

Deze workshop

- Mijzelf voorstellen & doorbladermoment materiaal
- Presentatie nieuwe methode (waarom, hoe, enz.)
- Simulatie van lessituaties ('testen' van materiaal)
- Inhoudelijk leermomenten tijdens het schrijven
- Verkenning (nieuwe) werkvormen & leergedrag
- Feedback, verzoeknummers, w.v.t.t.k.

Integrale Natuurkunde

- Bovenbouw VWO
- Nieuwe methode in ontwikkeling sinds 2013
- 4 VWO = af, deel 5V en 6V in ontwikkeling
- Commerciële uitrol ➤ vanaf 2019-2020
- Leerboek + handleiding (print) + digitaal materiaal

Aanleiding

- **Andere** onderwijsvisie (maximaal leerrendement)
- **Andere** manier van ontwikkeling (1 fulltime docent)
- **Andere** manier van aansluiten op moderne tijd
- **Feedback** van leerlingen en sectiecollega's
- **Onnauwkeurigheden** en **inconsistenties** in leerlijn

Onderwijsvisie

- (Auto-)didactisch **rendement** maximaliseren

(‘wat heeft de leerling eraan als hij/zij dít woord nú leest of déze som nú maakt’)

- Syllabus tot **één logisch opbouwend verhaal** maken

(cumulatieve kennis, opbouwende hoofdstukken, goede opzoekbaarheid)

Onderwijsvisie

- **(Auto-)didactisch rendement maximaliseren**

(‘wat heeft de leerling eraan als hij/zij dít woord nú leest of déze som nú maakt’)

- Syllabus tot één logisch opbouwend verhaal maken

(cumulatieve kennis, opbouwende hoofdstukken, goede opzoekbaarheid)

Leerrendement maximaliseren

- Tekst / afbeeldingen: efficiëntie vs duidelijkheid
- leerstofaanbod: opzoekbaarheid vs volledigheid

➤ Er is sprake van een spanningsveld.

duidelijkheid

Een wrijvingskracht is een kracht die ontstaat als:
1. Een kracht het voorwerp in beweging brengt én dit bewegende voorwerp tegen ander materiaal ‘schuurt’ door fysiek contact (dit kan bijvoorbeeld de lucht zijn die het voorwerp opzij moet drukken, of een ondergrond waarover het voorwerp schuift. Omdat de wrijvingskracht altijd tegen de (mogelijke) bewegingsrichting in is gericht, werkt deze de mogelijke beweging altijd tegen.

2. Een kracht tegen het voorwerp duwt, maar wrijving tegen ander materiaal zo sterk is dat het voorwerp niet in beweging komt.

Voorbeelden:
a. Een auto die op heen helling op de handrem staat, zou in beweging komen door de zwaartekracht, maar de wrjivingskracht van de weg op de auto (bij de banden) voorkomt deze beweging.
b. Een fietser gaat met 10 km/u over een weg en ondervindt rolweerstand (wrijving tussen de band en het wegdek) en luchtweerstand (wrijving tussen de fietser en de lucht die de fietser opzij drukt).

Een wrijvingskracht is een kracht die tegen een (mogelijke) beweging inwerkt. Deze ontstaat als een massa, waarop een kracht werkt, tegen andere massa ‘schuurt’ (zo komt de luchtweerstand door het ‘schuren’ van lucht tegen een voorwerp dat hierdoor heen bweegt)

efficiëntie

duidelijkheid

Een wrijvingskracht is een kracht die ontstaat als:
1. Een kracht het voorwerp in beweging brengt én dit bewegende voorwerp tegen ander materiaal ‘schuurt’ door fysiek contact (dit kan bijvoorbeeld de lucht zijn die het voorwerp opzij moet drukken, of een ondergrond waarover het voorwerp schuift. Omdat de wrijvingskracht altijd tegen de (mogelijke) bewegingsrichting in is gericht, werkt deze de mogelijke beweging altijd tegen.

2. Een kracht tegen het voorwerp duwt, maar wrijving tegen ander materiaal zo sterk is dat het voorwerp niet in beweging komt.

Voorbeelden:
a. Een auto die op heen helling op de handrem staat, zou in beweging komen door de zwaartekracht, maar de wrjivingskracht van de weg op de auto (bij de banden) voorkomt deze beweging.
b. Een fietser gaat met 10 km/u over een weg en ondervindt rolweerstand (wrijving tussen de band en het wegdek) en luchtweerstand (wrijving tussen de fietser en de lucht die de fietser opzij drukt).



Een wrijvingskracht is een kracht die tegen een (mogelijke) beweging inwerkt. Deze ontstaat als een massa, waarop een kracht werkt, tegen andere massa ‘schuurt’ (zo komt de luchtweerstand door het ‘schuren’ van lucht tegen een voorwerp dat hierdoor heen bweegt)

efficiëntie

duidelijkheid

Een wrijvingskracht is een kracht die ontstaat als:
1. Een kracht het voorwerp in beweging brengt én dit bewegende voorwerp tegen ander materiaal ‘schuurt’ door fysiek contact (dit kan bijvoorbeeld de lucht zijn die het voorwerp opzij moet drukken, of een ondergrond waarover het voorwerp schuift. Omdat de wrijvingskracht altijd tegen de (mogelijke) bewegingsrichting in is gericht, werkt deze de mogelijke beweging altijd tegen.

2. Een kracht tegen het voorwerp duwt, maar wrijving tegen ander materiaal zo sterk is dat het voorwerp niet in beweging komt.

Voorbeelden:
a. Een auto die op heen helling op de handrem staat, zou in beweging komen door de zwaartekracht, maar de wrjivingskracht van de weg op de auto (bij de banden) voorkomt deze beweging.
b. Een fietser gaat met 10 km/u over een weg en ondervindt rolweerstand (wrijving tussen de band en het wegdek) en luchtweerstand (wrijving tussen de fietser en de lucht die de fietser opzij drukt).

woordkeuze
optimaliseren
(‘tekst polijsten’)
goede voor-
beelden

Een wrijvingskracht is een kracht die tegen een (mogelijke) beweging inwerkt. Deze ontstaat als een massa, waarop een kracht werkt, tegen andere massa ‘schuurt’ (zo komt de luchtweerstand door het ‘schuren’ van lucht tegen een voorwerp dat hierdoor heen bweegt)

efficiëntie

volledigheid

Inhoudsopgave H4: Elekticiteit	blz
§ 1: Lading en elektronen	1
§ 2: Spanning en stroom	5
§ 3: Ohmse en niet-ohmse weerstand	10
§ 4: Serieschakelingen	13
§ 5: Parallelschakelingen	16
§ 6: Gecombineerde schakelingen	20
§ 7: Gecombineerde schakelingen met veranderingen	23
§ 8: Variabele ohmse weerstand en spanningsdeling	27
§ 9: Bijzondere componenten'	30
§ 10: Schakelingen met bijzondere componenten	34
§ 11: Wetten van Kirchhoff	40
§ 12: Rekenen met vervangingsweerstand	45
§ 13: De huisinstallatie	50
§ 14: Werken met grafieken bij elektriciteit	53
§ 15: Vermogen en rendement	60
§ 16: Vermogen en rendement bij gemengde schakelingen	65
§ 17: Enz.....	te veel?

Inhoudsopgave H4: Elekticiteit	blz
§ 1: Lading, spanning en stroom	1
§ 2: Wetten van Kirchhoff	7
§ 3: Rekenen met schakelingen	10
§ 4: Vervangingsweerstand en variabele weerstand	16
§ 5: Schakelingen met bijzondere componenten	20
§ 6: De huisinstallatie	24
§ 7: Enz.....	te weinig?

opzoekbaarheid

volledigheid

Inhoudsopgave H4: Elekticiteit	blz
§ 1: Lading en elektronen	1
§ 2: Spanning en stroom	5
§ 3: Ohmse en niet-ohmse weerstand	10
§ 4: Serieschakelingen	13
§ 5: Parallelschakelingen	16
§ 6: Gecombineerde schakelingen	20
§ 7: Gecombineerde schakelingen met veranderingen	23
§ 8: Variabele ohmse weerstand en spanningsdeling	27
§ 9: Bijzondere componenten'	30
§ 10: Schakelingen met bijzondere componenten	34
§ 11: Wetten van Kirchhoff	40
§ 12: Rekenen met vervangingsweerstand	45
§ 13: De huisinstallatie	50
§ 14: Werken met grafieken bij elektriciteit	53
§ 15: Vermogen en rendement	60
§ 16: Vermogen en rendement bij gemengde schakelingen	65
§ 17: Enz.....	te veel?

volgorde
layout, indexering,
kleurgebruik,
overzichten,
tabellen

Inhoudsopgave H4: Elekticiteit	blz
§ 1: Lading, spanning en stroom	1
§ 2: Wetten van Kirchhoff	7
§ 3: Rekenen met schakelingen	10
§ 4: Vervangingsweerstand en variabele weerstand	16
§ 5: Schakelingen met bijzondere componenten	20
§ 6: De huisinstallatie	24
§ 7: Enz.....	te weinig?

opzoekbaarheid

Leerrendement

- Tekst / afbeeldingen: efficiëntie vs duidelijkheid
- leerstofaanbod: opzoekbaarheid vs volledigheid

Leerrendement

- Tekst / afbeeldingen: efficiëntie vs duidelijkheid
- leerstofaanbod: opzoekbaarheid vs volledigheid
- Woordkeuze en inhoud (leestekst, opgaven)
- Denkstapvolgorde (titel paragraaf / alinea)
- didactische elementen (overzichten / tabellen)
- Bewust grafisch ontwerp (kleur, lettertype, layout)

§ 4.10 Formules voor stroom, lading, spanning en energie.

4.10.0	wet van Ohm (zelfde als 4.7.5)	U = I·R
4.10.1	berekenen van vermogen	P = U·I
4.10.2	vermogen en energie	E = P·t
4.10.3	lading en stroom	Q = I·t
4.10.4	lading en energie	E = U·Q

4.10.5	formules voor als je alleen vermogen en weerstand weet	P = I²·R
4.10.6		P = U²/R

4.10.7	formules voor het bereke- nen van rendement	$\eta = \frac{E_{nut}}{E_{tot}} \cdot 100\%$
4.10.8		$\eta = \frac{P_{nut}}{P_{tot}} \cdot 100\%$

Opmerking: de formules 4.10.0 t/m 4.10.4 moet je vaak omschrijven. Dit gaat net zoals is te zien bij 4.7.5.

symbool	betekenis
J	Joule
C	Coulomb

grootheid	eenheid
U	V
I	A
R	Ω
P	W
E	J
Q	C
t	s
η	% (dit is géén eenheid)

symbool	betekenis
U	spanning
I	stroomsterkte
R	weerstand
P	vermogen
E	energie
Q	lading
t	tijd
η	rendement
V	volt
A	ampère
Ω	Ohm
W	Watt
s	seconde

Elektriciteit, vermogen en energie

Een elektrisch apparaat heeft, afhankelijk van de werking, relatief veel energie nodig (zoals een grote lift in een wolkenkrabber) of relatief weinig energie nodig (zoals een nachtlampje). Dit is logisch; het 200 meter omhoog tillen van 25 mensen kost nu eenmaal veel ‘moeite’. Hiervoor moet een lift een grote hoeveelheid elektrische energie omzetten in zogenaamde ‘zwaarte-energie’ (dit is energie die nodig is om iets op te tillen).

Het begrip energie moet je goed onderscheiden van het begrip vermogen. Bij vermogen gaat het om het tempo waarin het apparaat de elektrische energie omzet. Een lift met een hoog vermogen zet dus snel elektrische energie om in zwaarte-energie. Dit betekent dat de lift dus snel omhoog kan gaan, of veel mensen tegelijk omhoog kan vervoeren (of allebei tegelijk).

Een elektrisch apparaat kan echter ook een kleine hoeveelheid energie nodig hebben, terwijl het vermogen juist heel groot is. Een voorbeeld is een defibrillator (zie § 4.2). Dat apparaat moet héél snel een relatief kleine hoeveelheid elektrische energie het lichaam inbrengen. Die

hoeveelheid (360 J) is ongeveer zoveel energie als jij nodig hebt om 5 traptredes (60 cm) omhoog te lopen. Daar doe je ongeveer 2 seconden over. Echter, een diffibrilator moet zijn energie in 5 milliseconden (0,005 s) overbrengen. Zo’n toestel heeft dan ook (tijdens de stroomstoot) hetzelfde vermogen als dat van ongeveer 25 wasmachines!

Stroomsterkte, lading en energie

Als een elektrisch apparaat werkt stroomt er lading (elektronen) doorheen. Omdat elektrische lading positief of negatief kan zijn, kan je eigenlijk niet zomaar over ‘een hoeveelheid lading’ spreken. Toch doen we dat in deze paragraaf, het minteken behandelen we later (§ 4.16).

De ‘afgesproken hoeveelheid’ voor lading heet Coulomb (net zoals de eenheid liter dat is voor een fles drank in de supermarkt). Hoe meer lading door het apparaat stroomt (door het bijv. langer aan te laten staan), of hoe meer energie de lading heeft (door de spanning te vergroten, zie 4.3.0), hoe meer elektrische energie het apparaat gebruikt.

