk verrichten door te duwen of trekken over een afstand in de richting van de verplaatsing

Arbeid verrichten is een PROCES



ACTIE: $W = F \times s$

Gooi een tennisbal: **varieer KRACHT en AFSTAND**



ACTIE: Kracht en verplaatsing in andere richting

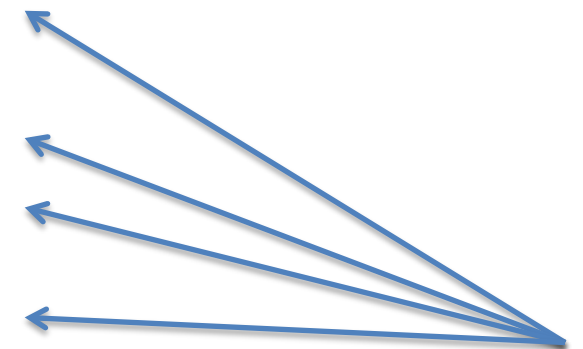
Trekken aan kar + leerling onder verschillende hoeken $\rightarrow v = \text{constant}$

1. Hoe kan je het beste trekken?
2. Waarom moet je 'schuin' harder trekken?
3. Kom je vooruit als je recht naar boven trekt?



(Trek)kracht onder verschillende hoeken ($v = \text{constant}$)

α (°)	F_{trek} (N)	$F_x = F_{\text{trek}} \cdot \cos \alpha$ (N)
0	46	46
20	50	47
30	55	48
40	60	46
50	75	48
90	∞	∞



Conclusie:

Component van (trek)kracht in richting van de verplaatsing bepaalt de arbeid

$$\rightarrow W = F_{\text{trek}} \cdot s = F_x \cdot s = F_{\text{trek}} \cdot \cos \alpha \cdot s$$

ENERGIE

Energie is een abstracte voorraad voor het verrichten van arbeid (werk) of het leveren van warmte

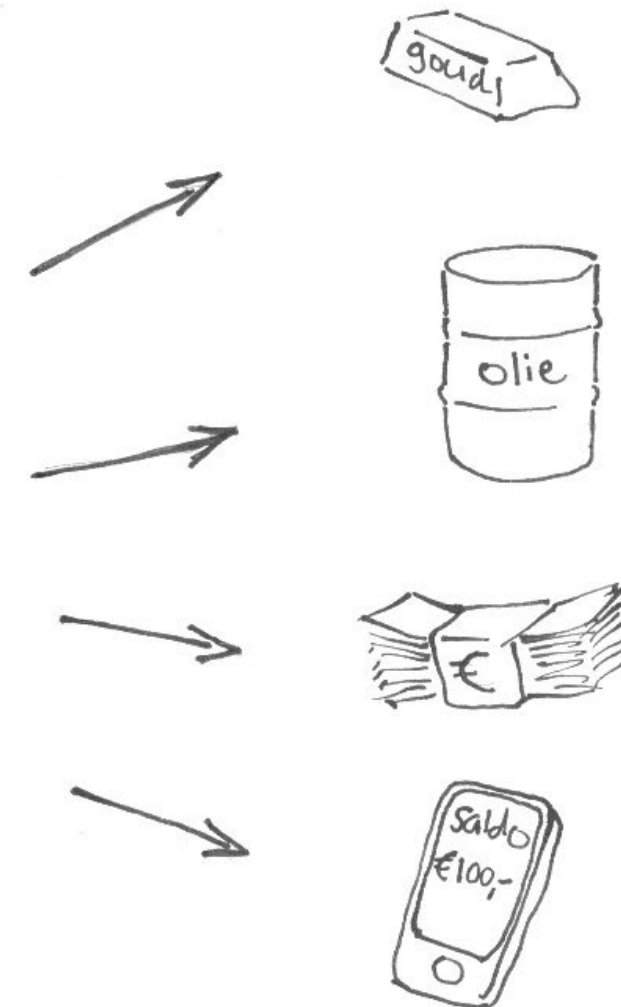
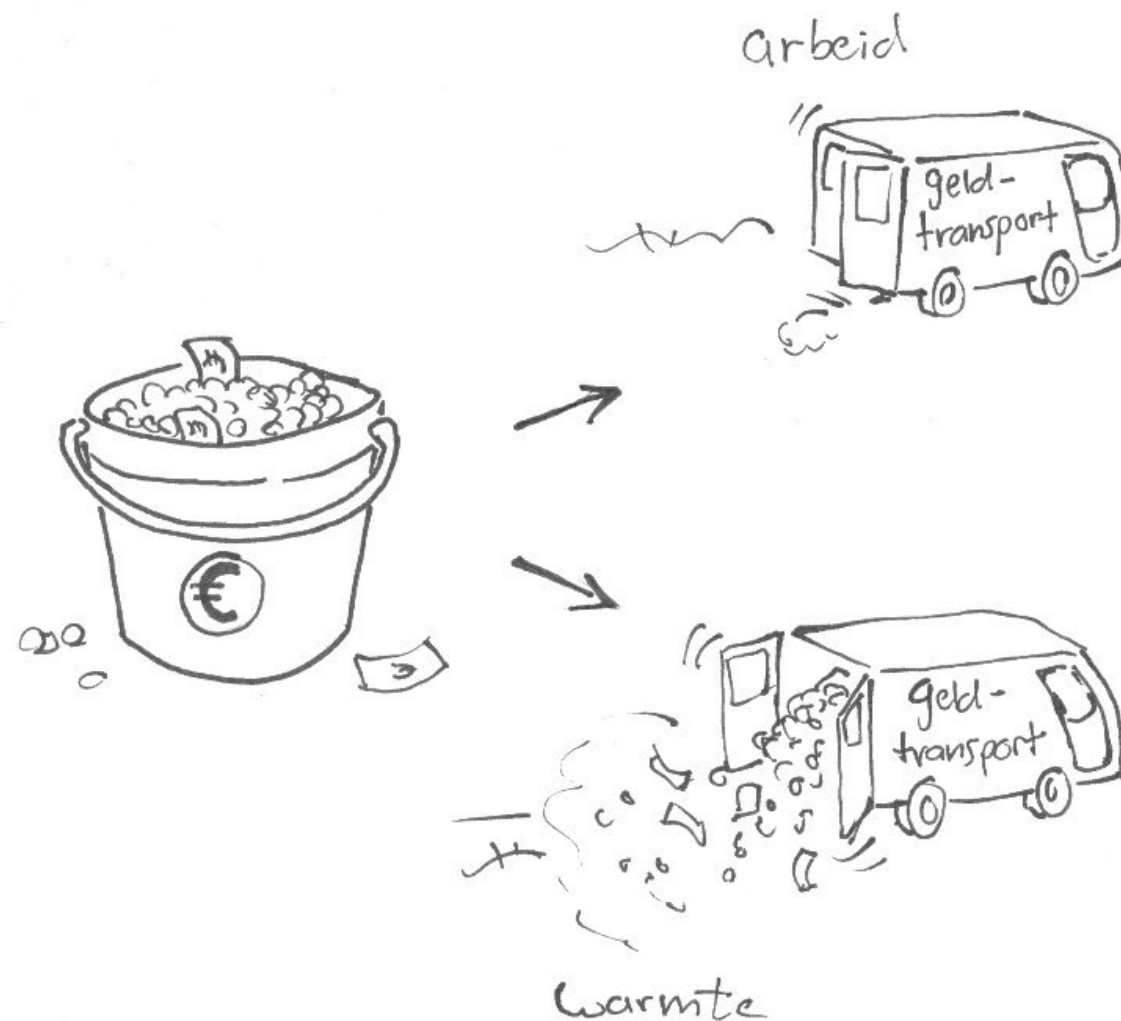
Energie is een TOESTAND grootte

Energie kan overgedragen worden naar andere voorwerpen of omgezet in andere soorten waarbij de totale hoeveelheid constant blijft (maar minder nuttig bruikbaar)

Energie: (abstracte)
voorraad = **TOESTAND**

Energie-
transport = **PROCES**

Energie: (abstracte)
voorraad = **TOESTAND**



ACTIE: Hoeveel is 1 Joule?

