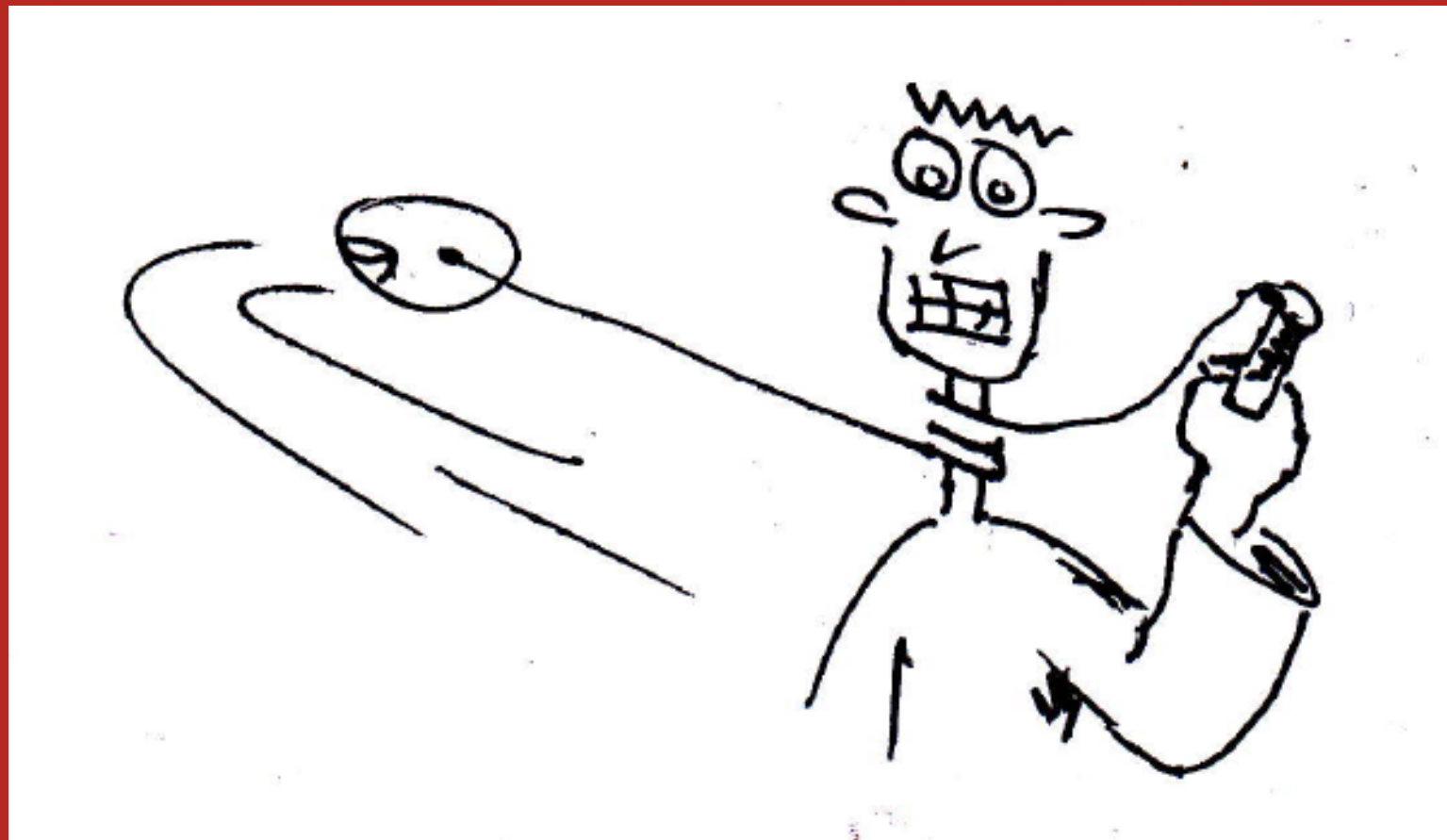


NATUURKUNDE in ACTIE

“Wie wil leren moet voelen”

Jan van Riswick

Rick Pijnappels



VRAAG

Hoe definiëren jullie onderstaande begrippen?

1. Kracht

2. Arbeid

3. Energie

4. Heb je al eerder deze werkgroep bijgewoond?

5. Heb je het artikel gelezen?

Kracht begrijpen vanuit het traagheidsprincipe? (v. Riswick & Klep, NVOX jan. 2022)

Hoe groot is het probleem? 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?

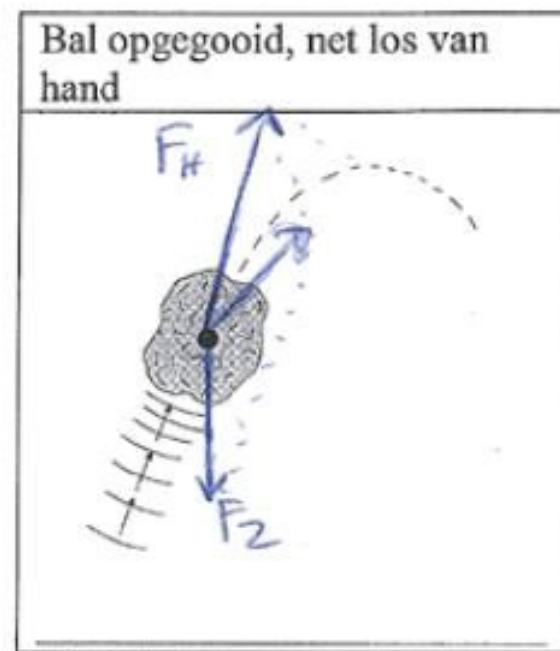
Teken alle krachten op een bal in het hoogste punt van zijn parabolbaan.



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. Taasobshirazi et al. (2016)

- Emotie

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

- Lichamelijke ervaring

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

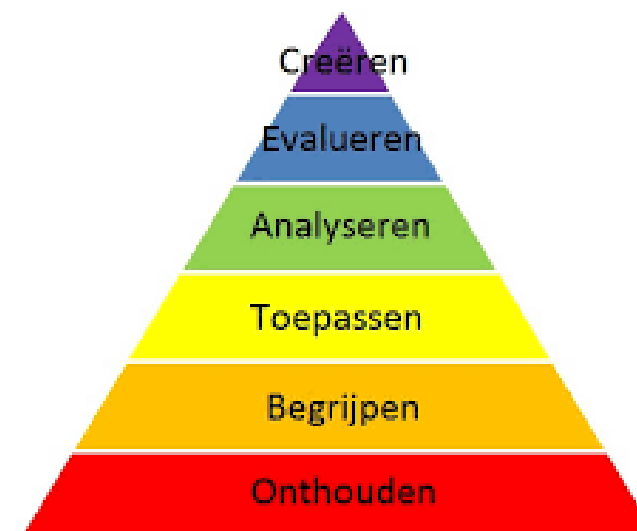
Examining whether touch sensory feedback is necessary for science learning through experimentation, Zacharia (2015)

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)