§ 5.6 Thermische eigenschappen, formules (II)

5.6.0	energieopname door verwarmen van voorwerpen	Q = C·ΔT
5.6.1	energiebehoud bij warmtetransport	Q_{opgenomen} = Q_{afgestaan}
5.6.2	vermogen en energie	E = P·t
5.6.3	dichtheid van stoffen	ρ = m/V

symbool	betekenis
C	warmtecapaciteit
Q	warmte
ρ	dichtheid

symbool	betekenis
ΔT	temperatuurverschil
t	tijd
V	volume

grootheid	eenheid
Q	J
m	kg
C	J/K
ΔT	K
P	W
E	J
α	K ⁻¹
t	s
ρ	kg/dm³
V	dm³

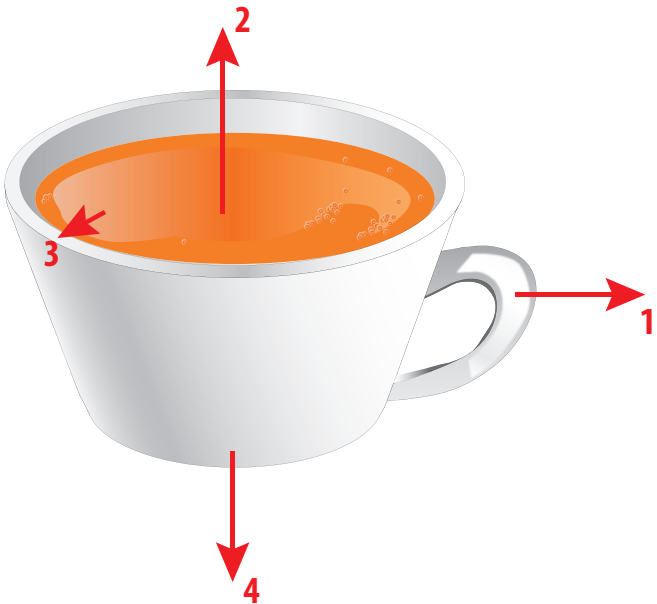
symbool	betekenis
m	massa
W	Watt

Warmte opnemen en warmte afstaan

Formule 5.6.1 leggen we uit aan de hand van figuur 9. De energie die, vanwege de hogere temperatuur, in het drinken zit wordt op verschillende manieren aan de omgeving afgestaan:

- Als je het kopje vasthoudt staat de vloeistof, via het kopje en het oortje warmte af aan jouw hand (pijl 1)
- De vloeistof verdampt aan de bovenkant en staat hierdoor warmte af (pijl 2);
- Het kopje zelf neemt ook warmte op (pijl 3);
- Via geleiding wordt de lucht rondom en boven het kopje verwarmd (ook pijl 2);
- De tafel onder het kopje warmt ook op als het op tafel staat (pijl 4).

Bij deze processen gaat géén energie verloren, dus staat het warme drinken evenveel energie af als de omgeving (de tafel, lucht, het kopje zelf enz.) in totaal opneemt.



figuur 9: Warmte-afgifte van een kopje thee (of koffie).

Energie en vermogen

Vermogen is een begrip dat op meerdere manieren is uit te leggen. Vermogen kán zijn:

- Het tempo waarmee energie in een andere energievorm wordt omgezet (zoals een kookplaat bijvoorbeeld elektrische energie in warmte omzet);
 - Het tempo waarin energie wordt verplaatst (zoals de warmte die door het kopje thee of koffie wordt afgestaan).
 - Het tempo waarin energie wordt geproduceerd uit massa (dit gebeurt o.a. in de zon en in kerncentrales).
- Merk op dat vermogen iets met een ‘tempo’ te maken heeft, en daarom dus berekend wordt aan de hand van energie en tijd (zie formule 5.6.2).

Voorbeeldopgave 1

Een waterkoker van 2300 W verwarmt 743 ml water van 17,0° C tot het kookpunt. Bereken hoeveel seconden dat duurt.

Uitwerking

Bereken de watermassa →
m = ρ·V = 0,998·0,743 = 0,742 kg

Bereken de benodigde warmte →
Q = m·c·ΔT = 0,742·4180·83 = 2,57·10⁵ J

Bereken de benodigde tijd (formule 5.6.2) →
t = E/P = Q/P = 2,57·10⁵/2300 = 112 s
(dat is dus bijna twee minuten)

§ 1.1 Nauwkeurigheid en significante cijfers

- 1.1.0 Stelling:** Getallen in de natuurkunde (en andere wetenschappen met metingen) kennen een beperkte nauwkeurigheid. Daarom ronden wij vaak getallen af op een aantal significante cijfers.
- 1.1.1 Stelling:** Het aantal significante cijfers van een getal vindt je altijd, als je het getal van links naar rechts leest, door te beginnen met tellen bij het eerste cijfer dat níet gelijk is aan 0.
- 1.1.2 Voorbeeld:** Het getal 42,6 heeft drie significante cijfers. Het getal 0,00426 heeft dat ook (de ‘nullen’ links doen niet mee). Het getal 4800 heeft vier significante cijfers (nullen rechts tellen wél).
- 1.1.3 Stelling:** Bij vermenigvuldigen of delen heeft de uitkomst altijd evenveel significante cijfers als het getal met het minste aantal significante cijfers waar je mee begon.

Werken met nauwkeurigheid

Als je een hoeveelheid van een bepaalde stof nodig hebt, dan wil je soms dat die hoeveelheid heel precies klopt. Als bijvoorbeeld een patiënt voor de operatie in slaap wordt gebracht, moet precies de juiste hoeveelheid narcose worden toegediend. De patiënt mag tenslotte niet wakker worden tijdens de operatie en teveel narcose is gevaarlijk. Een ander voorbeeld is het kopen van een dure stof. Als een bank 1000 kilogram goud koopt van een andere bank, moet deze hoeveelheid ook heel nauwkeurig gewogen worden. Stel dat de bank maar 999 kilogram krijgt, en dus één kilogram mist, dan kost dat 42000 euro (goudprijs augustus 2012). Soms hoeft er helemaal niet zo nauwkeurig gewogen te worden. Stel dat je 1000 kilogram zand koopt om een straat voor je huis te kunnen aanleggen. Zand is goedkoper, dus de gevolgen zijn veel minder groot als je hiervan een kilogram te weinig krijgt. Het zou juist heel duur zijn om een speciale weegschaal te gebruiken die heel nauwkeurig de massa van 1000 kilogram zand opmeet.

Significante cijfers

Als je een precieze hoeveelheid van een stof nodig hebt, dan geef je dit aan met veel cijfers; zo kan je honderd gram opschrijven als 100,00 gram en als 100 gram. Het eerste getal is nauwkeuriger, want het heeft twee cijfers meer. Anders gezegd, het eerste getal heeft vijf significante cijfers en het tweede getal slechts drie significante cijfers. Je moet er goed bij stilstaan dat niet alle cijfers ‘nuttig’ zijn, je kunt 100,00 gram bijvoorbeeld ook schrijven als 0100,00

gram, maar die 0 die helemaal links in dat getal staat, maakt het getal niet nauwkeuriger dus je hebt nog steeds maar vijf significante cijfers. Ook als je ‘0,10000 kilogram’ opschrijft, heb je maar vijf significante cijfers.

Vermenigvuldigen en delen

In dit boek wordt voor vermenigvuldigen het teken ‘ $\cdot$ ’ gebruikt, en niet het symbool ‘ $\times$ ’, om verwarring met de variabele x te voorkomen. Soms wordt, als dat duidelijker is, het vermenigvuldigingssymbool weggelaten. Stel dat je het getal 1,2032 vermenigvuldigt met het getal 2. Omdat het getal 2 vrij onnauwkeurig is (maar 1 significant cijfer) wordt de uitkomst van die berekening dus ook onnauwkeurig (ondanks de nauwkeurige 1,2032). Daarom wordt de uitkomst dus geen 2,4064, maar het afgeronde getal 2. De basisregel bij delen en vermenigvuldigen is dan ook: de uitkomst van de opgave heeft evenveel significante cijfers als het getal met het minste aantal significante cijfers waar je mee begon. Let op; er zijn wel een paar uitzonderingen. De volgende getallen doen *niet* mee in het bepalen van het aantal significante cijfers dat een antwoord moet hebben:

- omrekenfactoren* (zoals de factor 1000 tussen m en km)
- wiskundeconstanten* (zoals het getal π)
- natuurkundeconstanten* (zoals de lichtsnelheid)

Stel dat je 3,0 vermenigvuldigt met 10,00. In dat geval heeft het eindantwoord twee significante cijfers. Uitrekenen geeft 30. Als je echter 3,00 vermenigvuldigt met 10,00 dan is het eindantwoord 30,0 want het minst nauwkeurige getal heeft bij deze berekening drie significante cijfers.

§ 1.2 Notatiemethoden en decimalen

- 1.2.0 Stelling:** Grote getallen, die met weinig significante cijfers moeten worden opgeschreven, schrijf je met de wetenschappelijke notatie. Voorbeeld: 123000 in twee significante cijfers moet zo: $1,2\cdot 10^5$
- 1.2.1 Hulpstelling:** Bij het noteren met een macht van 10 (zoals $1,2\cdot 10^5$ hierboven) betekent het cijfer 5 dat de komma in dat getal 5 plaatsen ‘te ver naar links’ staat. Bij bijvoorbeeld $3,12\cdot 10^{-3}$ staat de komma juist 3 plaatsen te ‘ver naar rechts’ en zou naar links moeten worden verschoven (0,00312 dus).
- 1.2.2 Stelling:** het aantal decimalen van een getal is het aantal cijfers ervan dat rechts van de komma staat.
- 1.2.3 Stelling:** Bij het optellen of aftrekken van getallen, heeft de uitkomst altijd hetzelfde aantal decimalen als het getal met het minste aantal decimalen waar je mee begon.

De wetenschappelijke notatie

Stel dat er uit een berekening als uitkomst ‘driehonderd’ komt, maar je weet ook dat je het antwoord in twee significante cijfers moet geven. Hoe schrijf je het getal dan op? Het getal ‘300’ heeft drie significante cijfers, dus blijkbaar moet het niet zó geschreven worden. ‘Driehonderd’ schrijf je als volgt in twee significante cijfers:

300 $\rightarrow$ afronden naar 2 significante cijfers $\rightarrow 30\cdot 10$

In het getal 30 $\cdot$ 10 doen alleen de cijfers vóór het vermenigvuldigingsteken mee, dus alleen de cijfers ‘30’ en dat zijn er twee. Merk op dat we, volgens deze regel, ook hadden kunnen schrijven 0,30 $\cdot$ 10³, of 0,030 $\cdot$ 10⁴ (dat is allebei ‘driehonderd’). Er is echter afgesproken dat we maar één variant de voorkeur geven, en die noemen we de *wetenschappelijke notatie*:

300 $\rightarrow$ in wetenschappelijke notatie $\rightarrow 3,0\cdot 10^2$

Bij deze notatie staat er altijd één cijfer links van de komma. Deze notatie is goed leesbaar (ook bij extreem kleine en grote getallen) en getallen zijn goed te vergelijken. Een heel groot getal zoals de afstand tussen ons en de ster ‘Proxima Centauri’ (ong. 39700000000000 km) wordt dan geschreven als $3,97\cdot 10^{13}$ km (dit veel beter leesbaar).

Opgave 4

Neem over en bereken, en geef het antwoord in het juiste aantal significante cijfers in wetenschappelijke notatie:

- 200 $\cdot$ 7,341
- 200 $\cdot$ 73410
- 20 $\cdot$ 7,34
- 0,02 $\cdot$ 1000 $\cdot$ 7,34

Opgave 5

Geef het aantal decimalen en significante cijfers v/d getallen 0,001 , 0,01 , 0,1 , 1 , 10 en 100.

Machten van 10

De vorige twee paragrafen vereisten rekenvaardigheden met machten van 10. Deze machten van 10 hebben ook namen (kilo = 1000, milli = 0,001 bijvoorbeeld). Deze vindt je in tabel 2 in Binas. De machten zijn als volgt uit te schrijven (let op negatieve exponenten!)

10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³
0,001	0,01	0.1	1	10	100	1000

De getallen 2, 20, 200 enz. zijn als volgt te schrijven:

2 $\cdot$ 10 ⁻³	2 $\cdot$ 10 ⁻²	2 $\cdot$ 10 ⁻¹	2 $\cdot$ 10 ⁰	2 $\cdot$ 10 ¹	2 $\cdot$ 10 ²	2 $\cdot$ 10 ³
0,002	0,02	0,2	2	20	200	2000

(Rekenen met) decimalen

Het aantal decimalen is het aantal cijfers dat rechts van de komma staat in een getal dat niet geschreven is in wetenschappelijke notatie. Het aantal decimalen in bijvoorbeeld 10,00 is twee, het aantal decimalen in 4152,1 is één.

Bij het optellen of aftrekken van getallen, heeft het eindantwoord altijd hetzelfde aantal *decimalen* als het getal met het minste aantal *decimalen* waar je mee begon. Als je dus bijvoorbeeld 3,0 + 10,00 berekent heeft het eindantwoord één decimaal. Uitrekenen van 3+10 geeft 13. Als je echter 3,0 optelt bij 10,00 dan is het eindantwoord 13,0.