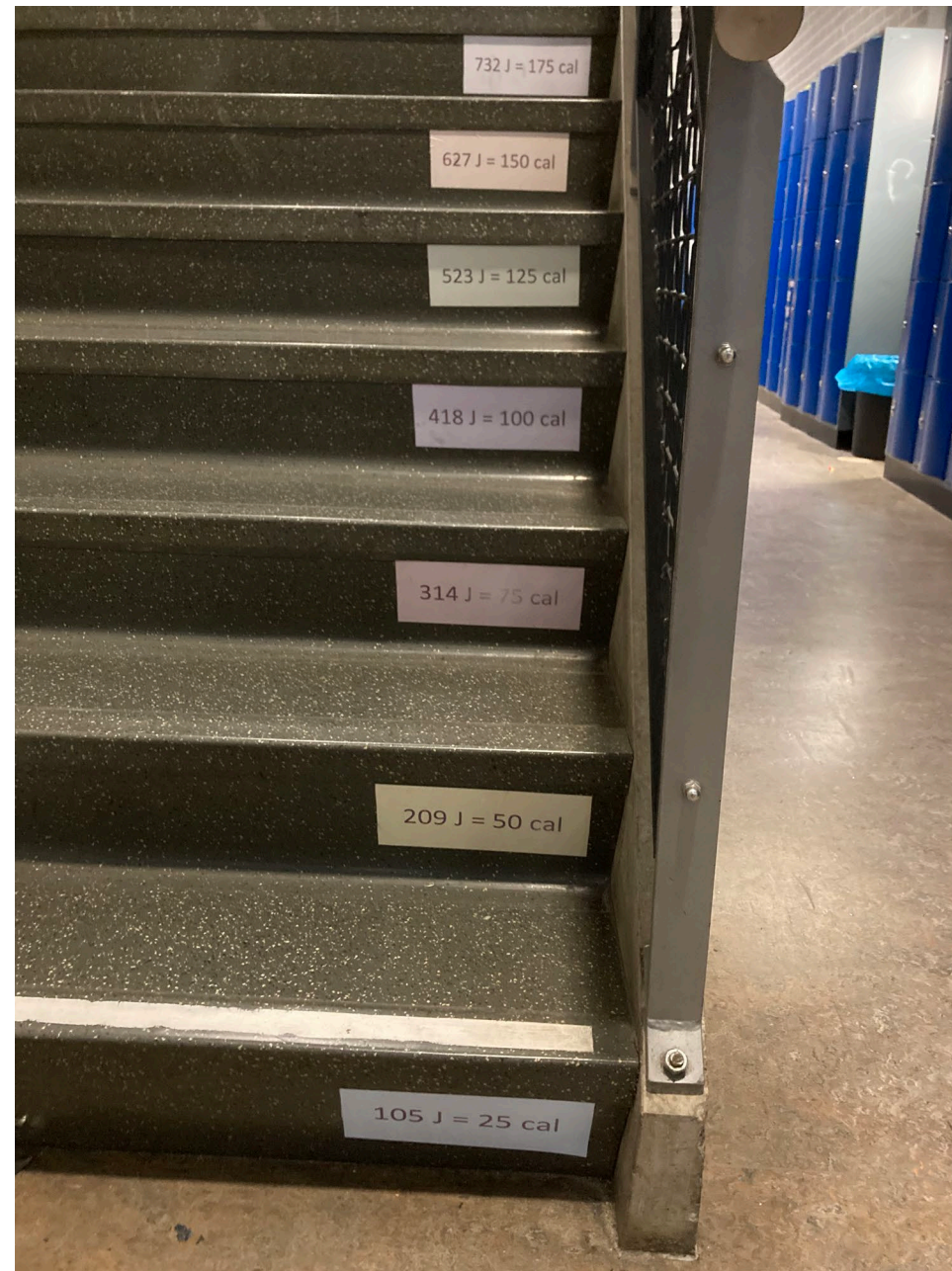


ACTIE: Hoeveel is 1 Joule?



ACTIE: Hoeveel is 1 kJ?

ACTIE: Hoeveel is 1 kJ?



1,8 m

Hoe leren leerlingen (of jij) 'uit het hoofd'?

Leer onderstaande getallenrijen uit je hoofd in 1 minuut:

Rij 1: 610894121158

Rij 2: 106614921815

Rij 3: 198520162019

Noteer de getallen (zonder overleg)

Hoe leren leerlingen (of jij) 'uit het hoofd'?

Controleer de getallen:

Rij 1: 610894121158

Rij 2: 106614921815

Rij 3: 198520162019

Rij 3: recente jaartallen → makkelijk leerbaar

Rij 2: 1066 slag bij Hastings; 1492 'ontdekking' van Amerika; 1815 slag bij Waterloo

→ bekende gebeurtenissen zijn makkelijk leerbaar

Rij 1: geen relatie's → moeilijk leerbaar

Lees onderstaande tekst voor jezelf door (30 sec.)

Een krant is beter dan een weekblad. Het strand is een betere plek dan de straat. Eerst kan men beter rennen dan lopen. Je moet het wellicht een aantal keren proberen. Het vraagt wat handigheid maar is makkelijk te leren. Wanneer je eenmaal succes hebt, treden er nauwelijks nog complicaties op. Vogels komen zelden te dichtbij. Als dingen echter losbreken, krijg je geen tweede kans.

Schrijf de tekst (of enkele zinnen) op papier

- **Is dat lastig?**
- **Waarom?**

Het maken en oplaten van een vlieger

Een krant is beter dan een weekblad. Het strand is een betere plek dan de straat. Eerst kan men beter rennen dan lopen. Je moet het wellicht een aantal keren proberen. Het vraagt wat handigheid maar is makkelijk te leren. Wanneer je eenmaal succes hebt, treden er nauwelijks nog complicaties op. Vogels komen zelden te dichtbij. Als dingen echter losbreken, krijg je geen tweede kans.

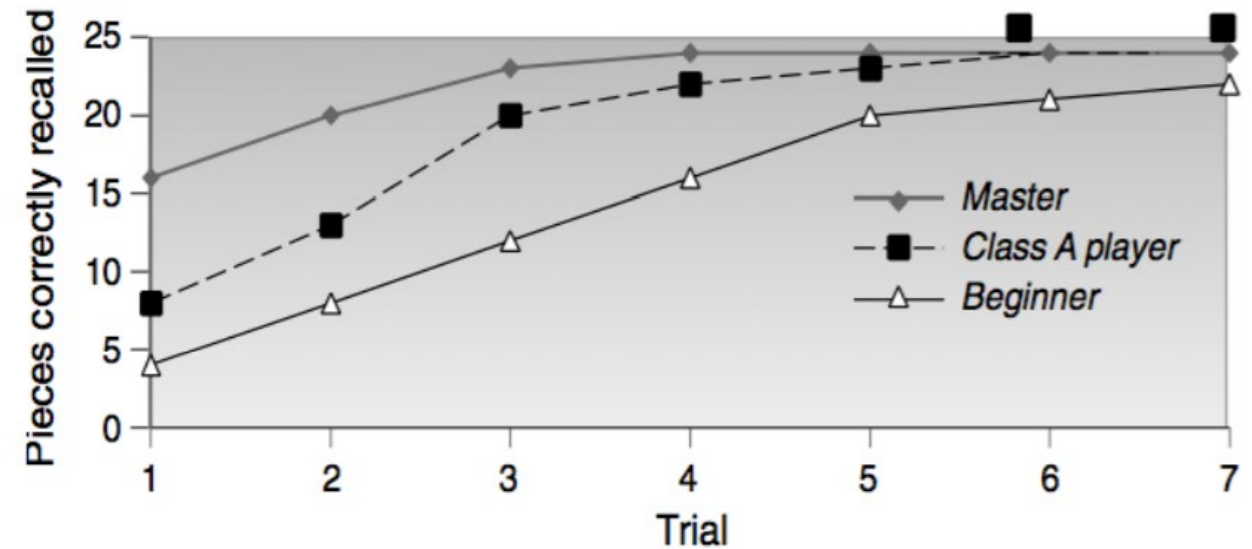
Wat is de essentie?

Als je het begin/de kapstok hebt gemist kan je het verhaal niet meer volgen...

....