- 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 $\rightarrow$ wisselwerking
3. Actie en re-actie tegelijkertijd / geen onderscheid tussen initiatiefnemer
4. Actie en re-actie: even groot, tegengestelde richting, op verschillende voorwerpen
5. Gelijke krachten in tegengestelde richting' heffen elkaar op $\rightarrow v = 0$ (of constant)
6. Effect van meerdere krachten $\rightarrow$ richting en grootte zijn van belang
7. NETTO kracht bepalen met parallellogram methode
8. NETTO kracht $\neq 0 \rightarrow$ snelheidsverandering
9. Kracht kan vervormen

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



F_{netto}



$F_n / F_{w,\text{glij}}$



Gewicht



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

glijwrijving: hard/zacht duwen gewichtloos

ACTIE: NORMAAL KRACHT OP HELLING



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: maximale KRACHT over verschillende AFSTANDEN



LINKS → 20 cm

RECHTS → 1 m

ACTIE: Kracht en verplaatsing in andere richting

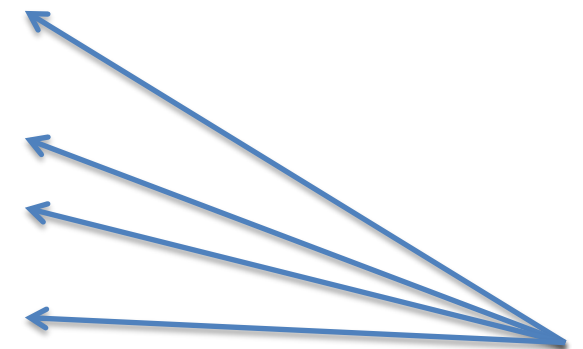
Trekken aan kar (+ leerling) onder verschillende hoeken $\rightarrow v = \text{constant}$

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

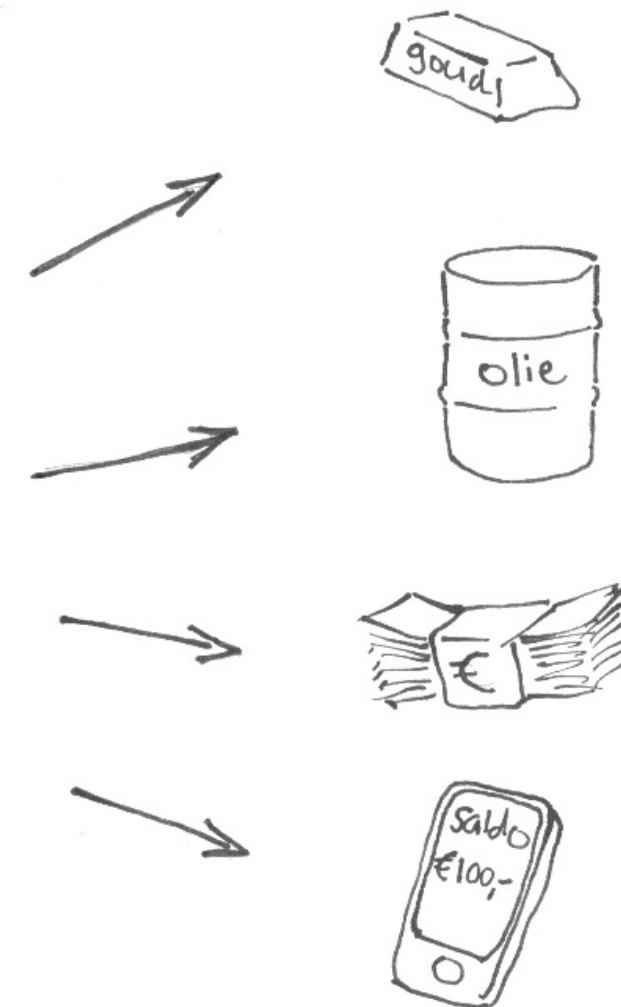
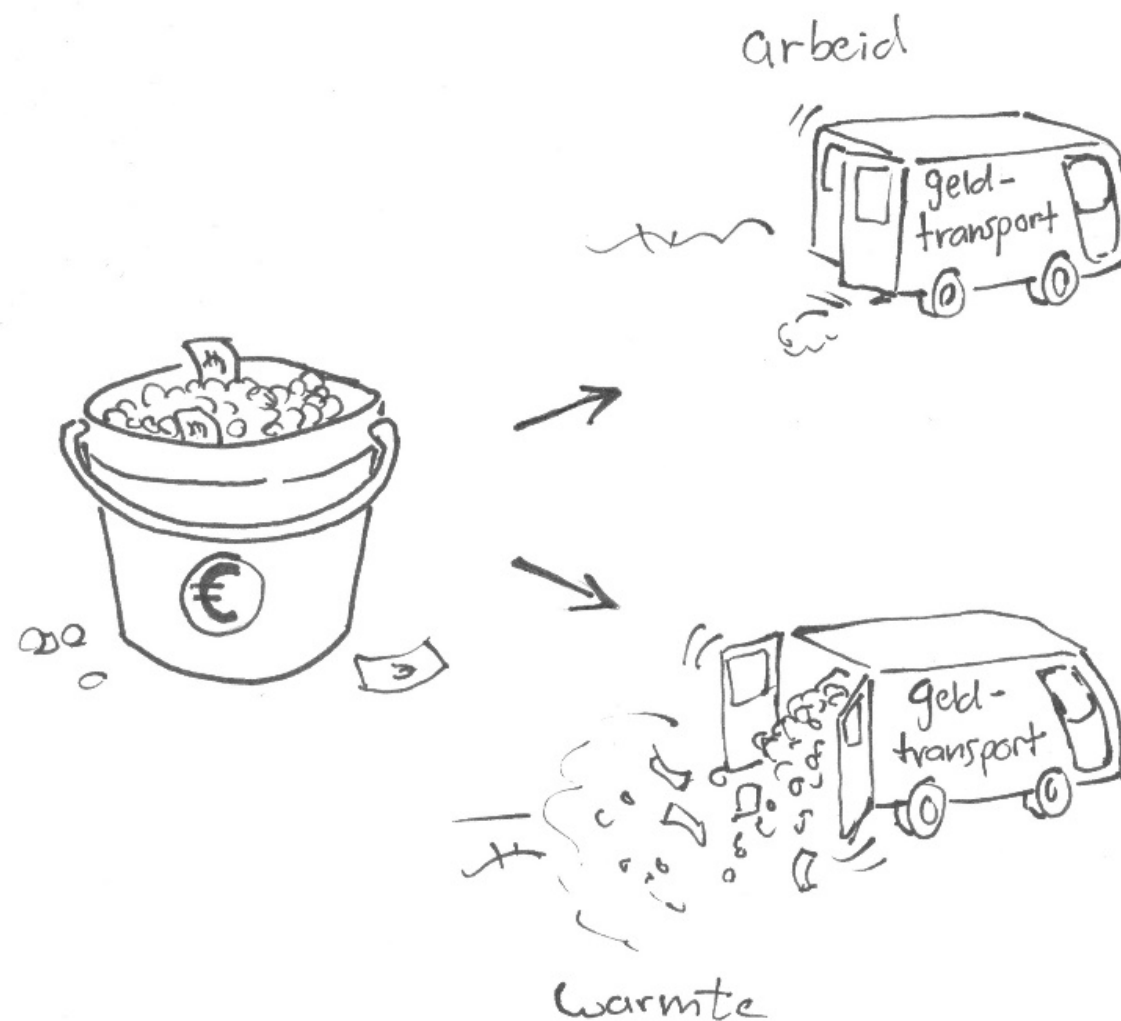
Energie is een TOESTAND grootheid

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?