Opgave 6

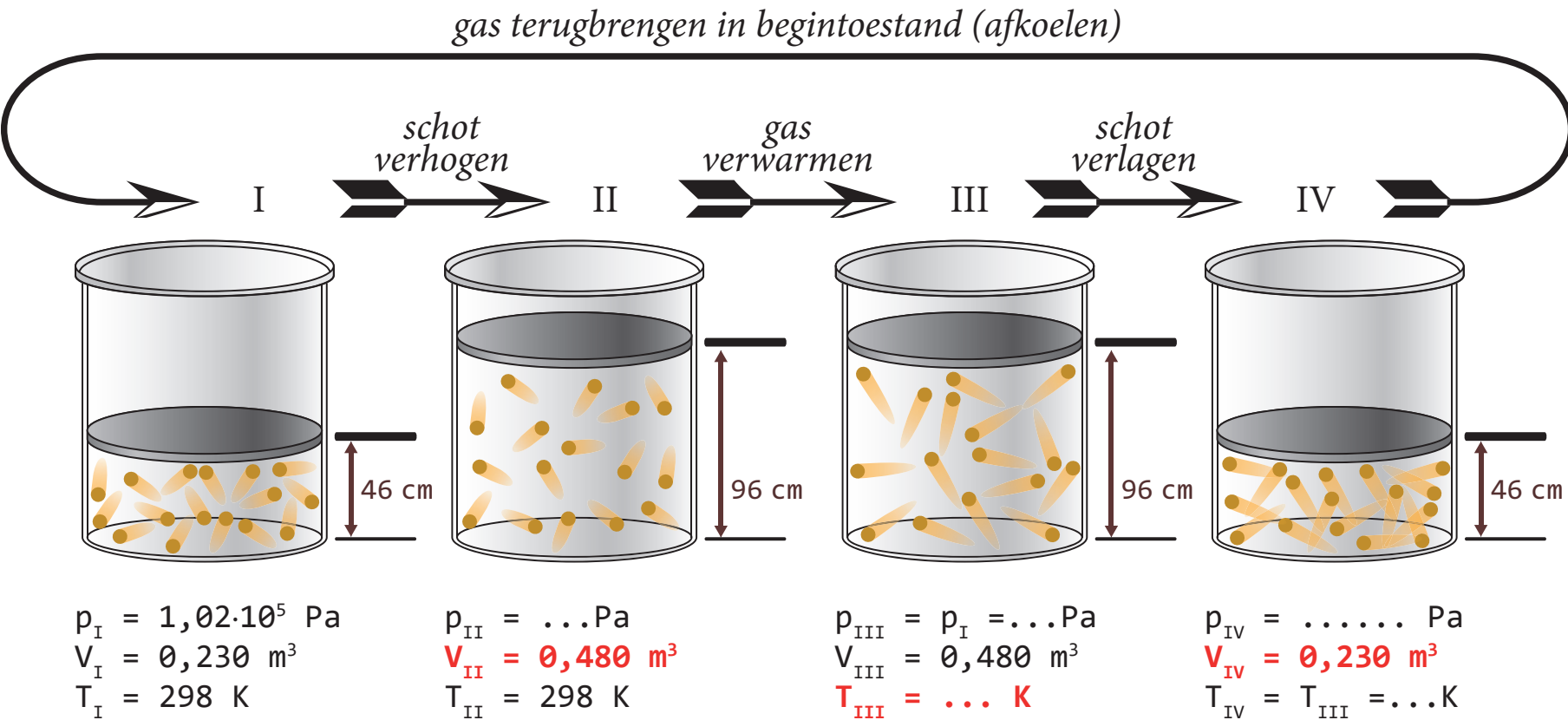
Neem over en bereken, en geef het antwoord in het juiste aantal decimalen:

- 2,0+7,341
- 2-7,3410
- 2,66+7,34
- 0,02+7,34

Opgave 7

Bekijk van de getallen van opgave 6c én van de uitkomst van opgave 6c het aantal significante cijfers. Wat valt op?

Een (ideaal) gas kan je door een zogenaamd kringproces laten lopen. Hierbij begint het gas in een toestand, en komt via meerdere ‘tussentoestanden’ weer in die begintoestand terecht. Van deze toestanden kan je via de algemene gaswet alle eigenschappen van het opgesloten gas per toestand berekenen. Zie figuur 12. Dit voorbeeld (met vier toestanden) wordt in de volgende oefenopgave gebruikt, daarom is nog niet alles hierboven ingevuld. Bedenk dat het overzicht van figuur 12 op een toets niet gegeven wordt! Dit moet je er dus zelf bij bedenken of schetsen.



figuur 12: Gas doorloopt in een zuiger een kringproces.

Voorbeeldopgave 4

Moleculair zuurstof zit als gas opgesloten in een cilindervormige zuiger van 230 liter inhoud. De druk van dit gas blijkt bij een temperatuur van 25,0° C gelijk te zijn aan 1,02 bar. Hierbij staat het cirkelvormige schot van de zuiger zodanig dat de hoogte van de cilinder gelijk is aan 46 cm.

- Bereken hoeveel gram gas er in de zuiger zit.
- Bereken de kracht die het opgesloten gas op het schot uitoefent.

Dit gas doorloopt een kringloopproces. De hierboven genoemde toestand is toestand I.

- Voor toestand II wordt het schot 50 cm omhoog verplaatst zodat het volume van de zuiger toeneemt.
- Voor toestand III wordt het gas zodanig verhit, dat het gas dezelfde druk krijgt als het heeft in toestand I.
- Voor toestand IV wordt de zuiger weer 50 cm naar beneden verplaatst zonder het gas af te koelen.
- Om het gas weer in toestand I te krijgen wordt het gas afgekoeld tot 298 K.

- Laat zien dat p_{II} gelijk is aan 0,498 bar.
- Laat zien dat T_{III} gelijk is aan 622 K.
- Laat zien dat p_{IV} gelijk is aan 2,13 bar.

Een gashoeveelheid die van toestand I naar toestand II (of van II naar III, enz.) overgaat heeft tussen deze toestanden ook een bepaalde druk, temperatuur en volume. Echter tijdens de toestandsverandering veranderen minimaal twee van deze eigenschappen continu van waarde. Deze tussenwaarden gaan wij niet berekenen, maar wel tekenen in diagrammen. Van de drie eigenschappen (druk, volume en temperatuur) zetten we de druk altijd op de y-as, dus krijg je twee mogelijke diagrammen; een (p,V)-diagram en een (p,T)-diagram (voor diagrammen zie ook § 2.7).

Bij het tekenen van het (p,V)-diagram kan er iets ‘bijzonders’ aan de hand zijn; bij overgangen waar 5.7.5 geldig is (constante n en T) geldt dat p·V een constante waarde heeft. Daarom zijn in dat geval p en V ten opzichte van elkaar omgekeerd evenredig. Dat betekent dat als bijv. p tweemaal groter wordt, dat T tweemaal kleiner wordt. Daar moet je met het tekenen rekening mee houden, want daar loopt de grafiek hyperboolvormig. Voorbeeldopgave 5a laat zien hoe dit gaat. Onthoud:

- Bij een toestandsverandering met constante n en T is het lijnstuk in een (p,V)-diagram hyperboolvormig.
- Een makkelijke manier dit goed te tekenen is door van één tussenwaarde van p en V te gebruiken in de grafiek.
- Een (p,T)-diagram kent géén hyperboolvorm.

Voorbeeldopgave 5a

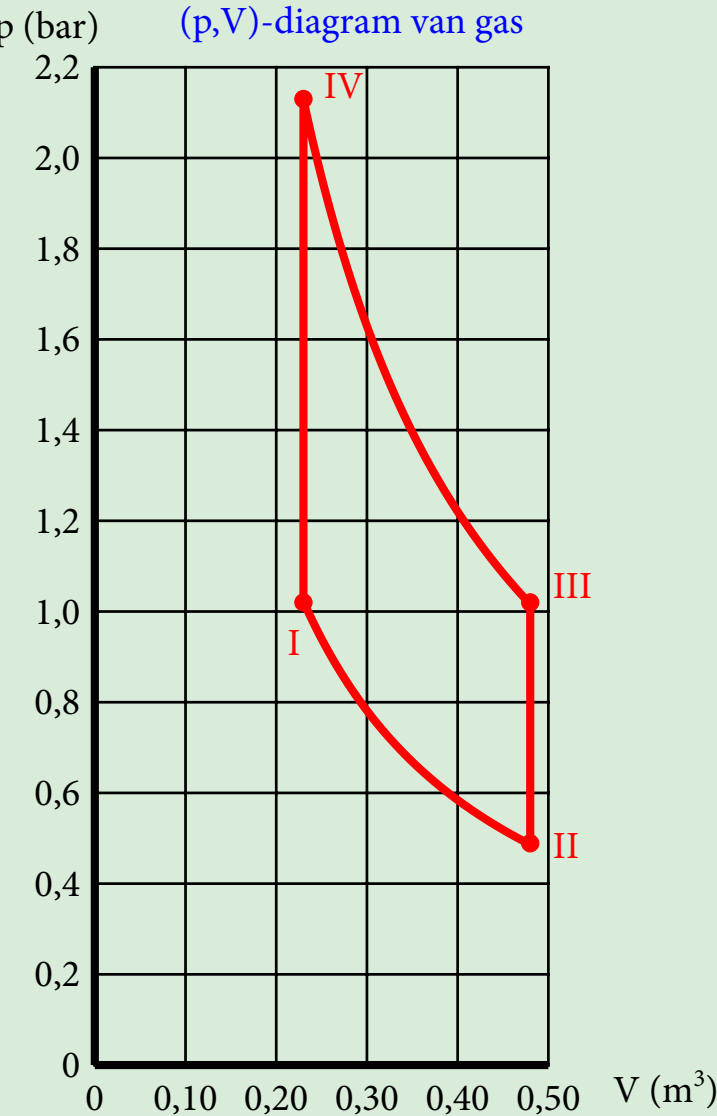
Teken van het gas uit voorbeeldopgave 4 het (p,V)-diagram voor de gehele cyclus.

Uitwerking

We zetten van alle vier de toestanden een stip in het diagram. Het betreffen deze gegevens (zie ook voorbeeldopgave 4):

toestand I →	$p_I = 1,02 \text{ bar}$	$V_I = 0,23 \text{ m}^3$
toestand II →	$p_{II} = 0,489 \text{ bar}$	$V_{II} = 0,48 \text{ m}^3$
toestand III →	$p_{III} = 1,02 \text{ bar}$	$V_{III} = 0,48 \text{ m}^3$
toestand IV →	$p_{IV} = 2,13 \text{ bar}$	$V_{IV} = 0,23 \text{ m}^3$

We kiezen de schaal v/d assen op basis van de grootste voorkomende waarden (2,13 bar en 0,23 m³). En dan verbinden we de punten volgens de hyperboolvorm:



figuur 13: (p,V)-diagram van het kringproces uit voorbeeldopgave 4.

Als bij een toestandsverandering p en T tegelijkertijd veranderen terwijl n en V gelijk zijn, geldt formule 5.7.4. De grootheden p en T zijn dan recht evenredig met elkaar; wordt p tweemaal groter, dan wordt T ook tweemaal groter.

Bij zo’n toestandsverandering hoort een rechte lijn die, indien genoeg verlengd, precies door de oorsprong zou moeten gaan. Stippellijnen (die de lijnstukken verlengen) laten dit duidelijk zien en zijn dan ook een goed hulpmiddel of controlemiddel.

Voorbeeldopgave 5b laat zien hoe en wanneer zo’n lijn (die rechte evenredigheid laat zien) moet worden getekend en hoe je hier een stippelijntje kunt toepassen.

Voorbeeldopgave 5b

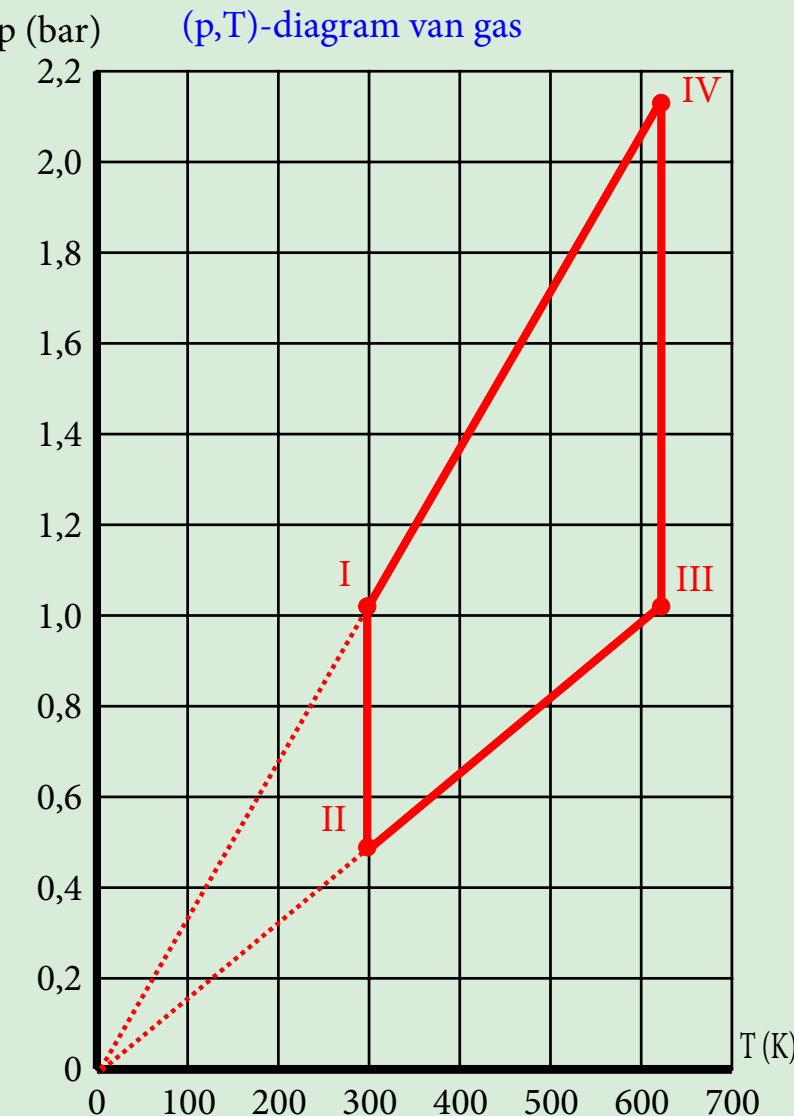
Teken van het gas uit voorbeeldopgave 4 ook het (p,T)-diagram van dezelfde cyclus.