→ leren in SAMENHANG

Denken van schakers (de Groot, 1946)

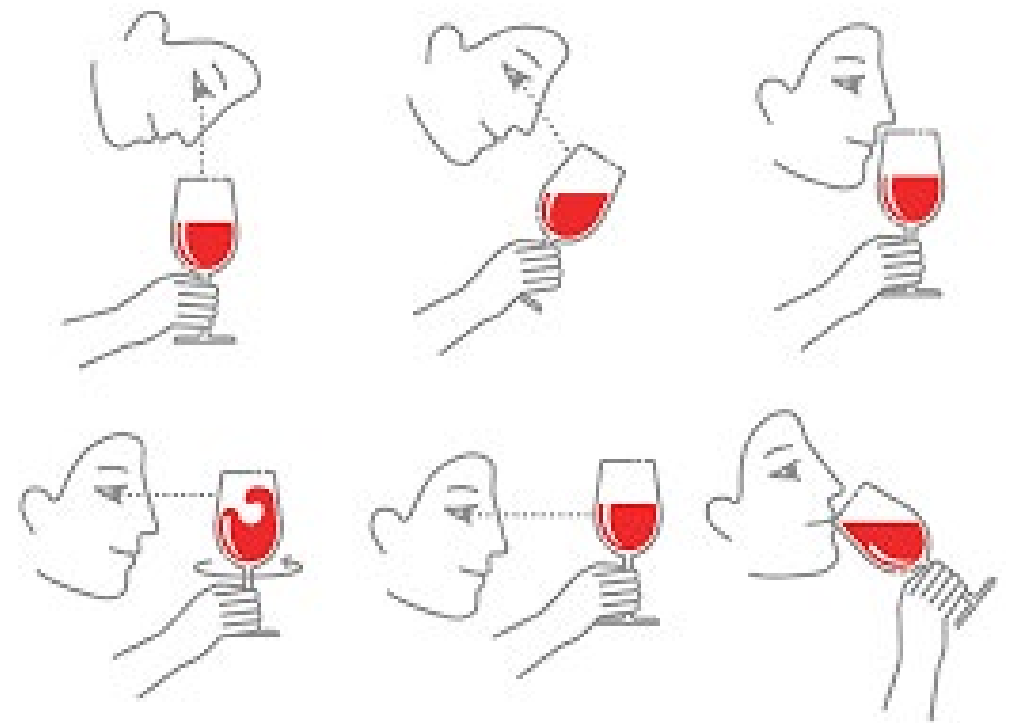


- Opstelling onthouden → nabouwen
- Beginners hebben meer pogingen nodig
- Gevorderden herkennen patronen/spellen
- Gevorderden hebben meer moeite met willekeurig geplaatste stukken



Wijn proeven (Hugson & Boakes, 2001)

- Driehoeksmeting:
2 dezelfde & 1 andere wijn
→ Welke is anders?
- Beginners = Gokkans (33%)
- Experts → significant >> gokkans
- Kennis van samenhang:
geur/kleur/maak/omschrijvingen



Leren Leren: Verstraete & Nijman (2020)

- Miljarden hersencellen: neuronen
- Neuronen maken verbindingen = vuren
- Samen vuren levert netwerk
‘Neurons that fire together, wire together’
- Vaak gebruiken = groei & ingewikkelde verbindingen
→ **sterk netwerk**
- Lange termijngeheugen =
groeidend (spinnen)web



Concepten omschrijven

Vijf dimensies (Halloun, 1998):

domain, organization, quantification, expression and employment.

domein: regels/definities

samenhang

kwantificatie

uitdrukking

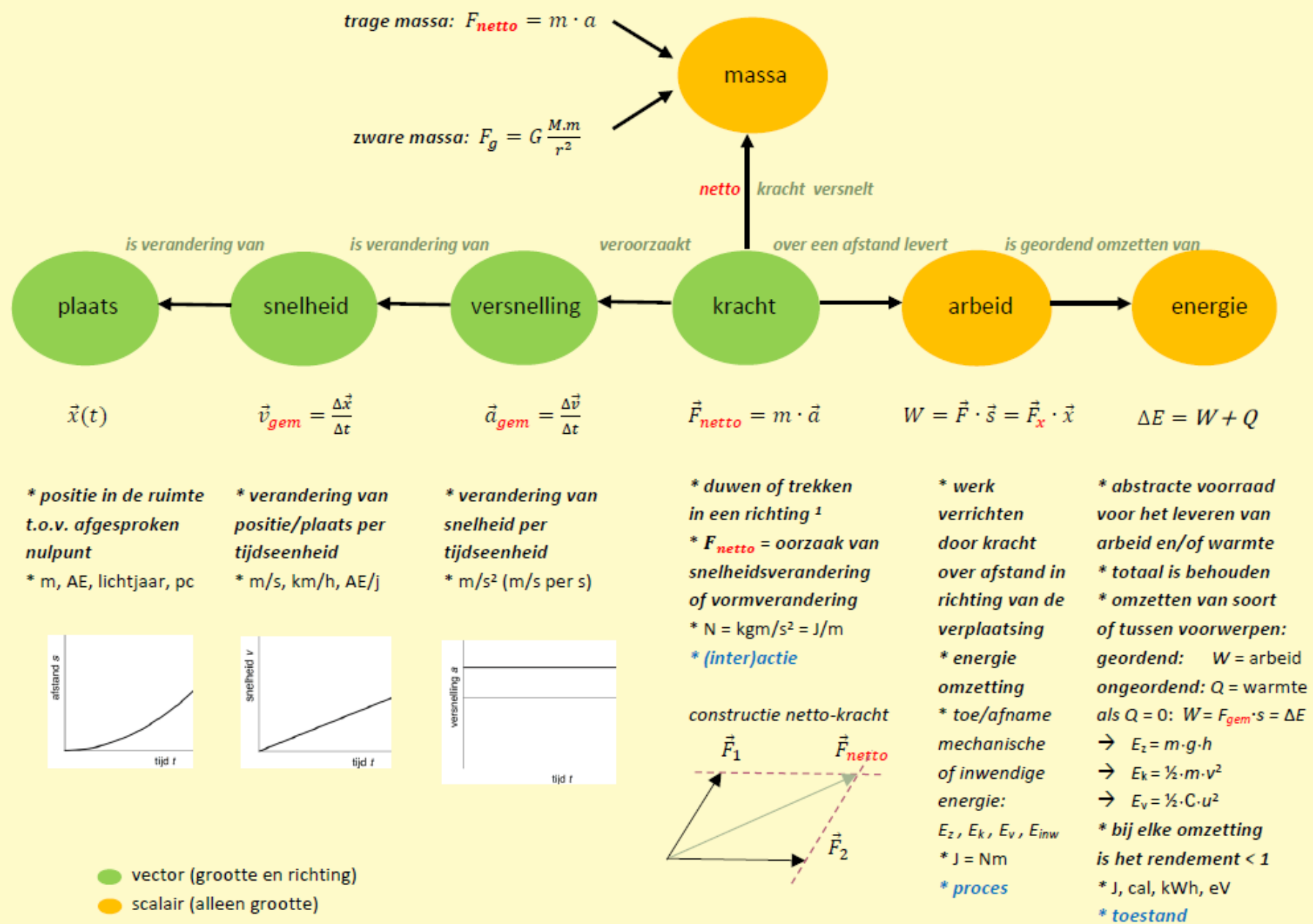
toepassing

Newtonian Concept of Force (Halloun, 1998)

Force Domain

- ◆ The *domain* of the concept of force consists of all couples of interacting physical objects. In Newtonian models, the couple's element that is being studied is referred to as the *object*, the other as the *agent*.
- ◆ An object can *not* interact with itself. Every force must have an external agent. Unless a distinct agent exists that interacts in a specific way with a given object, the concept of force cannot be used.
- ◆ The concept of force is *explanatory*. It is a concept of dynamics and not kinematics; it explains the *change* in the momentum (or velocity) of an object.
- ◆ The existence of an interaction, and hence the need for the concept of force, can be recognized from the *kinematical state* of an object: a free particle needs not to interact with any agent to maintain its constant momentum (or velocity); however any *change* in its momentum requires an interaction with one or many agents.
- ◆ A single force represents *one side* of the interaction, the action of an agent on an object, or that of the latter on the former.
- ◆ Forces come in pairs: the two opposite forces exchanged by an object and an agent are *simultaneous*, and both are involved in any interaction.
- ◆ *No intermediary* between an object and an agent is needed for them to interact (this is true at the macroscopic level but not necessarily at the microscopic level).