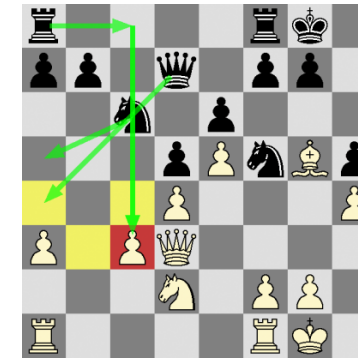


1,8 m

ACTIE: Wet van behoud van energie

- Iedere leerling is een **soort energie** → (1 J of 1 kWh)
 - Gebalde vuist = warmte (Q)
 - Gespreide vingers = stralingsenergie (E_s)
 - Duim + wijsvinger = elektrische energie (E_{el})
- Vier vakken:
 - stopcontact
 - verbindingsdraad naar de lamp toe
 - lamp
 - verbindingsdraad van de lamp terug naar stopcontact
- Daarbuiten: omgeving
- Iedereen verzamelt bij stopcontact
- Op teken (handenklap) wordt de lichtsakelaar omgezet
- **Wat leren leerlingen hiervan? Hoe kan dit uitgebreid worden?**

Samenhang



Groot (1946) → expert / beginner **stelling = samenhang**

Halloun (1998): **concept** → definitie, **samenhang**, uitdrukking, kwantificatie, toepassing

Hughson & Boakes (2001): wijn: taal & smaak + geur → **herkenning = samenhang**

Hammer (2004) → neuro science → **netwerk = samenhang**

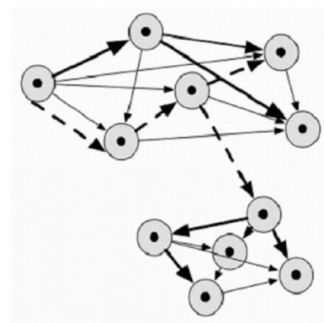
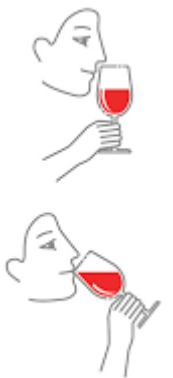
Sabella & Redish (2007) → probleem oplossen → **kennisstructuur = samenhang**

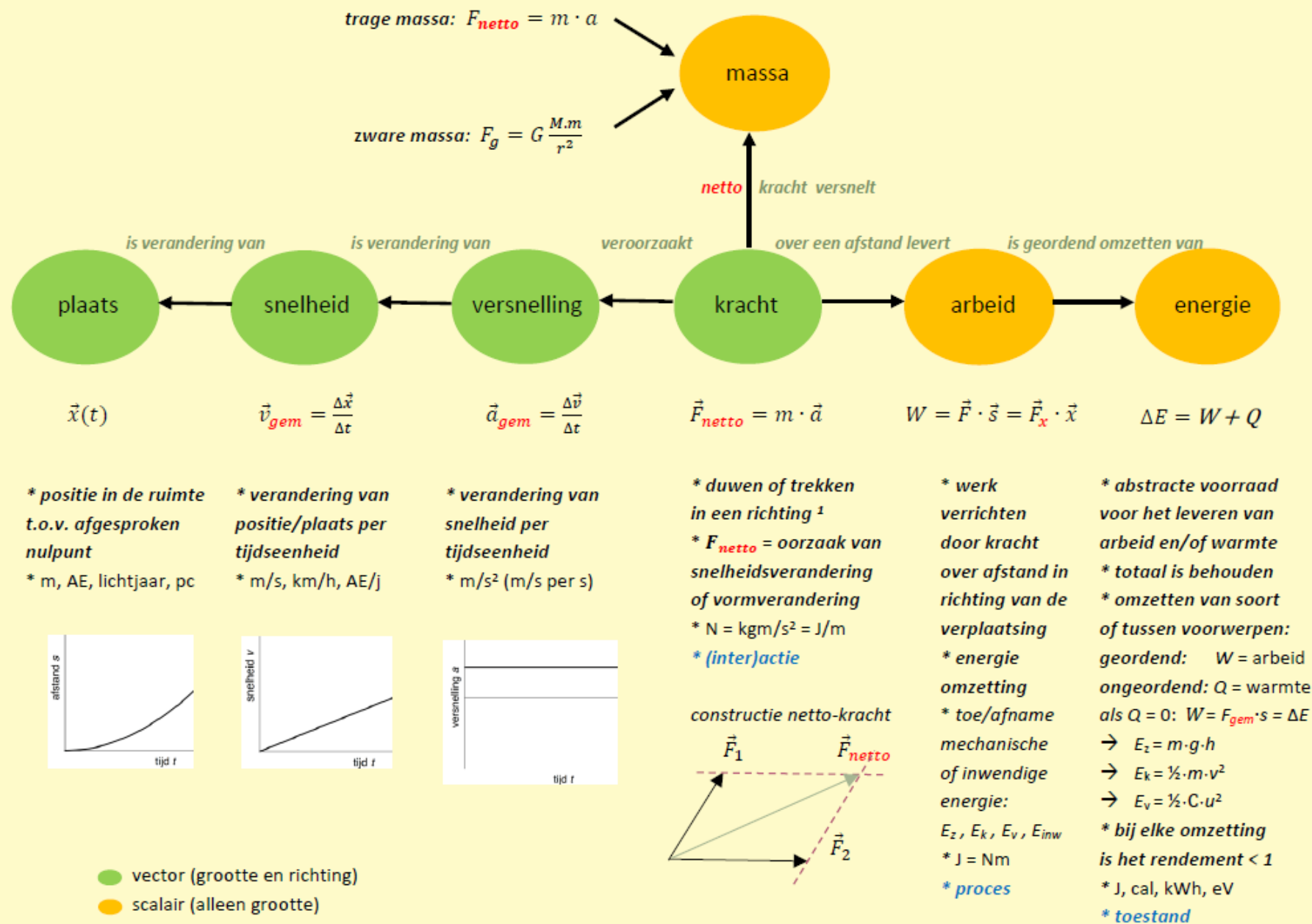
Novak & Cañas (2008); Ummels et al. (2014) → **concept mapping = samenhang**