Uitwerking

We zetten van alle vier de toestanden een stip in het diagram. Het betreffen deze gegevens (zie ook voorbeeldopgave 4):

toestand I →	$p_I = 1,02 \text{ bar}$	$T_I = 298 \text{ K}$
toestand II →	$p_{II} = 0,489 \text{ bar}$	$T_{II} = 298 \text{ K}$
toestand III →	$p_{III} = 1,02 \text{ bar}$	$T_{III} = 622 \text{ K}$
toestand IV →	$p_{IV} = 2,13 \text{ bar}$	$T_{IV} = 622 \text{ K}$

Hieruit tekenen we de grafiekdelen. Dit zijn allemaal rechte lijnstukken, waarvan er twee een verlengde zijn van een lijn uit de oorsprong (je kan stippellijnen tekenen):



figuur 14: (p,T)-diagram van het kringproces uit voorbeeldopgave 4.

§ 3.9 Analyse van (maximaal) 3 krachten

- 3.9.0 Stelling:** Als een voorwerp niet beweegt, werkt er op het voorwerp géén resulterende kracht (alle krachten op dat voorwerp heffen tezamen elkaars werking op). Deze stelling is niet omkeerbaar.
- 3.9.1 Toelichting:** De 2e zin in de bovenstaande stelling betekent dat je het volgende niet mag zeggen: “Als er geen resulterende kracht op een voorwerp werkt, staat het stil”. Een ander voorbeeld van een niet omkeerbare stelling is “Alle docenten zijn volwassenen”. Je mag tenslotte niet zeggen: “Alle volwassenen zijn docent”.
- 3.9.2 Afspraak:** Meerdere krachten op hetzelfde voorwerp kun je (als hulpmiddel) overzichtelijk tekenen door alle aangrijpingspunten op één punt te leggen. Met zo’n figuur is vaak makkelijker te werken.

Krachten op stilstaande voorwerpen

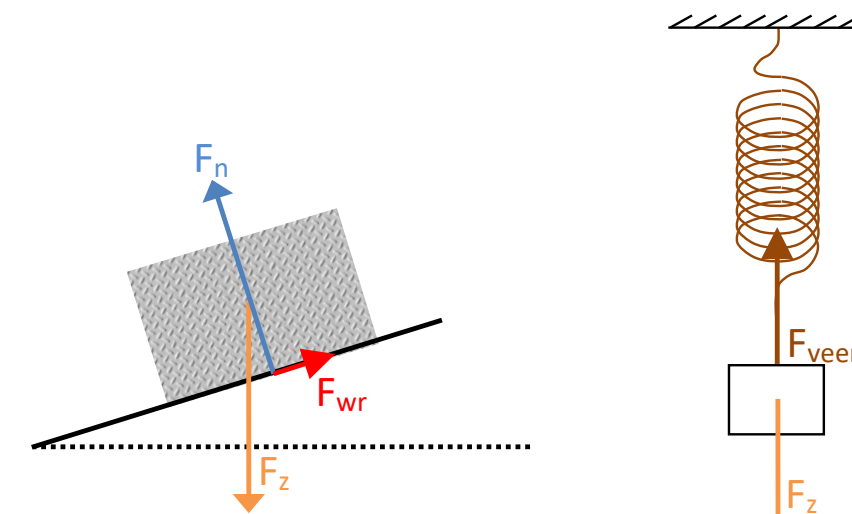
In de vorige paragrafen ben je voorbeelden tegengekomen van een stilstaand voorwerp waar twee of drie krachten op werken (zoals in figuur 8 of figuur 9). Omdat het voorwerp stilstaat, moet het wel zo zijn dat die (twee of drie) krachten elkaars werking ‘opheffen’. Dit principe gaan we nu gebruiken om uit één bekende kracht de grootte van andere onbekende krachten te bepalen.

In figuur 20 zie je van twee voorwerpen dat de krachten volgens de regels uit § 3.4 zijn getekend. Dankzij die regels weten we de richting en het aangrijpingspunt van F_z , F_n , F_{wr} , en F_{veer} . Maar hoe kom je erachter wat de precieze grootte van deze krachten is?

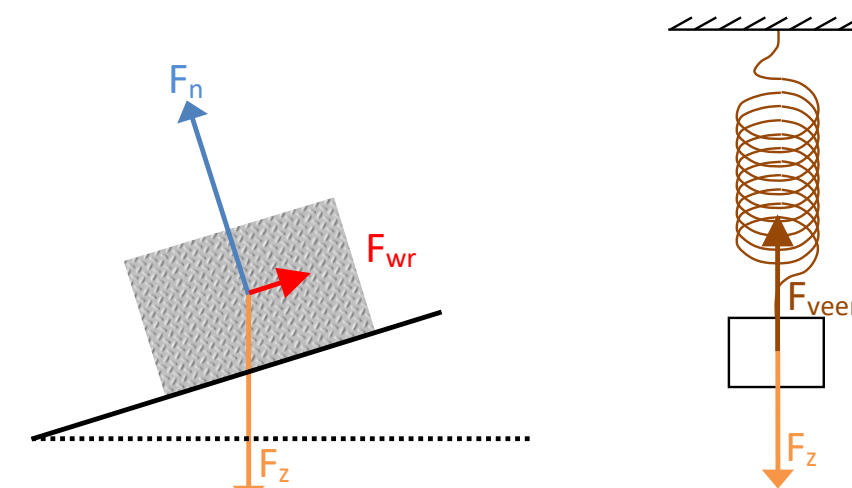
Rechts in figuur 20 is dit bij het blokje aan het veertje vrij makkelijk te zien; dankzij stelling 3.9.0 weten we dat de twee krachten F_z en F_{veer} even groot en tegengesteld gericht zijn, (ze heffen elkaars werking op). Stel dat je de zwaartekracht weet, dan weet je de veerkracht dus ook.

Maar bij het blokje op de helling (links) is moeilijker te zien dat de drie krachten elkaar opheffen. Om dit makkelijker zichtbaar te maken gaan we de krachten (met dezelfde richting en lengte) opnieuw tekenen, maar dan allemaal met hetzelfde aangrijpingspunt (dus volgens afspraak 3.9.2), zie figuur 21.

Met figuur 21 is het veel makkelijker om verder te rekenen en te tekenen (bijvoorbeeld met vaardigheid 1). Belangrijk: deze tekening is slechts een hulpmiddel voor verdere berekening. Als er wordt gevraagd: “Teken de krachten die op het blok werken” moet je tekenen volgens de regels van § 3.4 (zoals in figuur 20, met de juiste aangrijpingspunten).



figuur 20: Stilstaand blok op helling (links) en blok aan veer (rechts).



figuur 21: Situaties uit figuur 20, krachten nu vanuit één punt getekend.

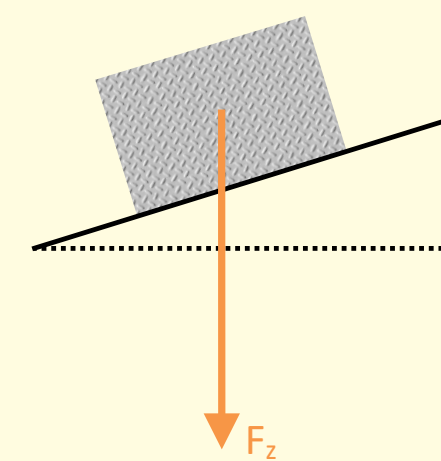
Analyse van drie krachten op één voorwerp

Dankzij de tekenmethode uit figuur 21 kan van een voorwerp waarop drie krachten werken de grootte van de krachten bepaald worden als er maar één kracht bekend is.

Voorbeeldopgave 1

Een kist (240 kg) staat stil op een helling (figuur 22).

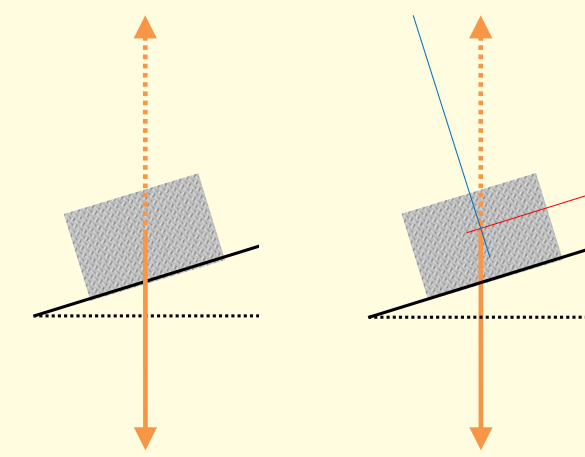
- Bepaal de schaal-factor.
- Teken F_n en F_{wr} vanuit het zwaartepunt.
- Bereken F_n en F_{zw}



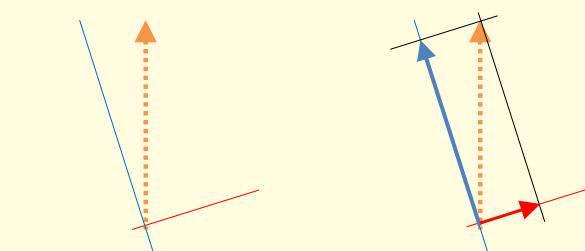
figuur 22: Stilstaand blok op helling.

Uitwerking

- $F_z = m \cdot g = 240 \cdot 9,81 = 2354,4 \text{ N} = 2,35 \text{ kN}$ (zie 3.6.0). Pijl is 3,75 cm; $2354,4 / 3,75 = 627,84$, dus $1 \text{ cm} \triangleq 628 \text{ N}$.
- De kist staat stil, dus geldt 3.9.0. We spiegelen F_z en tekenen de werklijnen van F_{wr} en F_n volgens de regels uit § 3.4. Dan volgt vaardigheid 3. Zie figuur 23 en figuur 24:



figuur 23: Gespiegelde zwaartekracht (links), krachtwerklijnen (rechts).

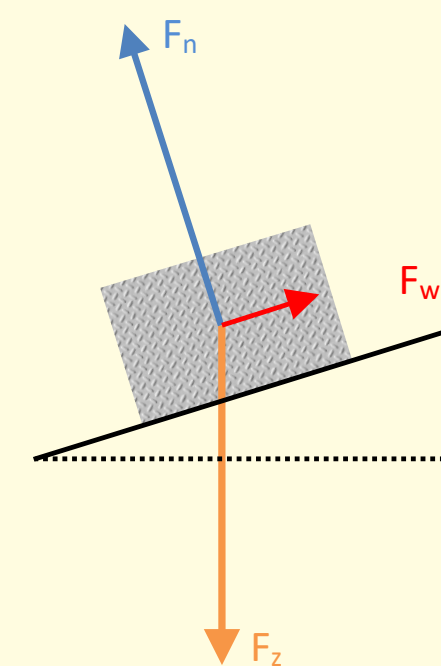


figuur 24: Krachtwerklijnen (links), toepassen vaardigheid 3 (rechts).

Na het uitvoeren van de technieken resulteert figuur 25. Hierin kunnen de krachtpijlen voor F_n en F_{wr} worden gemeten.

Pijl van F_n is 3,5 cm.
Pijl van F_{wr} is 1,1 cm.

Berekenen geeft:
 $F_n = 3,5 \cdot 627,84 = 2,2 \text{ kN}$
 $F_{wr} = 1,1 \cdot 627,84 = 7,0 \cdot 10^2 \text{ N}$

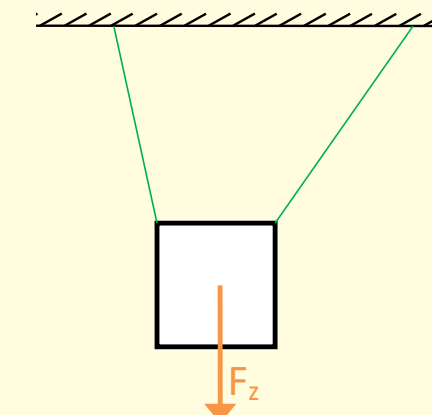


figuur 25: Blok op helling met krachten.

Voorbeeldopgave 2

Een blok hangt met twee touwtjes aan het plafond (figuur 26, $1 \text{ cm} \triangleq 20 \text{ N}$).

- Bereken de massa van het blokje.
- Bereken en teken de spankrachten die op het blok werken.

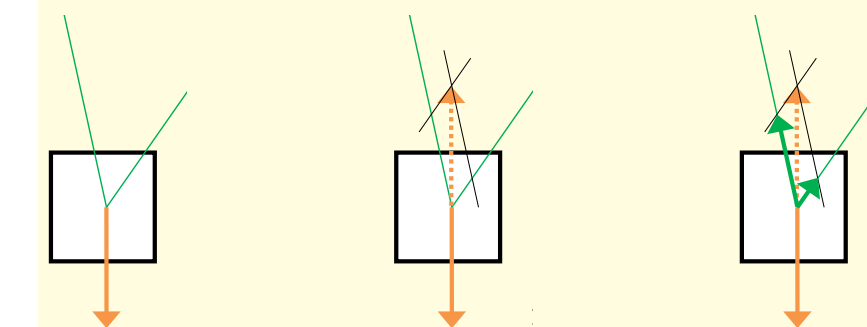


figuur 26: Stilstaand aan touwtjes.

Uitwerking

- De pijl van F_z is 1,52 cm (opmeten). Toepassen v/d schaal geeft $F_z = 1,52 \cdot 20 = 30,4 \text{ N}$. De massa van het blokje gaat met formule 3.6.0: $m = F_z / g = 30,4 / 9,81 = 3,1 \text{ kg}$.