Definities, samenhang, uitdrukking, kwantificatie

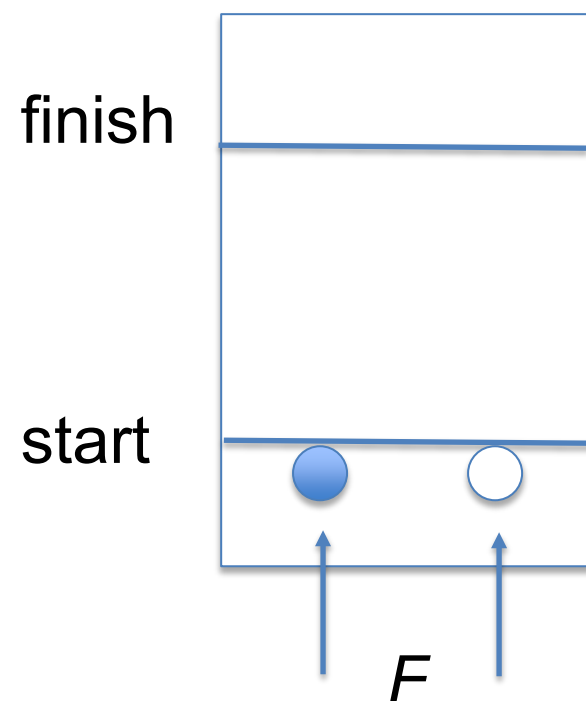


¹ Krachten werken alleen tijdens de (inter)actie: er bestaat geen 'kracht-voorraad' die kan worden overgedragen. Krachten worden uitgeoefend bij contact tussen twee voorwerpen of op afstand (evt. in vacuüm en/of zonder spieren): b.v. zwaartekracht van de aarde op de maan en omgekeerd

Toepassing is ook belangrijk

Gegeven: $m_1 : m_2 = 4 : 1$
 constante kracht
 geen F_w (luchthockey)

Gevraagd: $E_{k,1} : E_{k,2}$



Antwoord

Leerlingen redeneren meestal vanuit $E_k = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow 4x$ groter

Met samenhang tussen concepten eenvoudig op te lossen:

F en s zijn hetzelfde $\rightarrow W =$ hetzelfde $\rightarrow \Delta E =$ hetzelfde $\rightarrow E_{k,1} = E_{k,2}$

Sleutelbegrip: traagheid

1^e wet van Newton

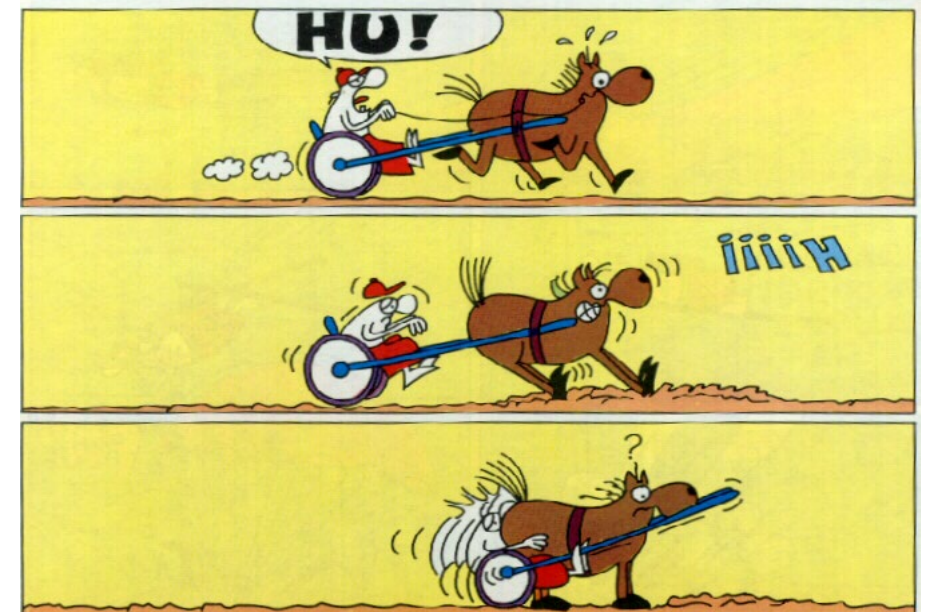
Probleem ontstaat vanuit ervaring (op aarde)

Phenomological primitive, p-prim (DiSessa, 1984)

blijven trappen om snelheid te behouden

fietsen met constante $v_1 \rightarrow$ spierkracht uitoefenen

*fietsen met constante $v_2 = 2.v_1 \rightarrow$ grotere spierkracht $\rightarrow$ ' **$F =$ evenredig met v** '*



Begrip van het traagheidsprincipe levert meerdere inzichten:

1. Rust $\rightarrow F_{\text{netto}} = 0 \rightarrow$ 1^e wet van Newton
2. F_{netto} is oorzaak van snelheidsverandering $\rightarrow$ 2^e wet van Newton
3. Kracht wordt niet overgedragen (**ontkracht impetus theorie**)
4. Daaiend voorwerp: voorkomen dat voorwerp rechtdoor beweegt $\rightarrow F_{\text{mpz}}$
5. Kinetische energie blijft behouden als er geen arbeid wordt verricht
6. Extra energie nodig om snelheid te veranderen $\rightarrow \Delta W = \Delta E_k$

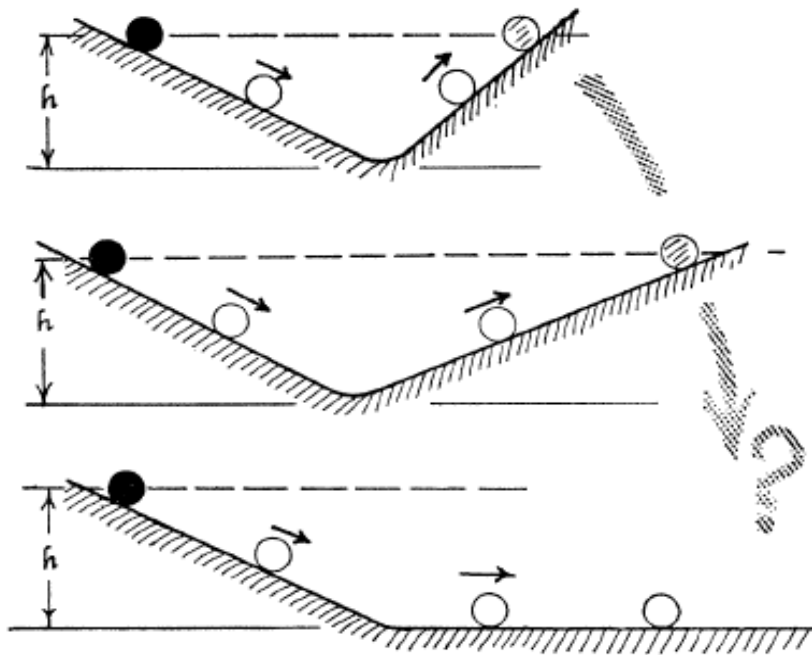
Traagheid

Goede benaming?

Waarom duurde het zo lang voordat de 'traagheidswet' werd ontdekt?

Descartes: ervaring op Nederlands ijs

Gedachten experiment van Galileo



ACTIE: Traagheid

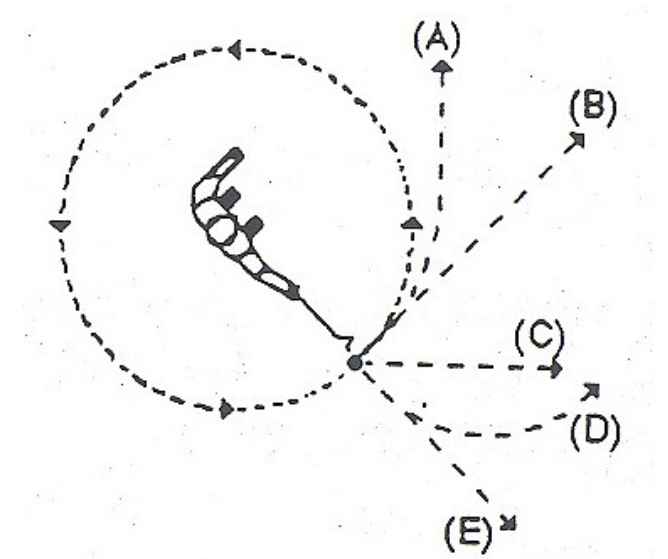
1. In welke richting werkt de kracht in een bocht, naar binnen of naar buiten?

- a. Op jezelf in een bocht van de achtbaan;
- b. Op een schaatser in de bocht;
- c. Op een kogel die wordt rondgeslingerd;
- d. Op een kind in een draaimolen;
- e. Op een trui in een centrifuge;
- g. Op een auto in de bocht;
- h. Op water in een meanderende rivier.