Scott et al. (2011) → **link making = samenhang**

Surma et al. (2019) → Wijze lessen **koppelen aan bestaande kennis = samenhang**

Tursucu et al. (2020) → **activeren (wiskundige) voorkennis = samenhang**



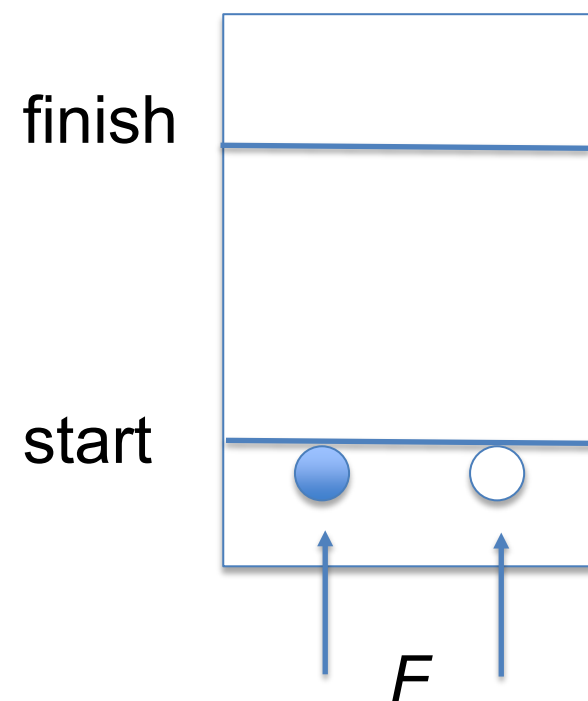


¹ Krachten werken alleen tijdens de (inter)actie: er bestaat geen 'kracht-voorraad' die kan worden overgedragen. Krachten worden uitgeoefend bij contact tussen twee voorwerpen of op afstand (evt. in vacuüm en/of zonder spieren): b.v. zwaartekracht van de aarde op de maan en omgekeerd

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

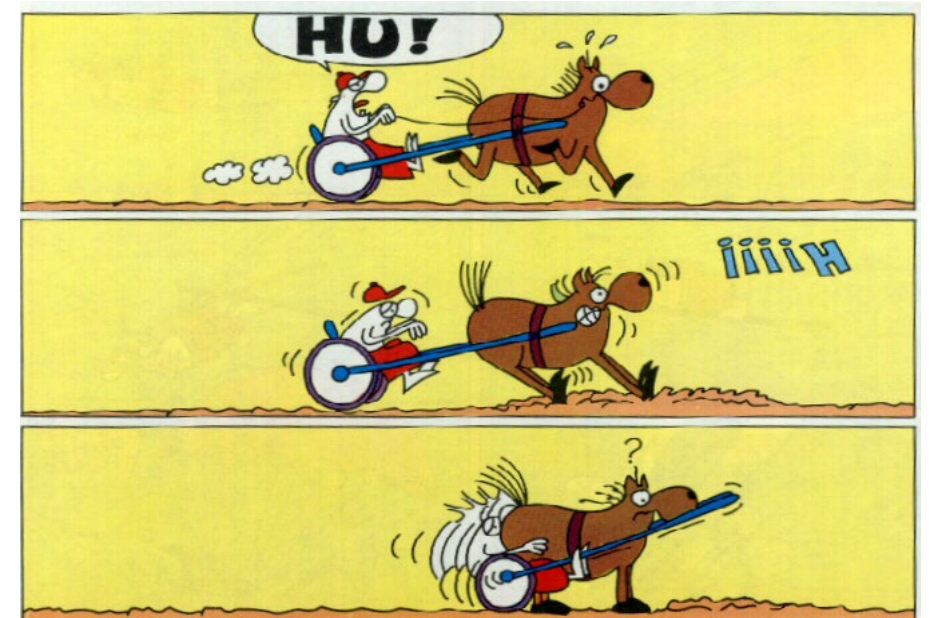
Probleem ontstaat vanuit ervaring (op aarde)

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. Daaierend 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 $\rightarrow \Delta W = \Delta E_k$

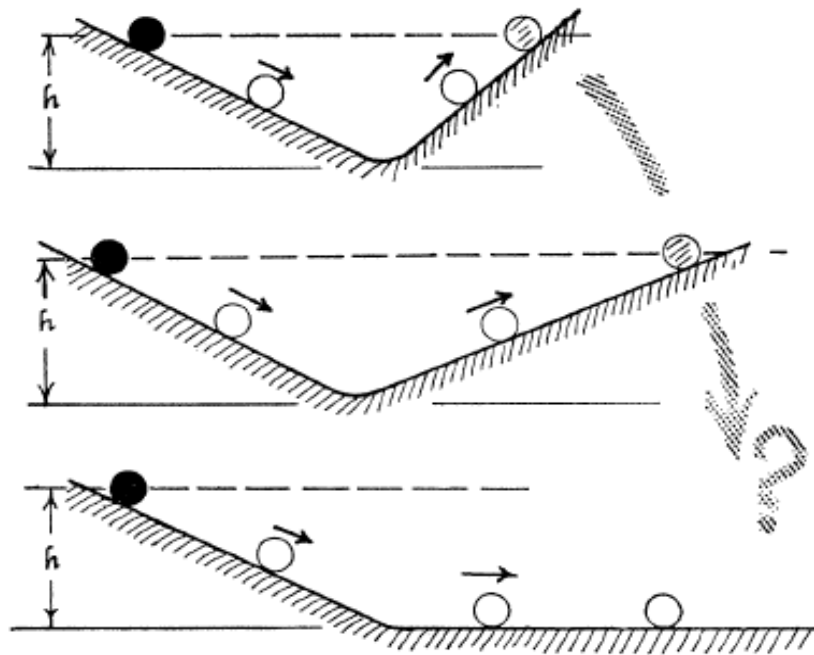
Traagheid

Goede benaming?

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

Descartes: ervaring op Nederlands ijs

Gedachten experiment van Galileo



ACTIE: Traagheid. Waarom draait iets (niet) rond?

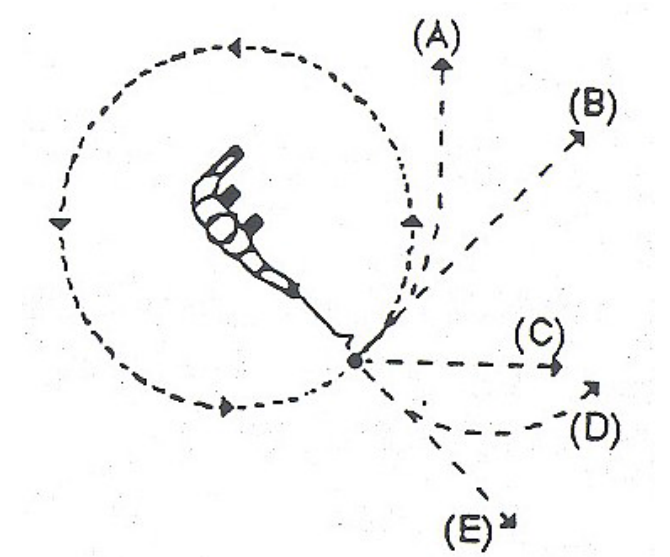
1. In welke richting werkt de kracht in een bocht, naar binnen of naar buiten?