- Het blokje staat stil, dus geldt 3.9.0. We spiegelen F_z , tekenen de werklijnen van de spankrachten en gebruiken vaardigheid 3 om de spankrachten te bepalen (figuur 27):

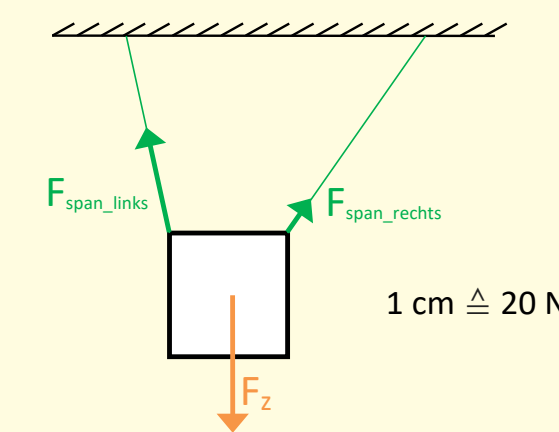


figuur 27: Spiegelen van F_{zw} en het toepassen van vaardigheid 3.

Opmeten v/d pijlen (1,2 cm links en 0,45 cm rechts) en het toepassen van de gegeven schaal levert:

$F_{span_links} = 1,2 \cdot 20 = 24 \text{ N}$
 $F_{span_rechts} = 0,45 \cdot 20 = 9 \text{ N}$

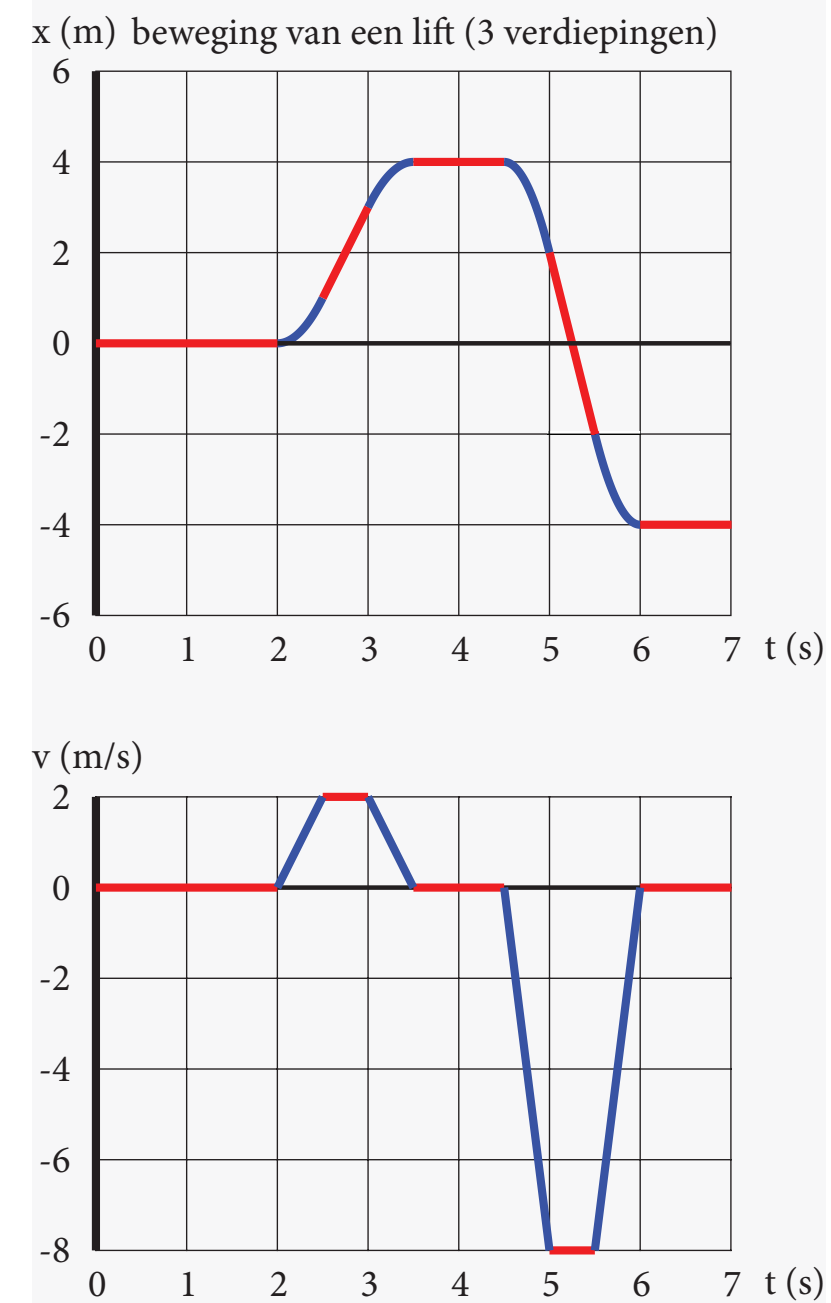
In de opgave stond dat de krachten moesten worden getekend. Dan moeten we de krachten (opnieuw) tekenen, beginnend vanuit de juiste aangrijpingspunten (figuur 28):



figuur 28: Blok aan touwtjes met krachten.

Combinatie van bewegingen

Stel dat een lift eerst op de begane grond staat. Daarna gaat de lift naar de 1^e verdieping, en na daar kort stilgestaan te hebben meteen door naar de kelder (zonder tussenstop op beg. grond). Zo'n beweging kan er dan als volgt uitzien (figuur 14):



figuur 14: (x,t)- en (v,t)-diagrammen van een liftbeweging.

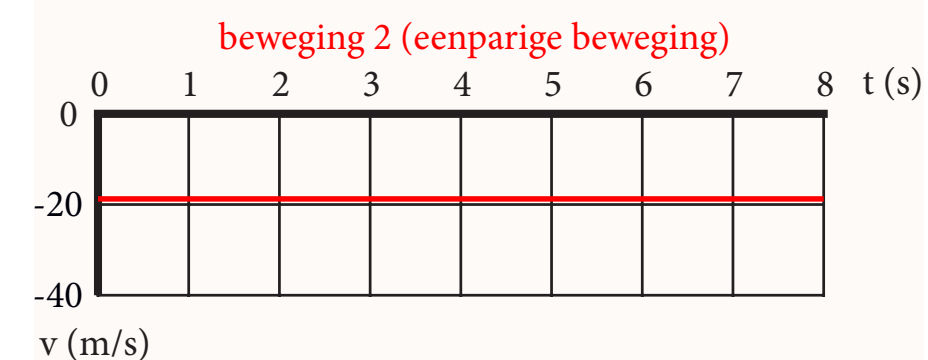
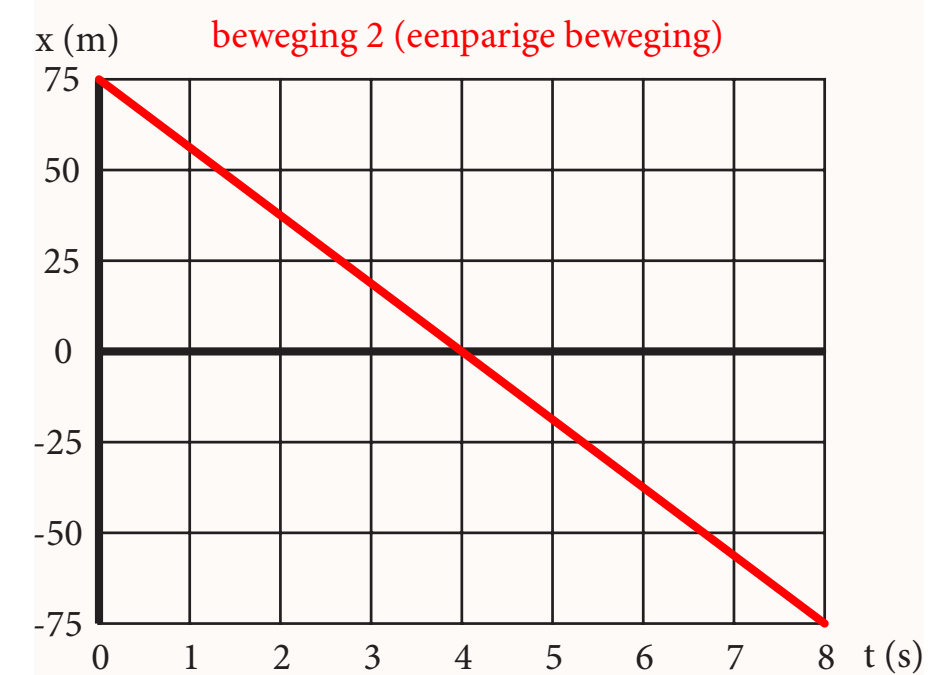
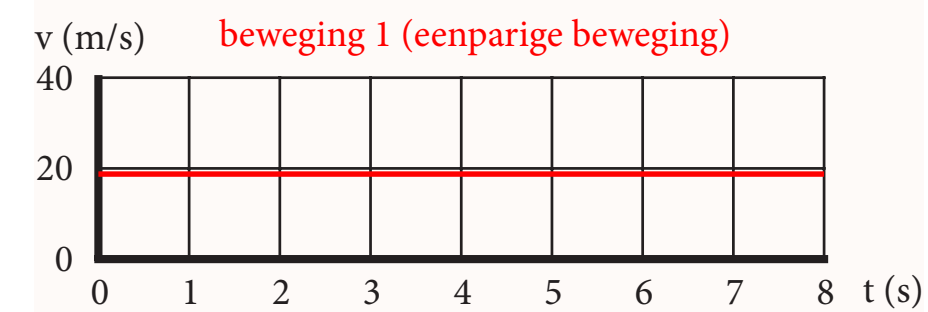
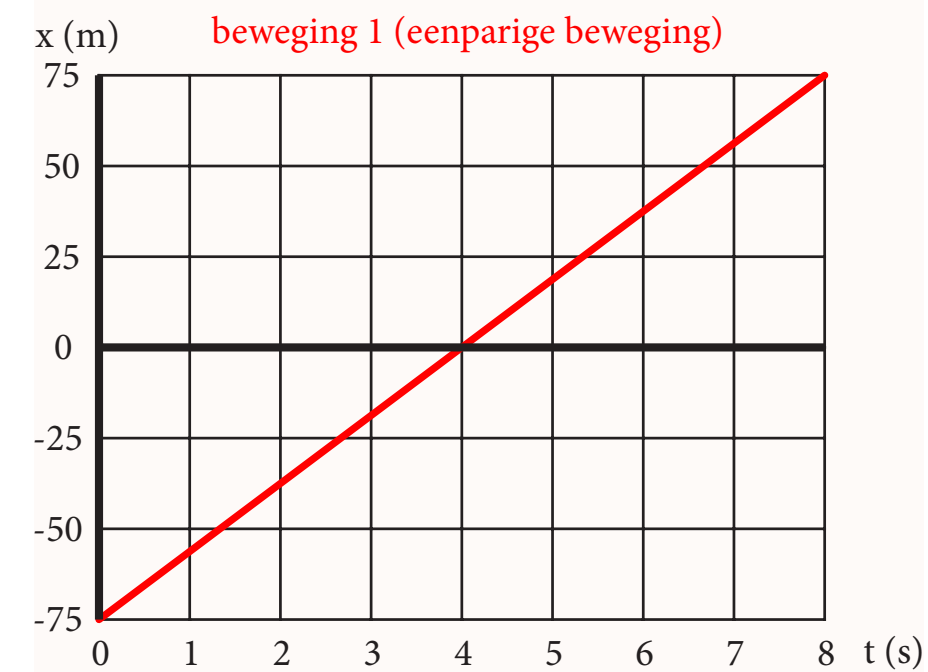
De rood getekende stukjes in figuur 14 geven aan wanneer de lift eenparig beweegt; de blauwe stukjes geven een eenparig versnelde of vertraagde beweging aan. Elk stukje is dus een 'type' beweging. Van een aantal van deze types zijn de grafieken hier rechts in een overzicht getekend.

Onthoud de volgende regels over de grafieken:

- Hoe *steiler* het (x,t)-diagram, hoe *hoger* het (v,t)-diagram.
- De *beginpositie* in een (x,t)-diagram heeft geen enkele invloed op het verloop van het (v,t)-diagram.
- Een *stilstand* is ook een eenparige beweging (de snelheid en richting zijn constant).