Bij laatste optie zeggen leerlingen vaker → kracht naar binnen

2. Hoe gaat de kogel verder als deze wordt losgelaten op het moment zoals aangegeven in de tekening?

*3. Slaan/tikken → tennisbal / knikker / biljartbal / bowlingbal
→ rondje laten maken*



Actie: Traagheid uitbeelden

→ 5 groepen van 6

Bedenk in 3 min. hoe je traagheid in max. ca. 30 s kan uitbeelden

→ niet praten, geen hints, niets aanwijzen, geen materialen

Actie: Traagheid uitbeelden

→ 5 groepen van 6

Bedenk in 3 min. hoe je traagheid in max. ca. 30 s kan uitbeelden

→ niet praten, geen hints, niets aanwijzen, geen materialen



Traagheid in de ruimte

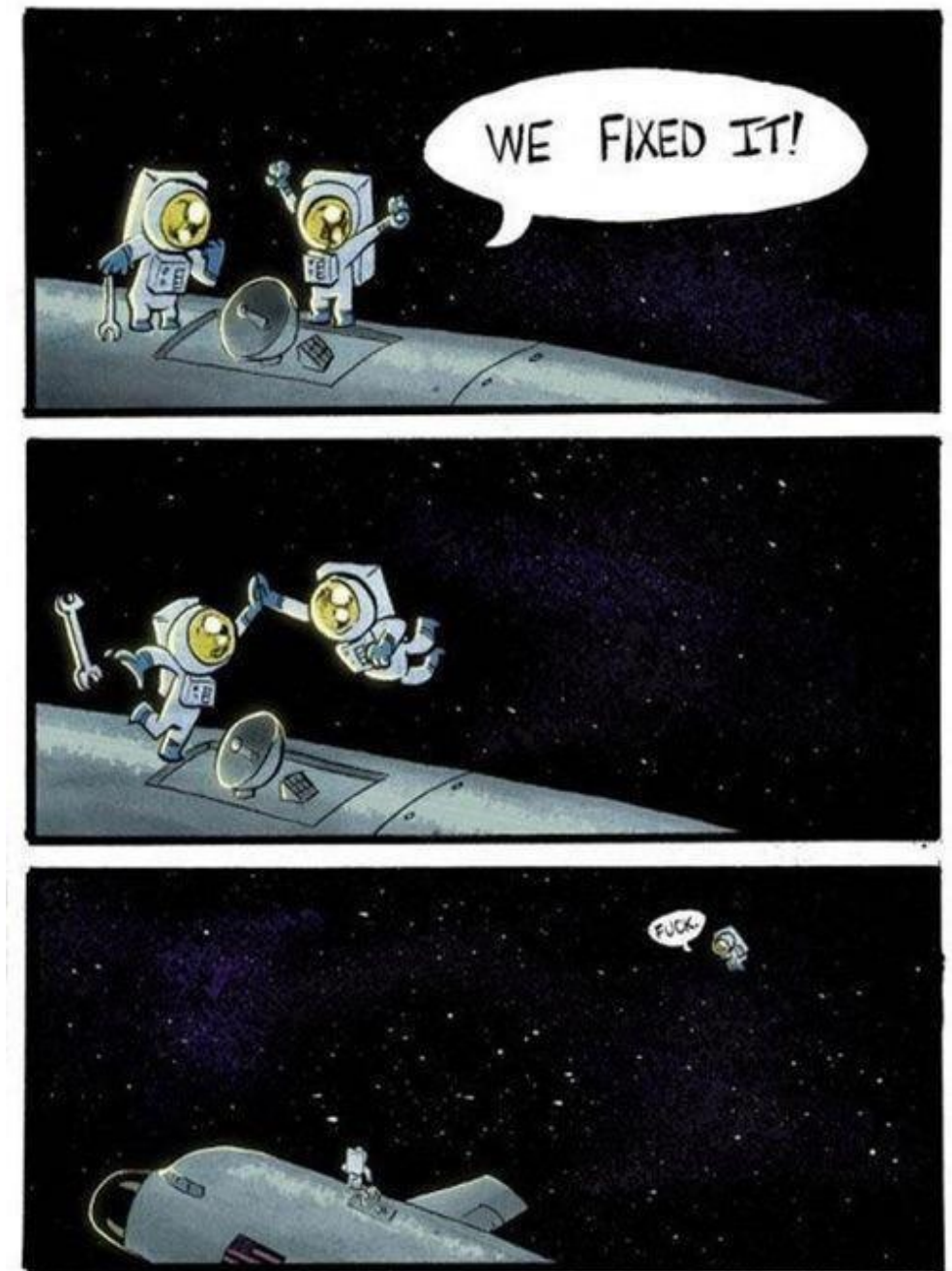
Astronaute verliest gereedschapstas

<https://www.youtube.com/watch?v=Y2WxffbLFuY>

André Kuipers eet M&M's

<https://www.youtube.com/watch?v=EtWEXbvGU30> (0:46)

ALTERNATIEF → NEWTON's FIRST VR-GAME



ACTIE : Snelheid

Kan je een bowlingbal laten rollen met een snelheid van 1 km/h? En met 1 m/s?



Hoe kan je controleren of het klopt? Waarom zijn dit belangrijke (didactische) vragen?

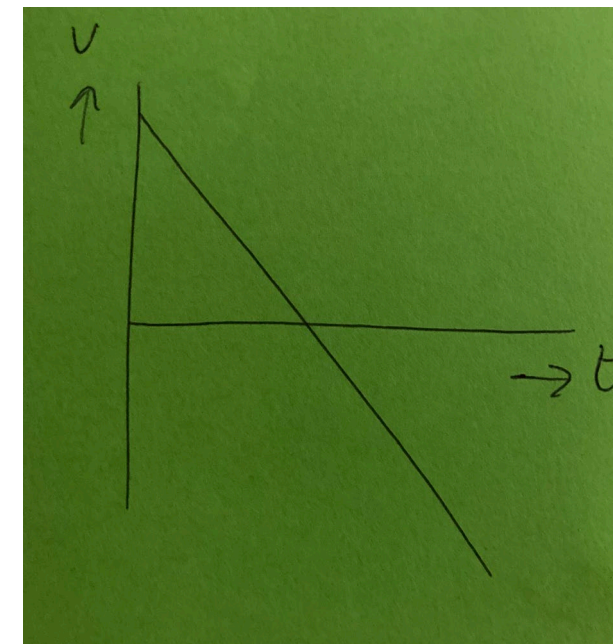
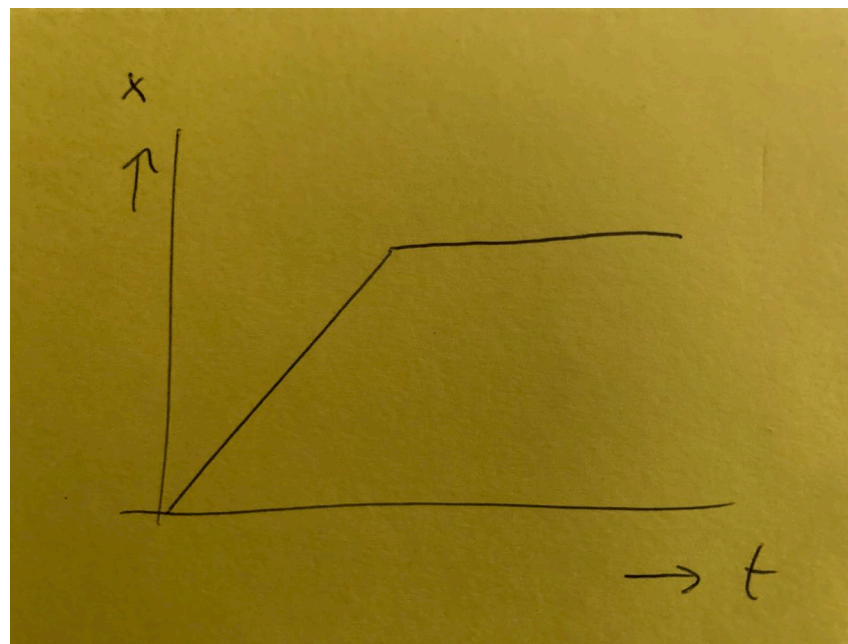
ACTIE: $x(t) \leftrightarrow v(t)$

Op en neer lopen voor ultrasoon sensor
nalopen: steilheid/richting = lastig

→ grafische weergave
→ zelfde grafiek creëren

$x(t)$ omzetten naar $v(t)$ en omgekeerd

→ grafieken bij elkaar zoeken



Wedstrijd: Uitbeelden

3 groepen van 10

Uitbeelden in 30 s voor eigen groep

Niet praten, geen hints, niet aanwijzen, geen voorwerpen

Na 30 s op toerbeurt andere groepen nog 1x raden in 10 s

moeilijk (rood) = 3 punten

makkelijk (groen) = 2 punten

raden van anderen = 1 punt

Makkelijk:

kracht, energie, hefboom, stroomsterkte, Volt, Ampère, lens, massa, plaats, tijd, snelheid, traagheid, versnelling, arbeid, vector, gewicht, elektron, beeld, zwaartekracht, moment, resonantie, vuur, spanning, weerkaatsing, heet (hoge temperatuur), lichtstraal, weerstand, lamp, ... enz.