- 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

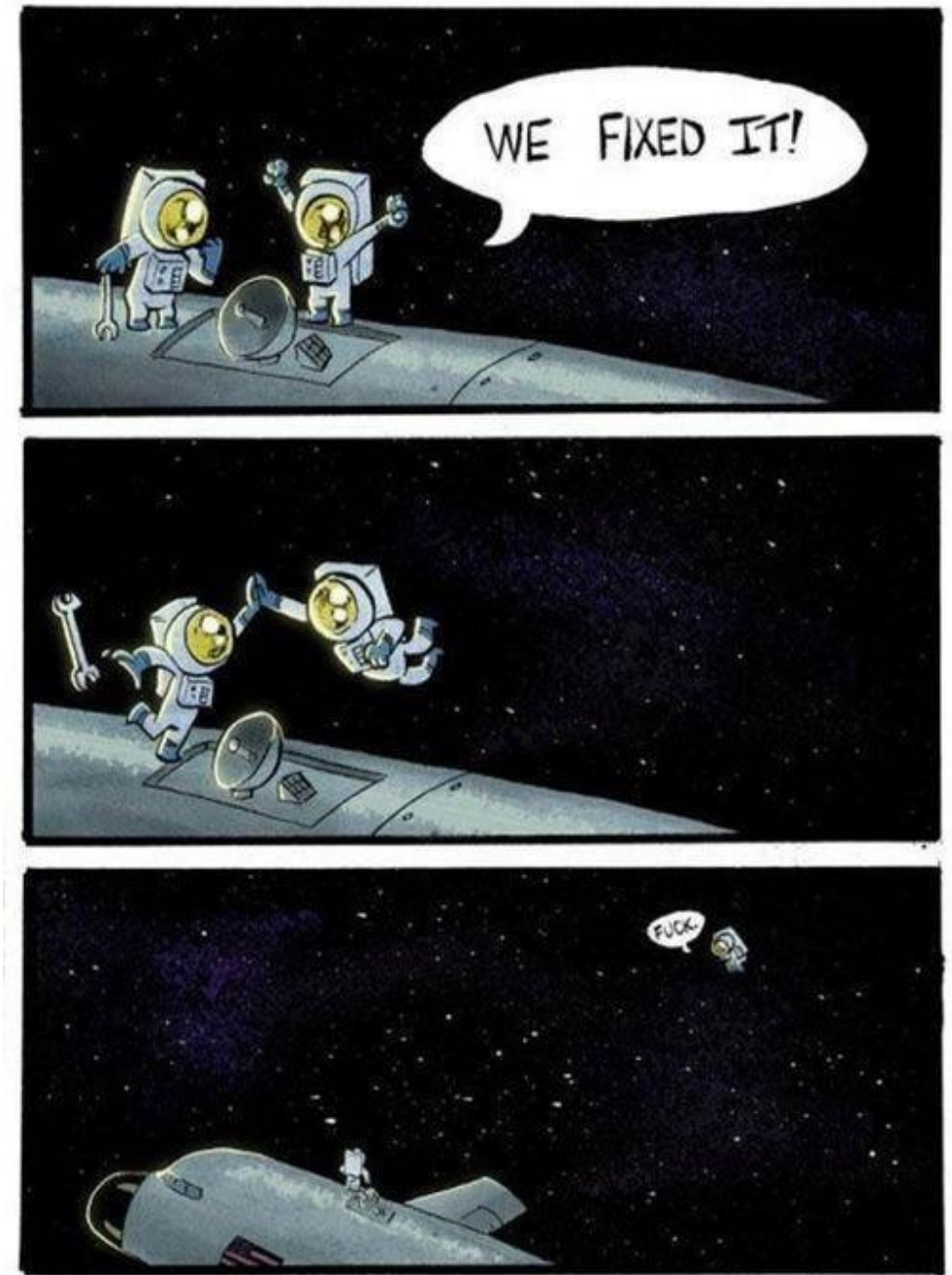
Astronaute verliest gereedschapstas

<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?

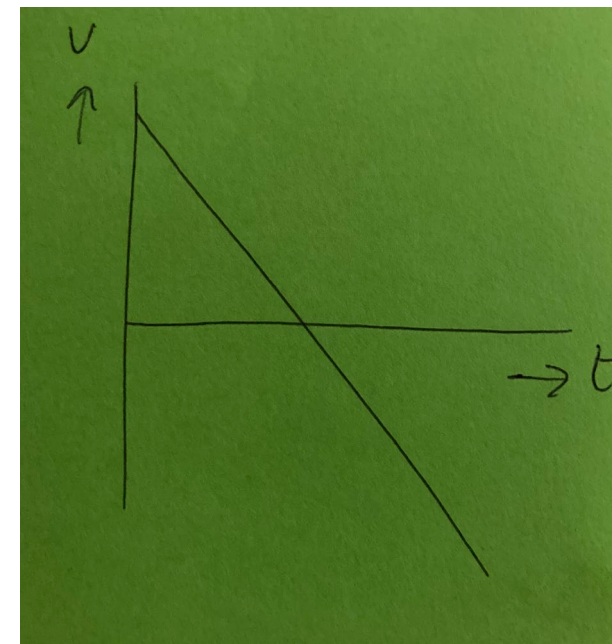
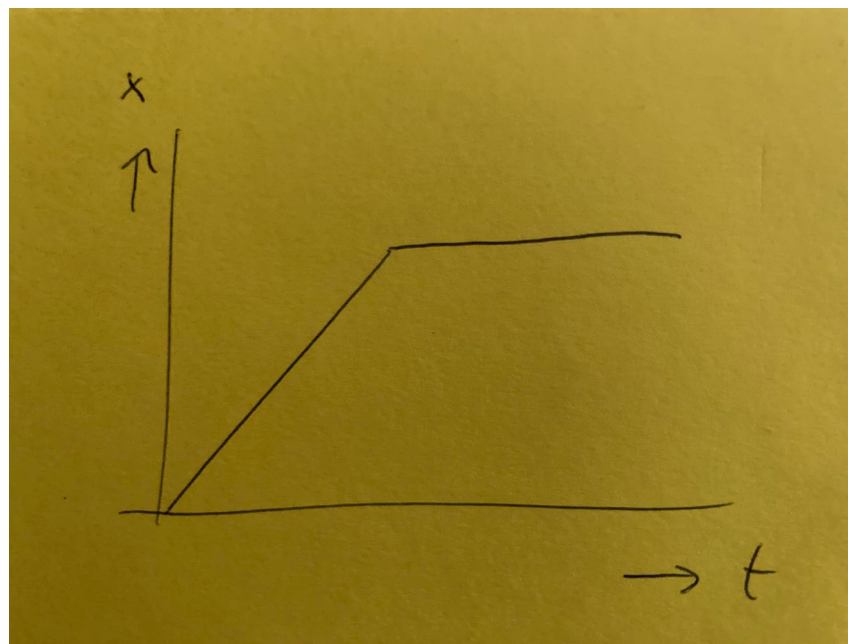
ACTIE: $x(t) \leftrightarrow v(t)$

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, lens, beeld, zwaartekracht, moment, resonantie, vuur, spanning, weerkaatsing, heet (hoge temperatuur), lichtstraal, weerstand, lamp, ... enz.