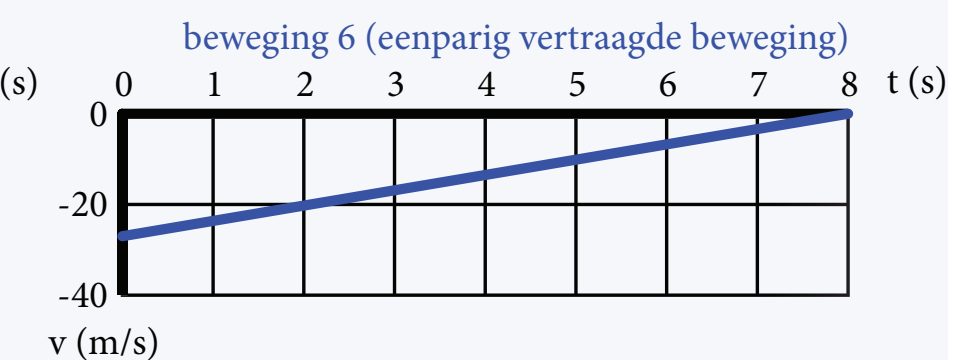
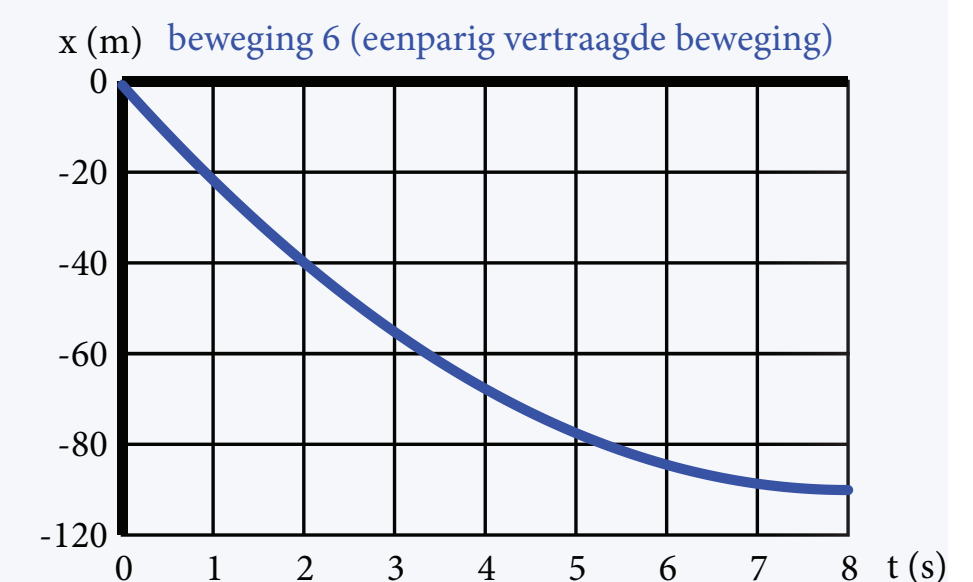
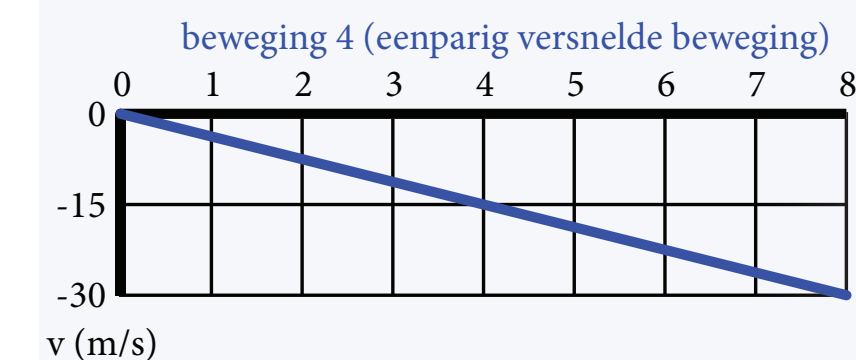
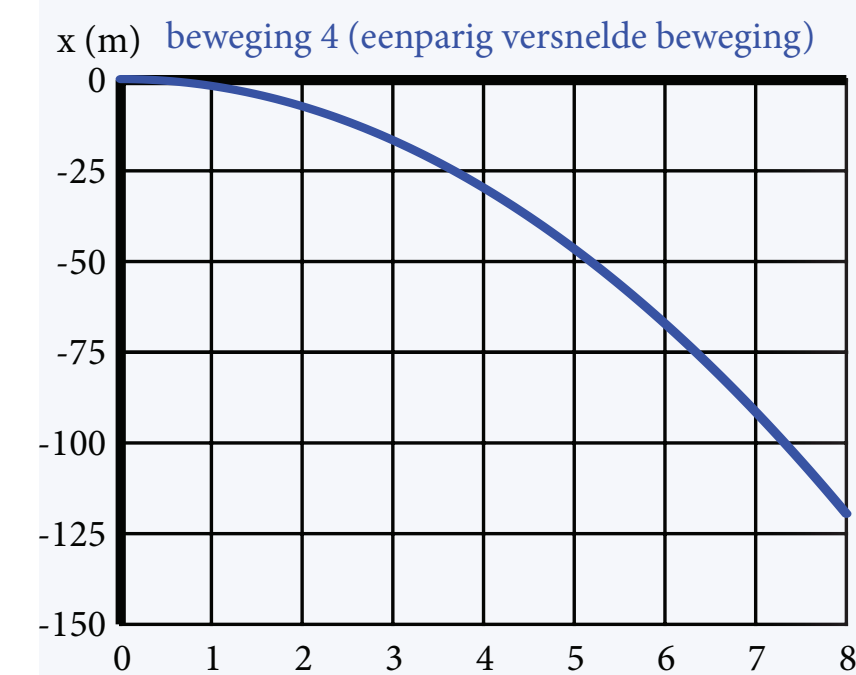
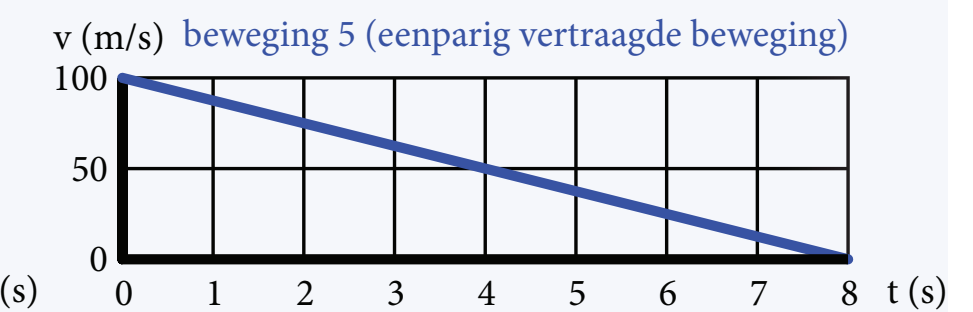
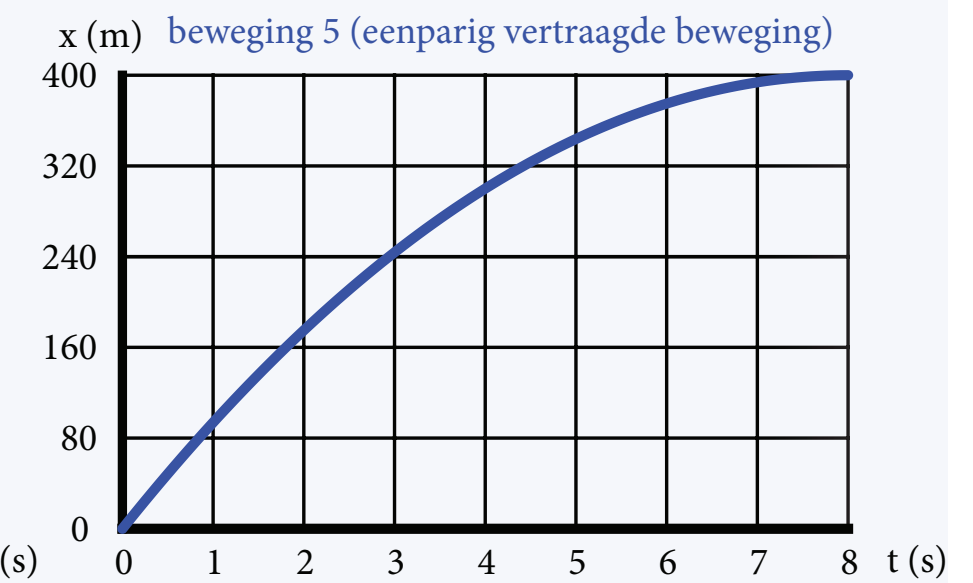
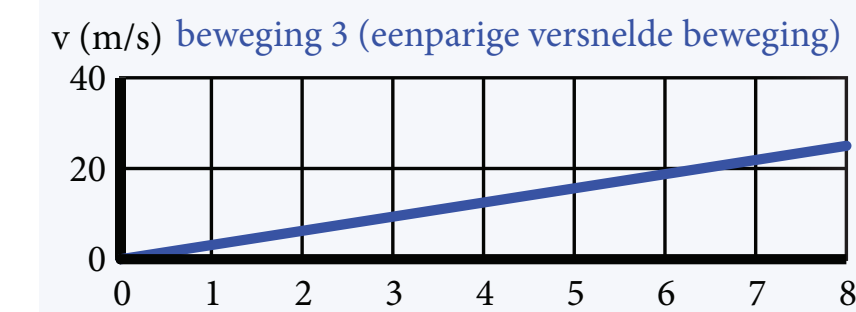
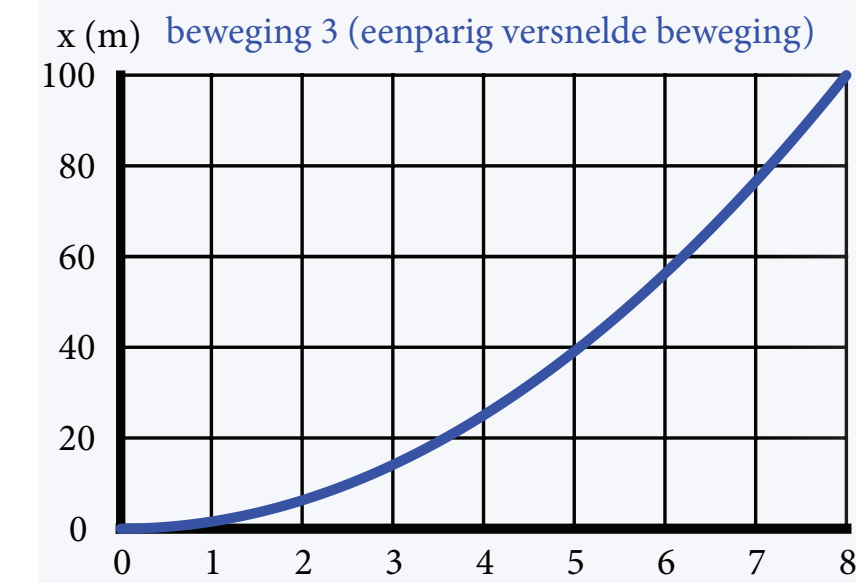
Grafiek eenparige beweging

- 2 types met elk een (x,t)-, en bijbehorend (v,t)-diagram;
- Snelheden of posities kunnen negatief zijn (zie 2.6.0 en 2.6.1).



Grafieken v/d eenparig vertraagde en versnelde beweging

- Elk type beweging heeft een nummer, een (x,t)-diagram en een bijbehorend (v,t)-diagram;
- Merk het verschil op tussen positieve en negatieve posities, snelheden en versnellingen (zie stellingen 2.6.0 t/m 2.6.2).

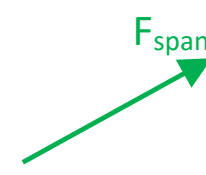


§ 3.8 Ontbinden van vectoren

- 3.8.0 Begripsomschrijving:** Ontbinden van vectoren betekent opsplitsen van vectoren. Hierbij ontstaan uit één vector twee nieuwe vectoren die beide een veel geschiktere richting (kunnen) hebben.
- 3.8.1 Hulpstelling:** Zodra je de twee nieuwe vectoren hebt verkregen uit de ontbinding, komen deze in plaats van de originele (ontbonden) vector (die 'doet niet meer mee').
- 3.8.2 Toelichting:** De twee nieuwe vectoren kunnen vaak makkelijker bij vectoren van andere krachten worden opgeteld dan de originele kracht (daarom wordt de ontbinding vaak toegepast).
- 3.8.3 Begripsomschrijving:** Deelvectoren die loodrecht op elkaar staan worden vaak componenten genoemd.

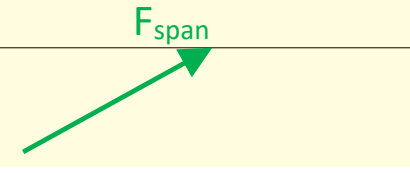
Vaardigheid 2: Ontbinden van krachtpijl

opdracht



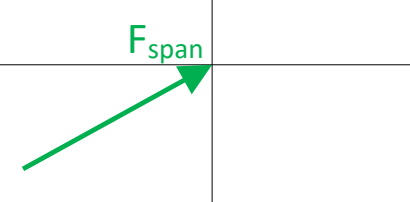
Een bestaande kracht (hier F_{span}) moet worden opgesplitst in twee componenten. De twee nieuwe vectoren gaan loodrecht op elkaar staan.

stap 1



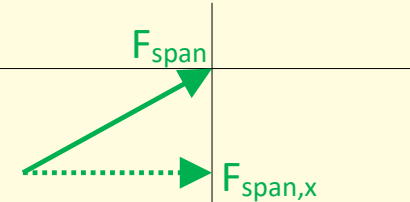
Bepaal de gewenste richting van de component (die volgt uit de context van de opgave). Teken een (naar beide kanten uitstekende) hulplijn door de punt van F_{span} in de richting van die deelkracht.

stap 2



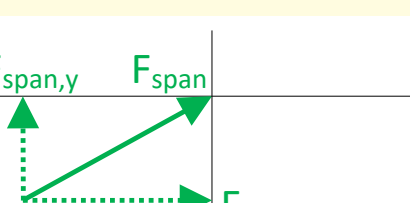
Teken een tweede hulplijn precies loodrecht op de eerste hulplijn. Deze tweede hulplijn loopt weer door de punt van F_{span} .

stap 3



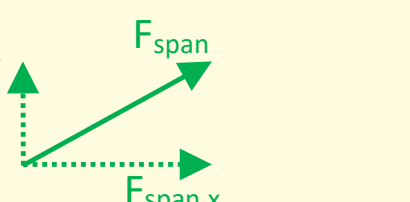
Stippel vanaf het aangrijpingspunt van F_{span} de component $F_{\text{span},x}$ parallel aan de eerste hulplijn. De punt van $F_{\text{span},x}$ ligt op de tweede hulplijn.

stap 4



Stippel op dezelfde wijze vanaf het aangrijpingspunt van F_{span} de component $F_{\text{span},y}$ parallel aan de tweede hulplijn.