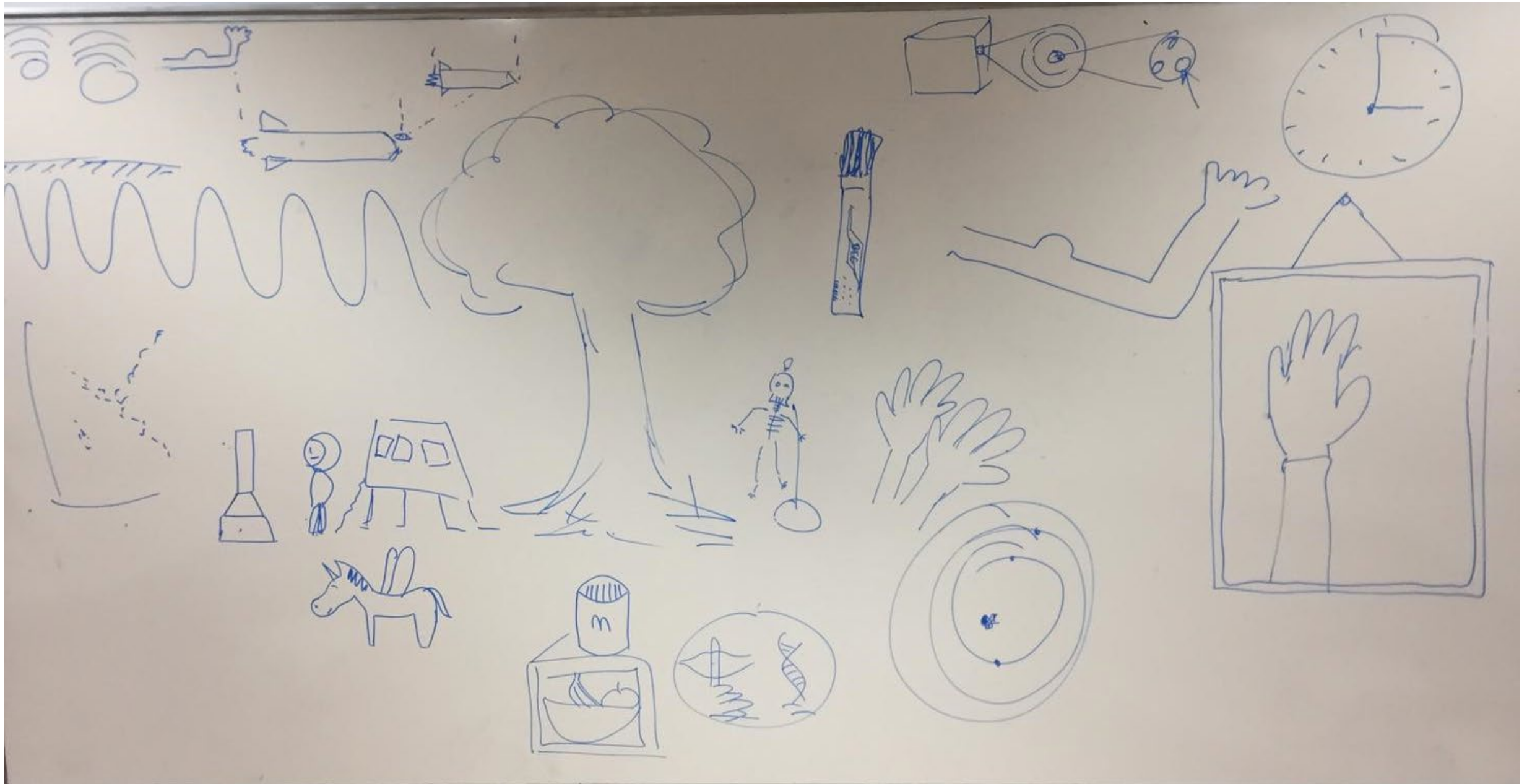
Moeilijk:

entropie, relativiteit, muon, detector, lichtbreking, quantum, onzekerheidsrelatie, impuls, positron, quark,

→ Laat evt. leerlingen zelf kaartjes maken met begrippen uit een of meerdere hoofdstukken

→ Toepassen b.v. bij de start van het hoofdstuk of laatste les voor de toets

ACTIE: Pictionary → waar is $v_{\text{gem.}}$?



ACTIE: bepaal het gewicht van het Sinterklaas Cadeau

Pakje asymmetrisch ophangen met twee veerunsters (4e klas)

Pakje asymmetrisch ophangen met drie veerunsters (5e of 6e klas → herhaling)

Gedicht lezen: per persoon 2 regels, daarna in drietallen meten en rekenen



Beste VWO-4 leerlingen,



Sint heeft niet lang hoeven denken
over wat hij jullie nu weer zou schenken
Bij natuurkunde ligt het erg voor de hand
een actieve les in groepsverband
Groepen van drie, doe allen goed mee
het gaat zoals je ziet over hoofdstuk twee

Kracht uitoefenen, het lijkt een abstract ding
toch is het gewoon **duwen of trekken in een richting**

Als meerdere krachten op een voorwerp werken
zullen ze elkaar verzwakken of versterken
Let wel op en bedenk heel even

3 + 4 is niet altijd 7

Nee 3 + 4 is 5, ja echt

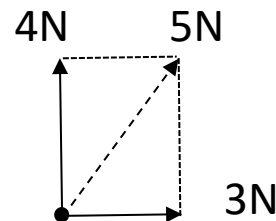
als krachten op een voorwerp werken precies loodrecht

Het **resultaat van meerdere krachten** is de **netto-kracht**
die in een andere richting werkt dan misschien gedacht

Je kan 't tekenen met vectoren in een **parallellogram** op schaal
de **netto-kracht** is gelijk aan de **diagonaal**

Netto-kracht is de **oorzaak** van **verandering** kan ik je vertellen

1 N zal **per seconde 1 kg** met **1 m/s** vertragen of versnellen



Het is de tweede wet van Newton zeg het maar na
we doen het met z'n allen: **$F = m \times a$**

In dit hoofdstuk nog één ding om goed naar te kijken
een kracht kan nooit van een metgezel wijken

Kracht uitoefenen is duwen of trekken dus **actie**
die veroorzaakt **tegelijk een even grote reactie**

Twee krachten in tegengestelde richtingen
en werkend op twee verschillende dingen

Je kan deze dus niet bij elkaar optellen

om te bepalen hoe iets zal vertragen of versnellen

Tot slot nog iets van hoofdstuk drie

luister goed en vergeet het nie

1N komt overeen met **1 Joule per meter** in de richting
van de kracht(component) die zorgt voor verplaatsing

Als een **kracht werkt over een afstand** wordt **arbeid** verricht
uit een **voorraad van iets abstracts** op het eerste gezicht

We noemen dat **energie** die we kennen in **soorten** en maten
arbeid = energie-op-transport, daar zullen we het nu bij laten

Dan eindelijk de opdracht bij dit 'kleine' gedicht

bepaal van het pakje het juiste gewicht

Je mag het echter niet aanraken

dan moet je de strijd meteen staken

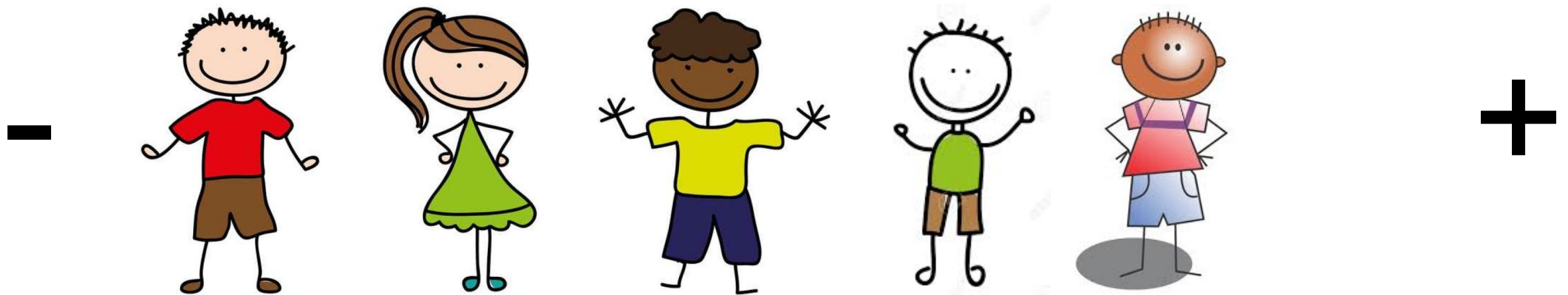
Toegestaan zijn **geodriehoek en rekenapparaat**