Moeilijk:

entropie, relativiteit, muon, detector, lichtbreking, quantum, onzekerheidsrelatie, impuls ...

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

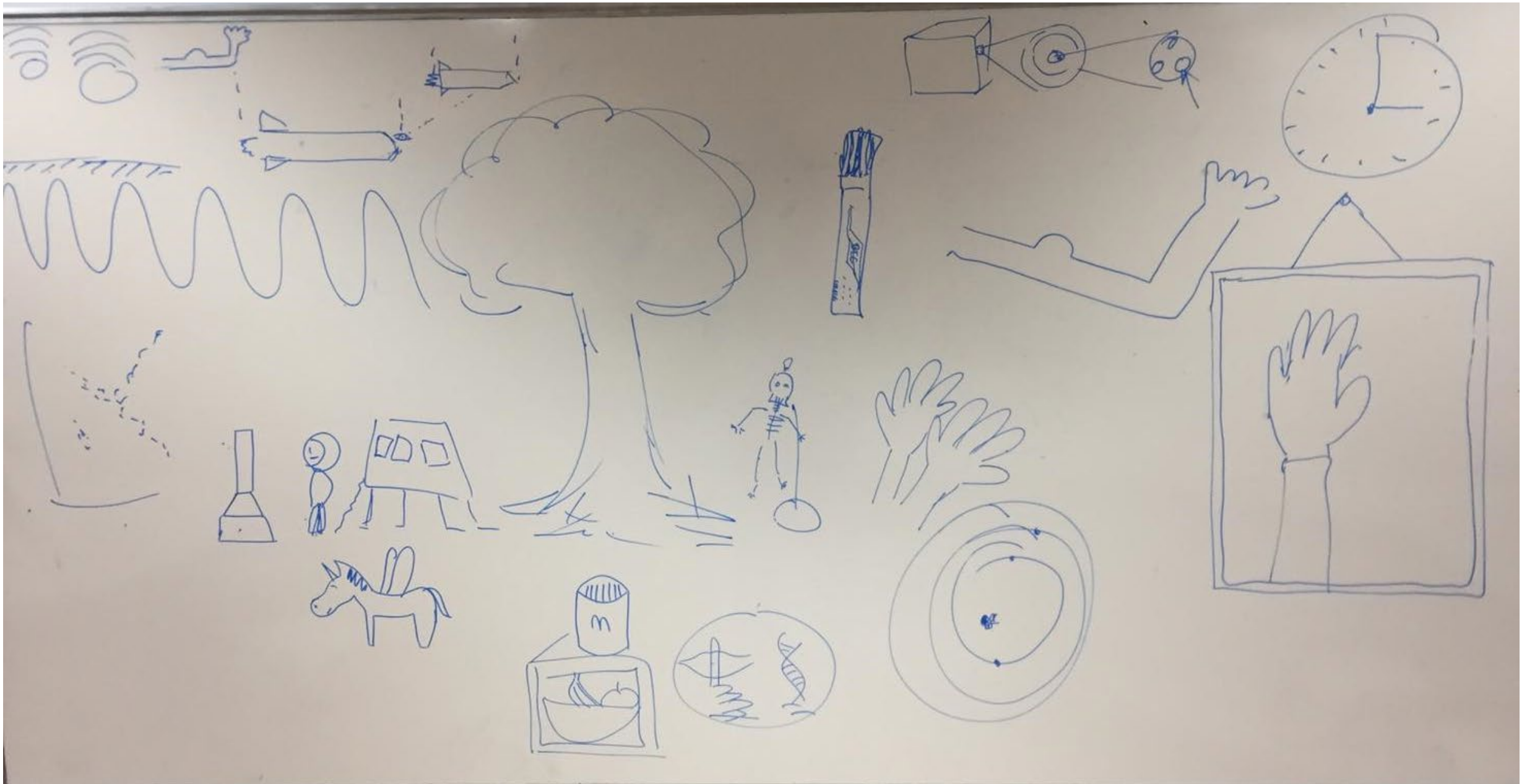
→ Toepassen b.v. bij de start van het hoofdstuk of laatste les voor de toets

ACTIES met een bezem

- bowlingbal rond duwen
- balanceren
- wrijving
- massamiddelpunt / zwaartepunt



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**

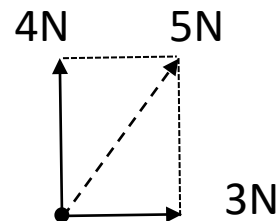
die in een andere richting werkt dan misschien gedacht

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: **$F_{\text{netto}} = m \times a$**

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 even bij laten

Nu dan eindelijk de opdracht bij dit 'kleine' gedicht

bepaal van het pakje het juiste gewicht

Jullie mogen het echter niet aanraken

dan moet je de strijd meteen staken

Toegestaan zijn **geodriehoek, mobiel of 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**

‘Verdiepende’ ACTIE: Kussengevecht

Kussen A: $m = 1 \text{ kg}$, $v = 5 \text{ m/s}$ →

Kussen B: $m = 2 \text{ kg}$, $v = 3 \text{ m/s}$ ←

Hoeveel energie hebben de kussens?



In welke richting gaan de kussens verder als ze frontal en plastisch botsen?

‘Verdiepende’ ACTIE: Kussengevecht

Kussen A: $m = 1 \text{ kg}$, $v = 5 \text{ m/s}$ $\rightarrow$ **12,5 J**

Kussen B: $m = 2 \text{ kg}$, $v = 3 \text{ m/s}$ $\leftarrow$ **9 J**

Hoeveel energie hebben de kussens?

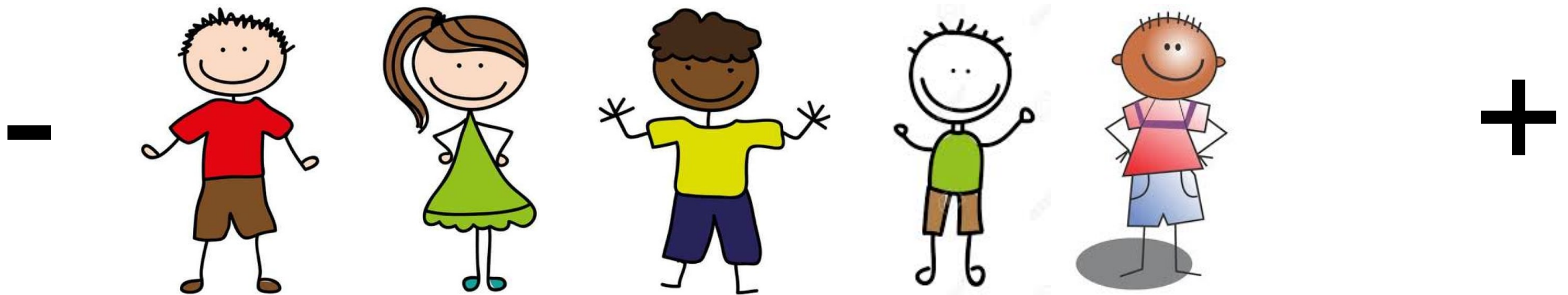


In welke richting gaan de kussens verder als ze frontal en plastisch botsen?