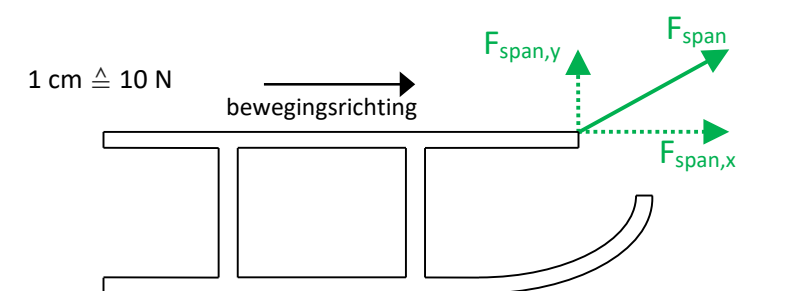
resultaat



De bestaande kracht is nu opgesplitst in twee (denkbeeldige) 'deelkrachten', die we nu verder kunnen gebruiken in plaats van de originele F_{span} .

Krachten met méér dan een uitwerking (II)

- In figuur 15 zie je de componenten op de slee uit figuur 14.
- Hier is $F_{\text{span},x}$ gelijk aan F_{wr} (zie ook figuur 10 en 3.5.3).
 - Dankzij de tillende werking van $F_{\text{span},y}$ is F_n nu kleiner dan F_{zw} . Dit komt omdat de normaalkracht nu 'minder hoeft te doen'. Zie ook 3.5.1.



figuur 15: De spankracht van de slee is ontbonden in componenten.

§ 4.11 Rekenen via een vervangingsweerstand

4.11.0 In deze paragraaf gebruiken we alle stellingen van § 4.8. Neem deze stellingen eerst goed door.

	soort schakeling	stroomsterkte	spanning	weerstand	vermogen	geleiding
4.11.1	serie-schakeling	$I_x = I_1 = I_2 = \dots$	$U_x = U_1 + U_2 + \dots$	$R_x = R_1 + R_2 + \dots$	$P_x = P_1 + P_2 + \dots$	$\frac{1}{G_x} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots$
	parallel-schakeling	$I_x = I_1 + I_2 + \dots$	$U_x = U_1 = U_2 = \dots$	$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$	$P_x = P_1 + P_2 + \dots$	$G_x = G_1 + G_2 + \dots$

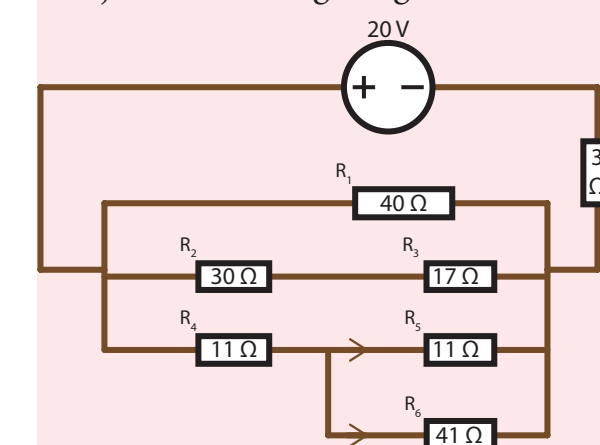
4.11.2 Herhaling: De bronspanning, bronstroom en de vervangingsweerstand van een schakeling zijn altijd met elkaar verbonden volgens formule 4.7.5 (de wet van Ohm), dus geldt: $U_{\text{bron}} = I_{\text{bron}} \cdot R_v$

Vereenvoudigen van schakelingen

In alle sommen waarbij je een schakeling hebt doorgerekend, kon je via 4.7.5 (wet van Ohm) altijd een 'nieuwe' stroom, spanning of weerstand berekenen (en daarmee kon je weer verder). Dat kon, omdat van de drie benodigde grootheden voor formule 4.7.5 er altijd twee bekend waren. Maar stel dat dit nu niet zo is, hoe moet je de opgave dan beginnen?

Voorbeeldopgave 7

Bekijk de schakeling in figuur 31:



figuur 31: Een schema waarvan veel onbekend is.

- Bereken de spanning over R_1 .
- Bereken alle overige spanningen over de weerstanden en stromen door de weerstanden in de schakeling.

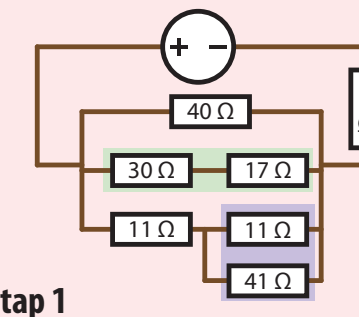
U_{bron} is en de weerstandswaarden zijn gegeven, maar verder nog niets. Per weerstand kan 4.7.5 dus niet worden ingevuld, omdat je té weinig gegevens hebt. Dan moet je via de vervangingsweerstand werken. Het stappenplan is:

- Weerstanden combineren;
- Via 4.11.2 de stroom I_{bron} berekenen;
- De schakeling via regels uit § 4.8 en 4.9 verder doorrekenen.

Dit is hiernaast (blz 78 en 79) voorgedaan.

Vaardigheid 2: weerstanden combineren

stap 1

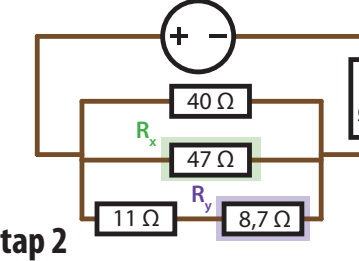


Zoek eerst welke weerstanden kunnen worden gecombineerd:

- R_2 (30 Ω) en R_3 (17 Ω) staan in serie
- R_5 (11 Ω) en R_6 (41 Ω) staan parallel

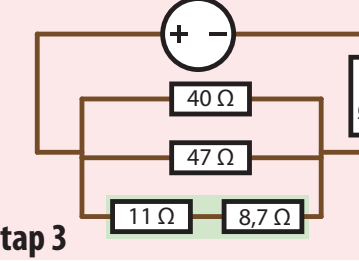
Gebruik de regels uit 4.11.1 om de weerstanden te combineren.

stap 2



- $R_x = R_2 + R_3 = 30 + 17 = 47 \Omega$
- $\frac{1}{R_y} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{11} + \frac{1}{41} = 0,1153$
- $R_y = \frac{1}{0,1153} = 8,7 \Omega$

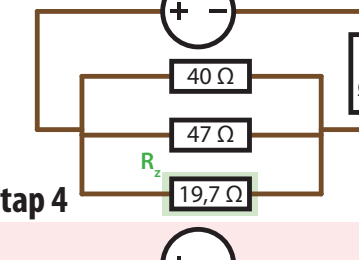
stap 3



Nu kun je opnieuw uitzoeken welke weerstanden te combineren zijn

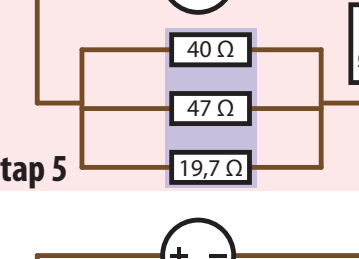
- R_4 (11 Ω) en R_y (8,7 Ω) staan in serie

stap 4



- $R_z = R_4 + R_y = 11 + 8,7 = 19,7 \Omega$

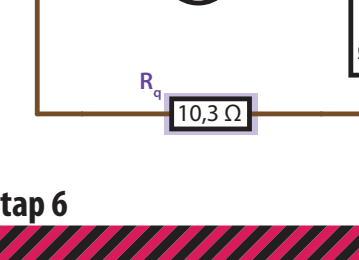
stap 5



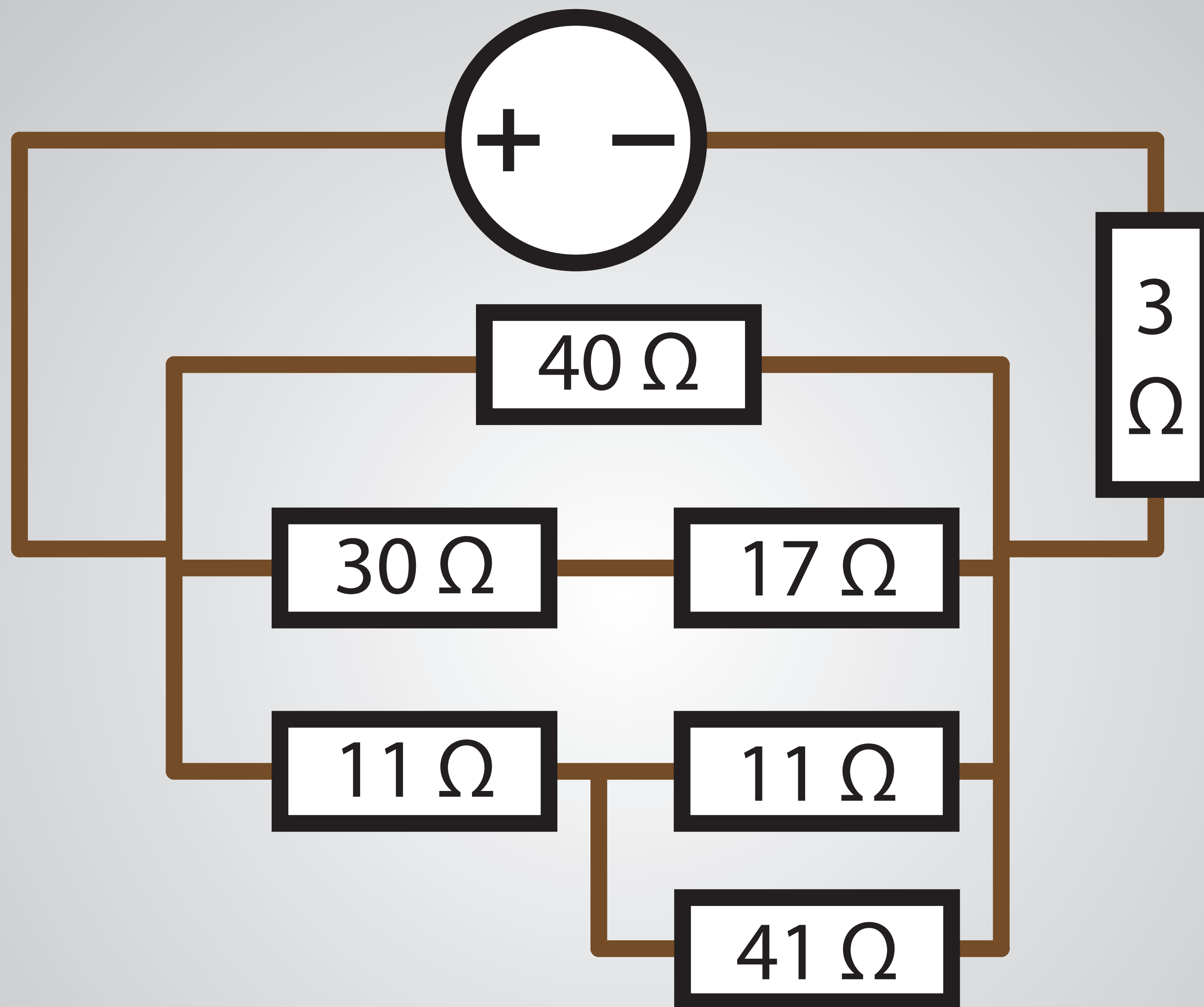
Nu kun je nogmaals uitzoeken welke weerstanden te combineren zijn

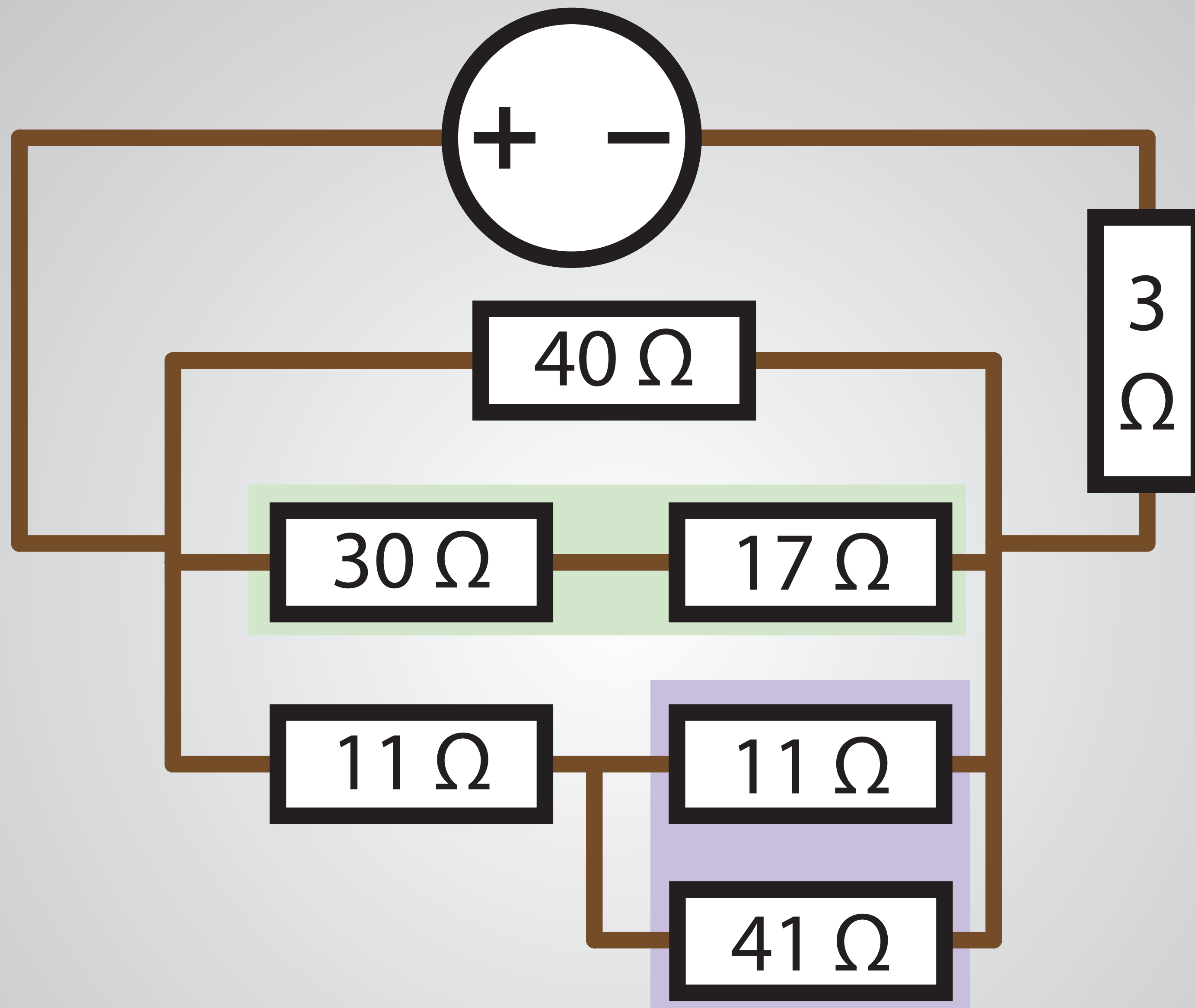
- R_1 (40 Ω), R_x (47 Ω) en R_z (19,7 Ω) staan alle drie parallel.