het cadeau is voor de groep met het beste resultaat

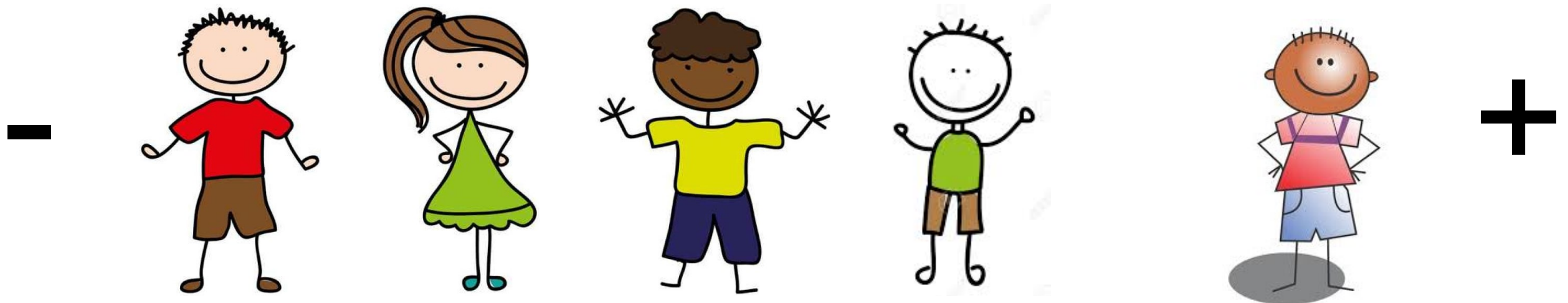
Doe het netjes en haast je niet

veel plezier van Sint en **Natuurkunde-Piet**

ACTIE: STROOM



ACTIE: STROOM



ACTIE: STROOM



ACTIE: STROOM



ACTIE: STROOM



ACTIE: STROOM



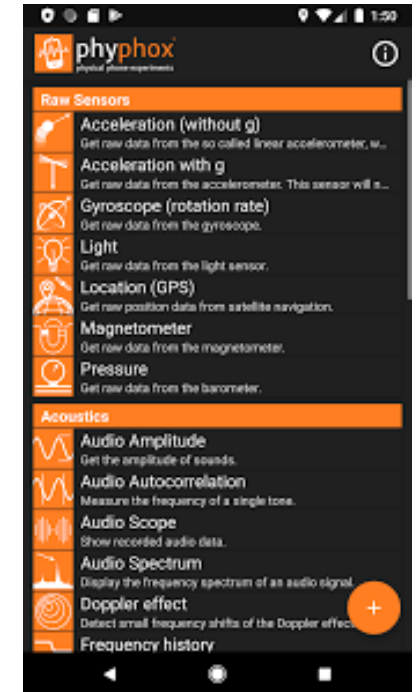
Nog veel meer ACTIE

- Breking van licht
- Evenwicht/steunvlak
- Op een weegschaal in de lift: stijgen / dalen
- Traplopen: wie levert een vermogen van 500 W?
- Meten in de speeltuin/ op de kermis/ in het pretpark
- Dansen op licht
- Metafoor spanning/stroom: rondlopen met pepernoten/marsjes/...
- Warmte of temperatuur meten? Warm – lauw – koud water
- **Bewegende moleculen in verschillende fasen → faseovergangen**
- Vermogen van de zon bepalen met een gloeilamp van 100 W
- Zonnestelsel en schijngestalten maan uitbeelden
-

ACTIE met geluid / muziek



phyphox



Flessen-fluit / PVC-buizen / Boomwhackers

Ritmes gebruiken voor het leren van woorden, teksten, concepten ...

<https://www.youtube.com/watch?v=bjOGNVH3D4Y>

<https://www.youtube.com/watch?v=zUDDiWtFtEM>

<https://www.youtube.com/watch?v=zGM-wSKFBpo>

<https://www.youtube.com/watch?v=2OJjbztWitk>

The electromagnetic spectrum song

Periodiek systeem (tijdelijk niet beschikbaar)

The elements

The Physics Force song

ACTIE op straat / in het vrije veld / in de speeltuin...

observeren: sterren, planeten, maan

brandpunt bepalen van lenzen in de zon

speeltuin/kermis/pretpark

snelheid meten van fietsers, auto's, ...

remproeven met de fiets

water opwarmen met de zon

.....



ACTIE: *Een les van vijf kilometer*

Podcast: Geschiedenis van de Natuurkunde

Leerlingen lopen enkele kilometers en moeten bij terugkomst een vraag stellen.

Zie publicaties J. van Riswick (2023):
NTvN, aug.: NVOX, okt.

Doelen:

- inspireren/schoonheid van het vak tonen
- begripsontwikkeling
- toelichting historisch perspectief
- toelichting wetenschappelijke methode
- motiveren, o.a. met (smeuïge) anekdotes
- ontwikkeling luister & spreekvaardigheid
- gevarieerd onderwijs
- meer beweging (tijdens een schooldag)



Links

Sommetjes maken

Dit kan in iedere klas?

Ja

Ik heb al genoeg actie in mijn klas?

Ja

Dit ga ik volgende week toepassen

Ja

Rechts

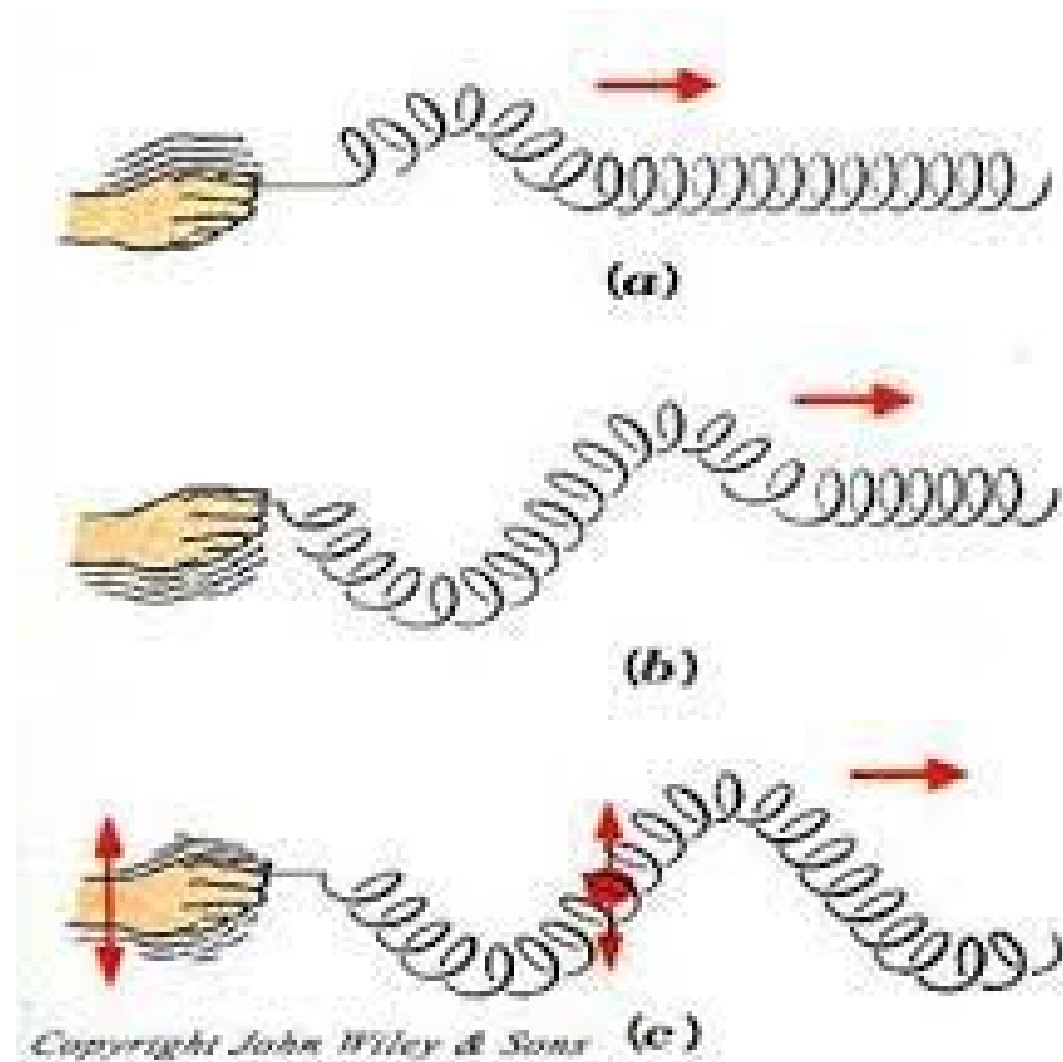
Conceptuele natuurkunde m.b.v.
embodied learning

Nee

Nee

Nee

ACTIE: trillingen & golven



Newton's First VR in de klas?