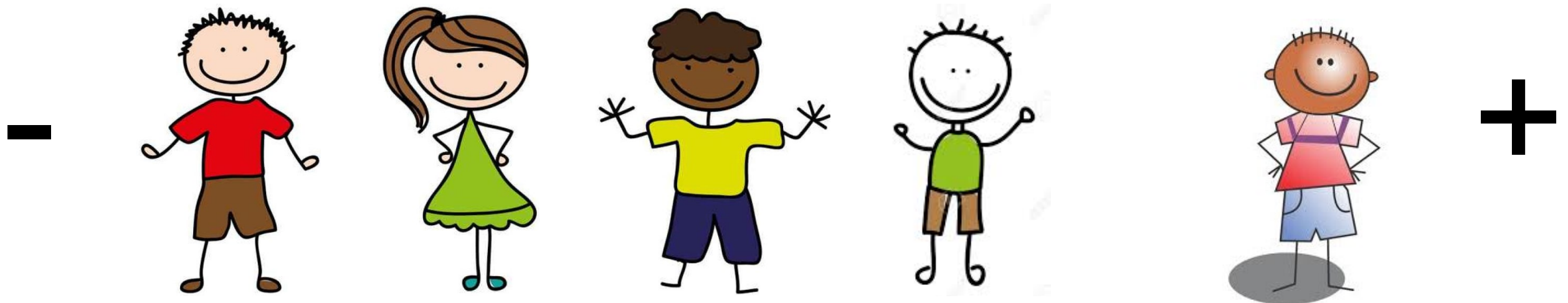
Waarom impuls en niet energie?

Impuls zegt iets over de richting, energie niet

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

Flessen-fluit / PVC-buizen

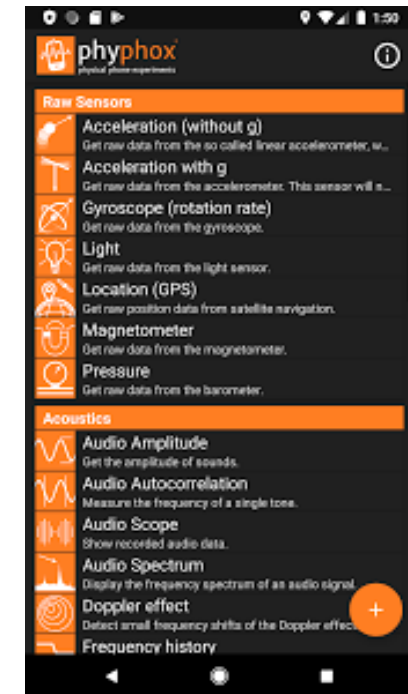
Ritmes gebruiken voor het leren van woorden, teksten, concepten ...

<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

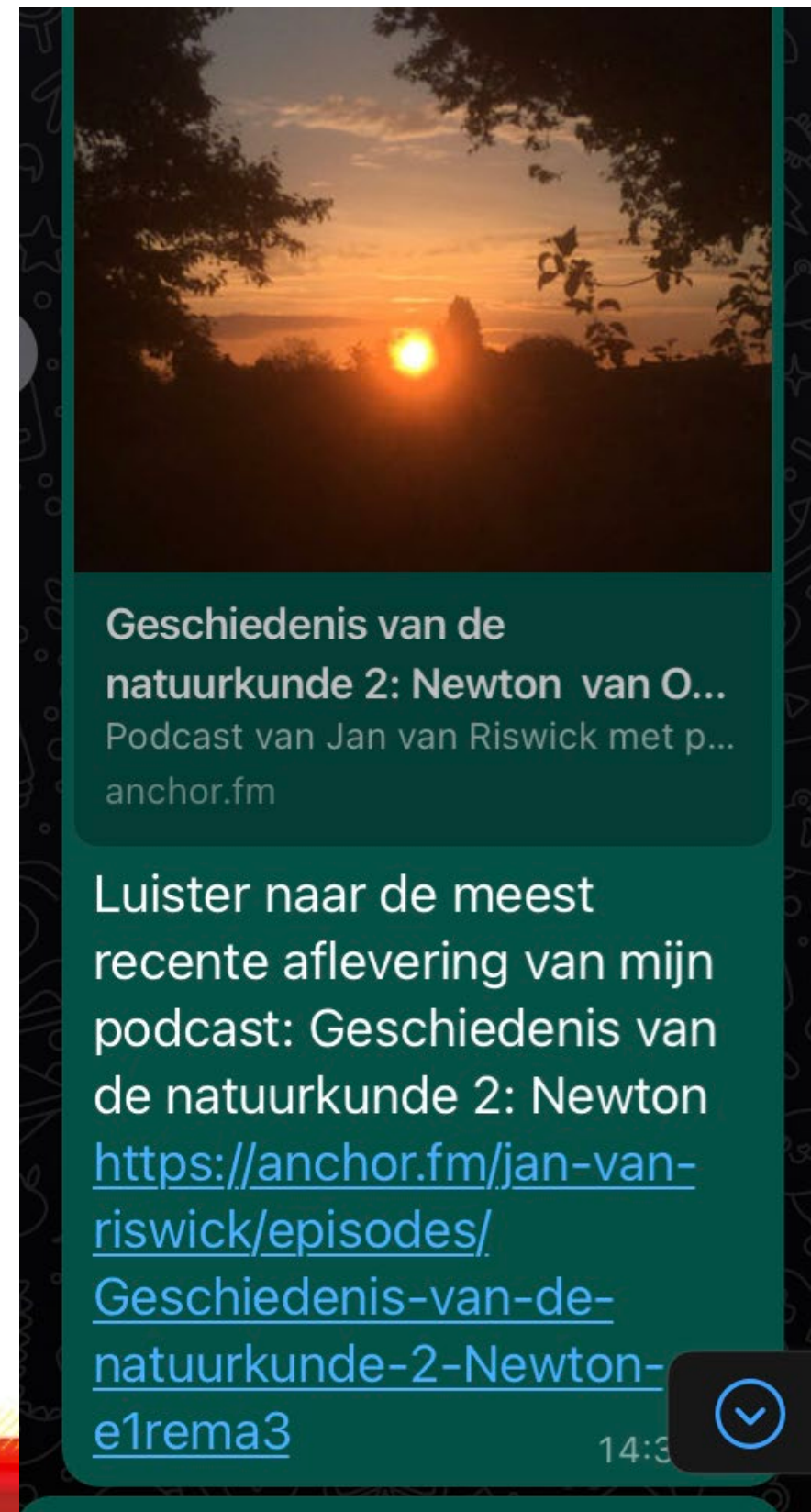
snelheid meten van fietsers, auto's, ...

remproeven met de fiets

.....