De applet motiveert en betreft leerlingen bij de natuurkunde leerstof (Reijnen & Teeuwen, 2019)

De applet roept effectief relevante natuurkundige kennis op bij leerlingen (Klep, 2021)

De applet is toepasbaar in een les met de hele klas. Discussie na afloop is nodig voor kennisverwerking. (Pijnappels, 2023)

Werkblad

Werkblad – Newton's First VR

De Stenen Vloer – Level 1 & 2

- Nadat je de puck horizontaal over de vloer slaat, wat gebeurt er met de snelheid? Vink aan welke juist is:
 - ☐ Wordt onmiddellijk nul.
 - ☐ Verandert niet.
 - ☐ Wordt steeds groter.
 - ☐ Wordt steeds kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Wordt een tijdje steeds groter en dan alleen maar kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Blijft een tijdje constant en wordt dan kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Blijft een tijdje constant wordt dan onmiddellijk nul.
 - ☐ Anders, namelijk:
- Welke kracht(en) werk(t/en) er dan op deze puck? Vink aan wat juist is:
 - ☐ Zwaartekracht
 - ☐ Kracht van de klap
 - ☐ Normaalkracht
 - ☐ Gewicht
 - ☐ Voorwaartse kracht
 - ☐ Wrijvingskracht van de lucht
 - ☐ Wrijvingskracht van de vloer
 - ☐ Geen van bovenstaande
 - ☐ Anders, namelijk:
- Kun je deze krachten schematisch tekenen op de puck hierboven? ↑
(De puck beweegt in deze afbeelding naar links)
- Welke krachten werken er op de puck vlak nadat je de puck omhoog slaat? Vink aan wat juist is:
 - ☐ Zwaartekracht
 - ☐ Kracht van de klap
 - ☐ Normaalkracht
 - ☐ Gewicht
 - ☐ Voorwaartse kracht
 - ☐ Wrijvingskracht van de lucht
 - ☐ Wrijvingskracht van de grond
 - ☐ Geen van bovenstaande
 - ☐ Anders, namelijk:
- Kun je deze krachten schematisch tekenen op de puck hierboven? ↑
(De puck beweegt in deze afbeelding naar links)
- In de volgende set levels gaan jullie naar een ijsbaan. Hoe verwachten jullie dat de puck daar beweegt vergeleken met de stenen vloer? Waarom verwachten jullie dit?



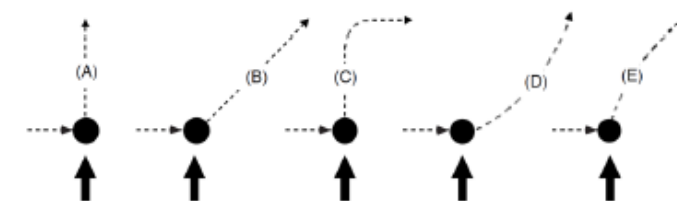
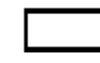
De Ijsbaan – Level 3 & 4

- Nadat je de puck horizontaal over de vloer slaat, wat gebeurt er met de snelheid? Vink aan welke juist is:
 - ☐ Wordt onmiddellijk nul.
 - ☐ Verandert niet.
 - ☐ Wordt steeds groter.
 - ☐ Wordt steeds kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Wordt een tijdje steeds groter en dan alleen maar kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Blijft een tijdje constant en wordt dan kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Blijft een tijdje constant wordt dan onmiddellijk nul.
 - ☐ Anders, namelijk:
- Welke kracht(en) werk(t/en) er dan op deze puck? Vink aan wat juist is:
 - ☐ Zwaartekracht
 - ☐ Kracht van de klap
 - ☐ Normaalkracht
 - ☐ Gewicht
 - ☐ Voorwaartse kracht
 - ☐ Wrijvingskracht van de lucht
 - ☐ Wrijvingskracht van de vloer
 - ☐ Geen van bovenstaande
 - ☐ Anders, namelijk:
- Kun je deze krachten schematisch tekenen op de puck hierboven? ↑
(De puck beweegt in deze afbeelding naar links)
- Wat is er anders vergeleken met de stenen vloer? Kwam dit overeen met je verwachtingen uit vraag 6? Benoem hierin de krachten die relevant zijn.
- In de volgende set levels gaan jullie naar de ruimte. Hoe verwachten jullie dat de puck daar beweegt vergeleken met de ijsbaan? Waarom verwachten jullie dit?



De Ruimte – Level 5 & 6

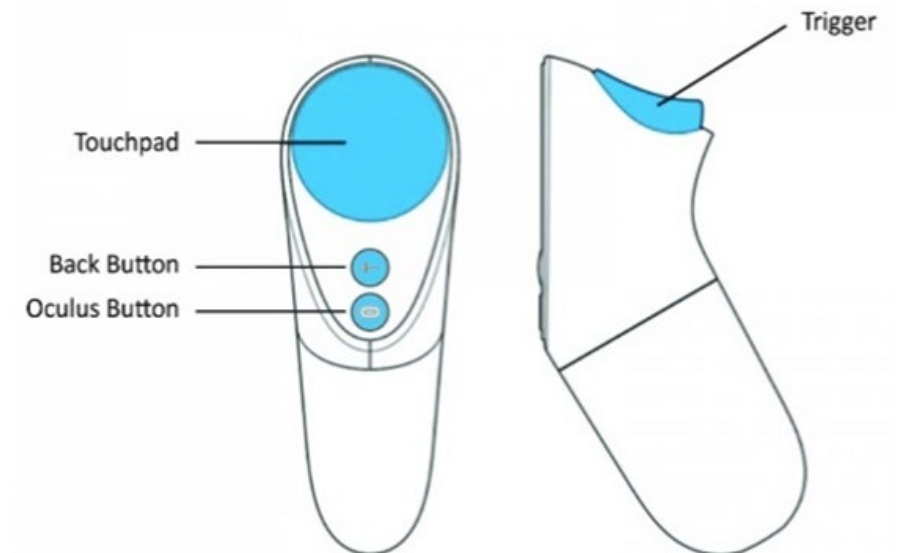
- Nadat je de puck slaat, wat gebeurt er met de snelheid? Vink aan welke juist is:
 - ☐ Wordt onmiddellijk nul.
 - ☐ Verandert niet.
 - ☐ Wordt steeds groter.
 - ☐ Wordt steeds kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Wordt een tijdje steeds groter en dan alleen maar kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Blijft een tijdje constant en wordt dan kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Blijft een tijdje constant wordt dan onmiddellijk nul.
 - ☐ Anders, namelijk:
- Welke kracht(en) werk(t/en) er dan op deze puck? Vink aan wat juist is:
 - ☐ Zwaartekracht
 - ☐ Kracht van de klap
 - ☐ Normaalkracht
 - ☐ Gewicht
 - ☐ Voorwaartse kracht
 - ☐ Wrijvingskracht van de lucht
 - ☐ Wrijvingskracht van de vloer
 - ☐ Geen van bovenstaande
 - ☐ Anders, namelijk:
- Kun je deze krachten schematisch tekenen op de puck hierboven? ↑
(De puck beweegt in deze afbeelding naar links)
- Wat is er anders vergeleken met de ijsbaan? Kwam dit overeen met je verwachtingen uit vraag 11? Benoem hierin de krachten die relevant zijn.
- Stel dat de puck in de ruimte langzaam langs je heen beweegt. Wat gebeurt er met de richting van de puck als je het een kort, zacht tikje geeft loodrecht op de bewegingsrichting? Omcirkel welke juist is:



ACTIE: Newtons' first VR



- Plaats batterij in controller.
- Druk 2 s op aan/uit knop op VR-bril → Oculus symbool verschijnt.
- LED langs de aan/uit knop wordt blauw.
- "Richt je controller naar voren en houd de Oculus knop ingedrukt om de ruimte binnen te gaan". → Controller wordt gesynchroniseerd.
- Na enkele s → balk met icoontjes o.a. "Newton's First VR Experiment"
- Richt controller op dit icoon en druk op de triggerknop.
- → "START" → druk op triggerknop.
- Puck slaan door controller te bewegen.
- Trigger → opnieuw achter puck gaan staan.
- Controller horizontaal voor je uit richten en Trigger indrukken → om de puck heen draaien.
- Indien duizeligheid ontstaat dan stoppen met het spel.



Impressie van het spel: scan QR-code