ACTIE: 'Les van 2 km' → podcast



ACTIE: Kiezen (links of rechts)

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

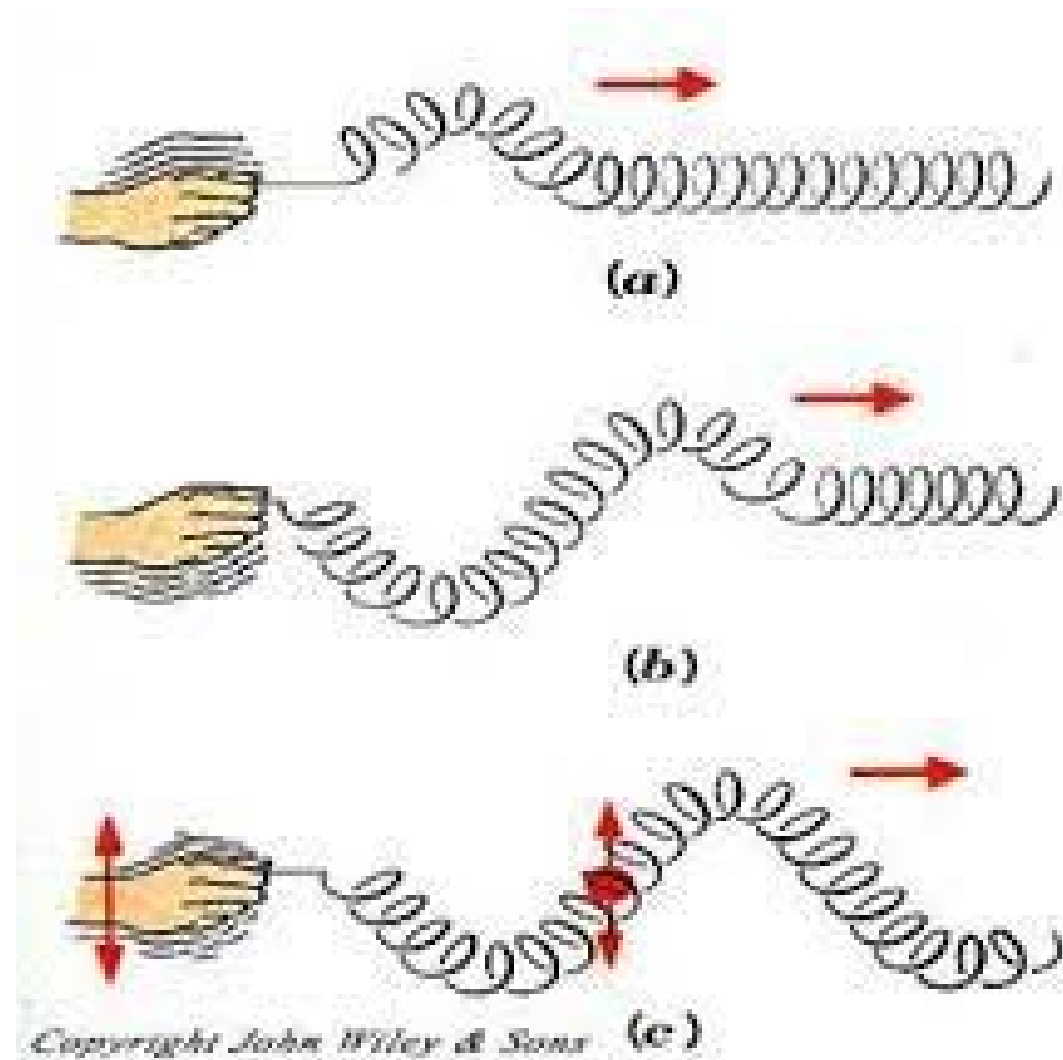
Conceptuele natuurkunde m.b.v. embodied learning

Nee

Nee

Nee

ACTIE: trillingen & golven



Newton's First VR in de klas



BACHELOR ONDERZOEK

**RIK PIJNAPPELS
BACHELOR SCIENCE
RADBOD UNIVERSITEIT NIJMEGEN**

ACTIE: 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)

Mijn vraag: is dit te gebruiken in een lesprogramma?

Kwaliteitsaspecten

Relevantie

Consistentie

Bruikbaarheid

Effectiviteit

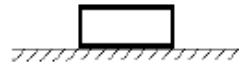
Educational Design Research (SLO)

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?



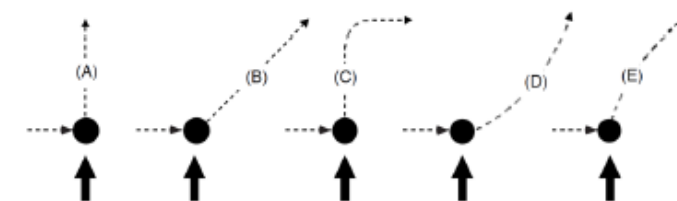
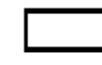
De Ijsbaan – Level 3 & 4

- 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

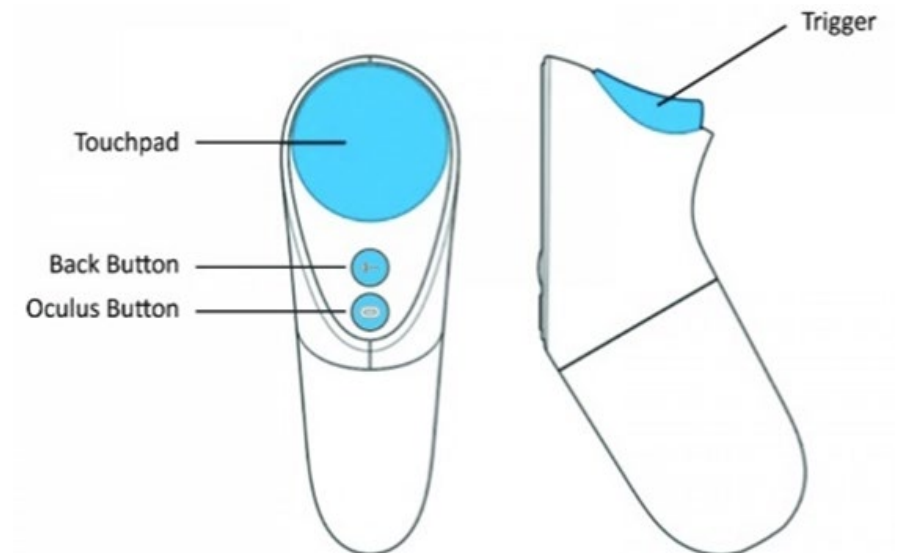
- Nadat je de puck slaat, wat gebeurt er met de snelheid? Vink aan welke juist is:
 - ☐ Wordt onmiddellijk nul.
 - ☐ Verandert niet.
 - ☐ Wordt steeds groter.
 - ☐ Wordt steeds kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Wordt een tijdje steeds groter en dan alleen maar kleiner tot de puck stil ligt.
 - ☐ Blijft 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. "Newtons 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