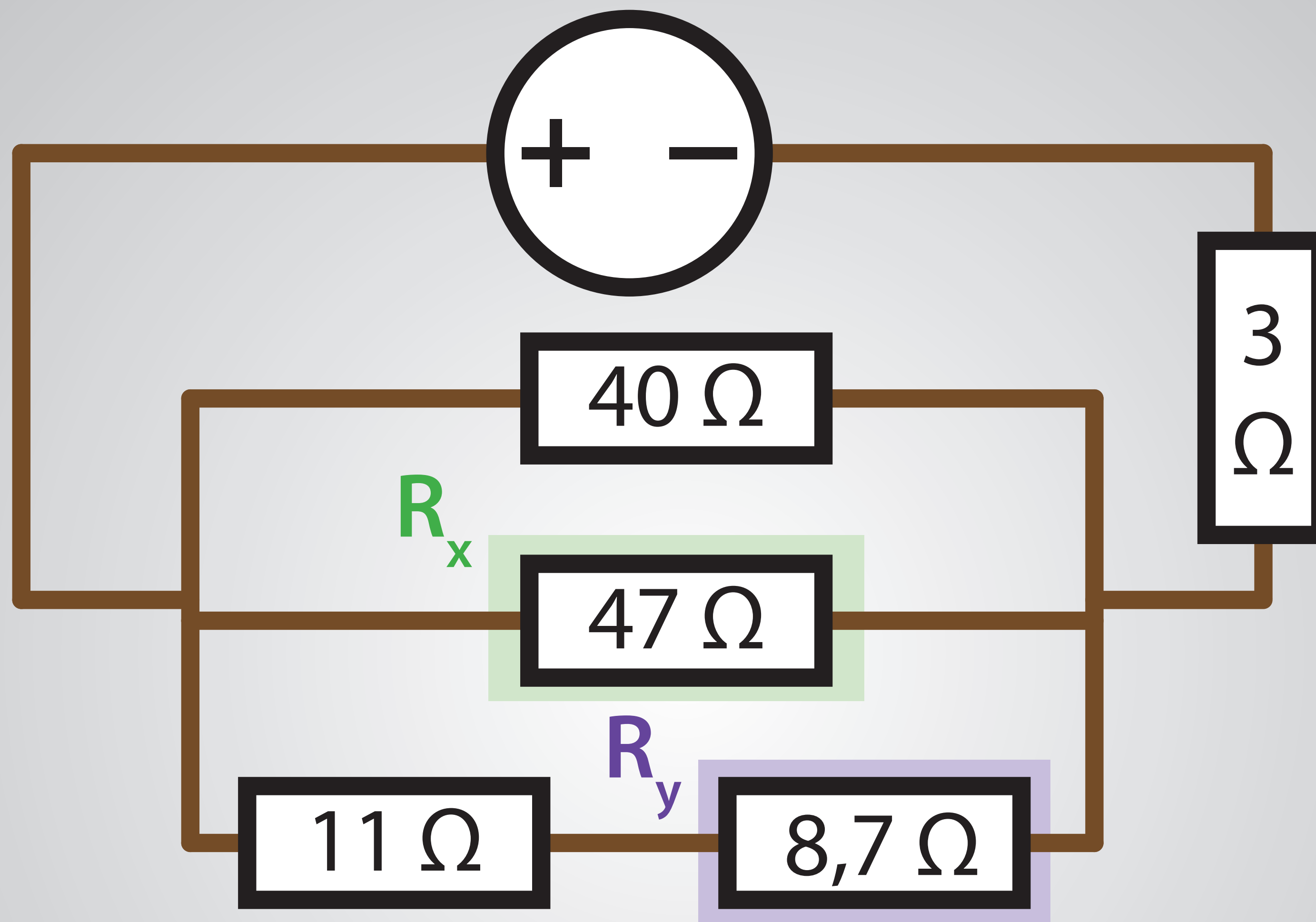
stap 6

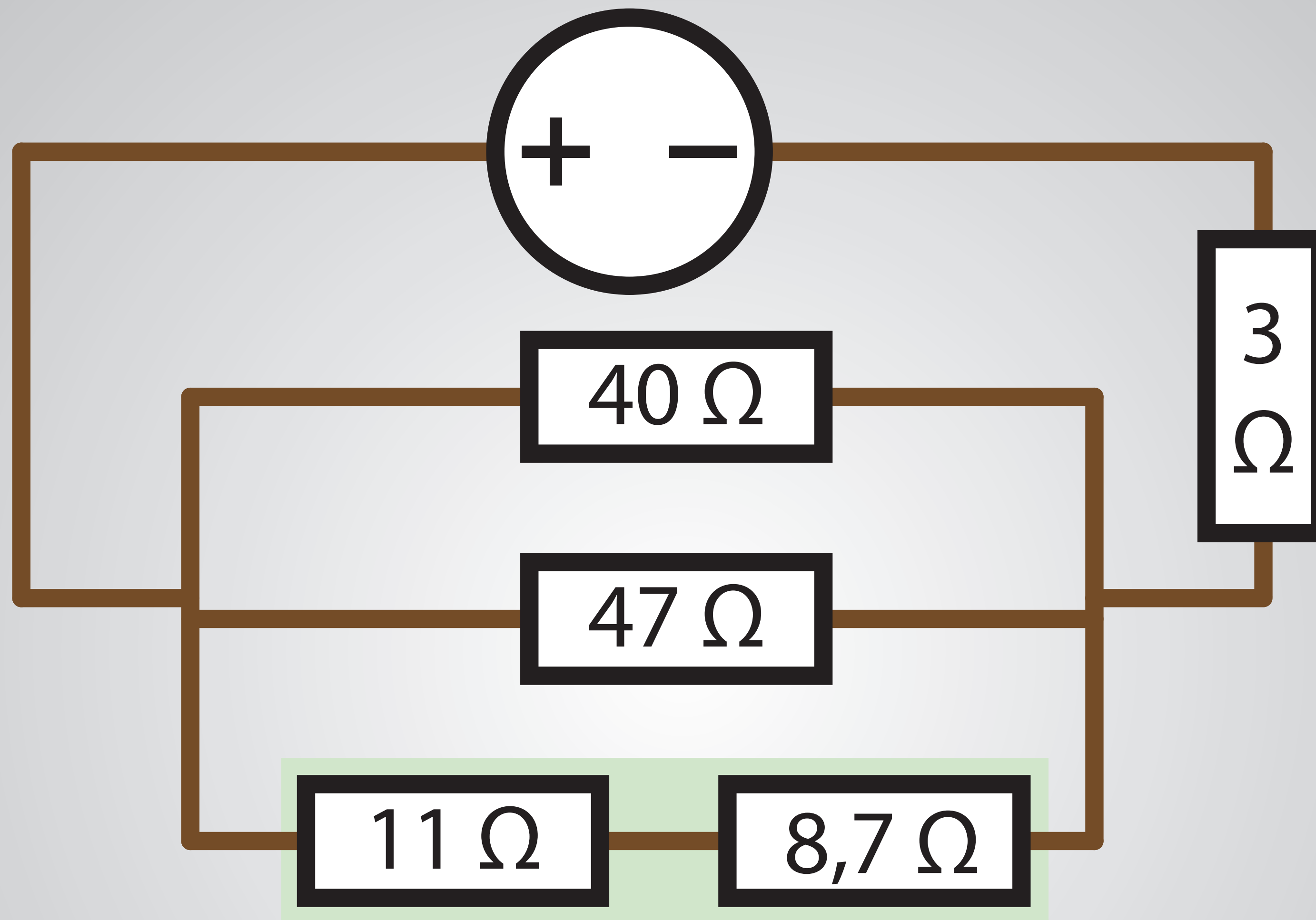


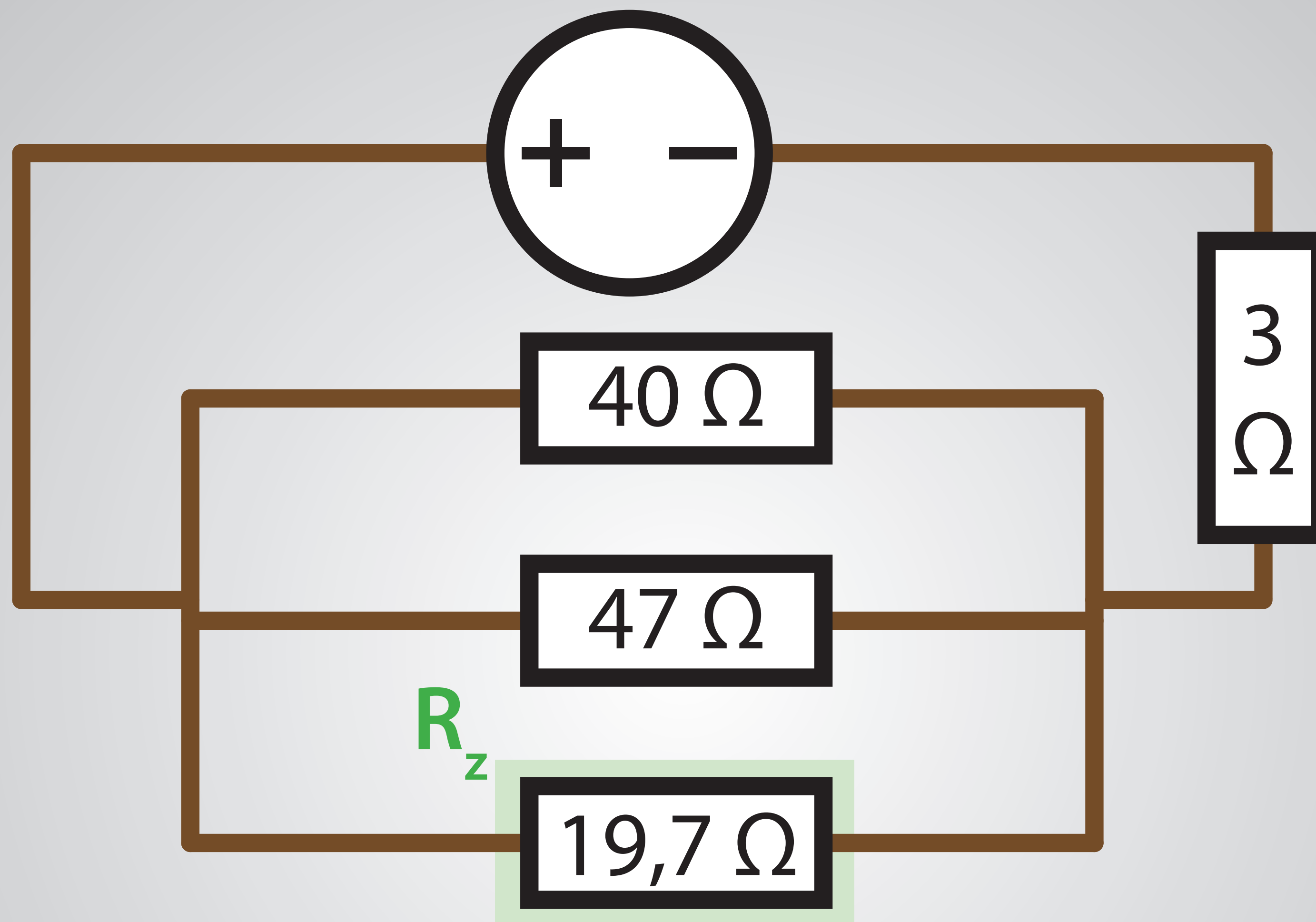
- $\frac{1}{R_q} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_z} = \frac{1}{40} + \frac{1}{47} + \frac{1}{19,673} = 0,0971$
- $R_q = \frac{1}{0,0971} = 10,3 \Omega$
- $R_v = R_q + R_8 = 10,3 + 3 = 13,3 \Omega$

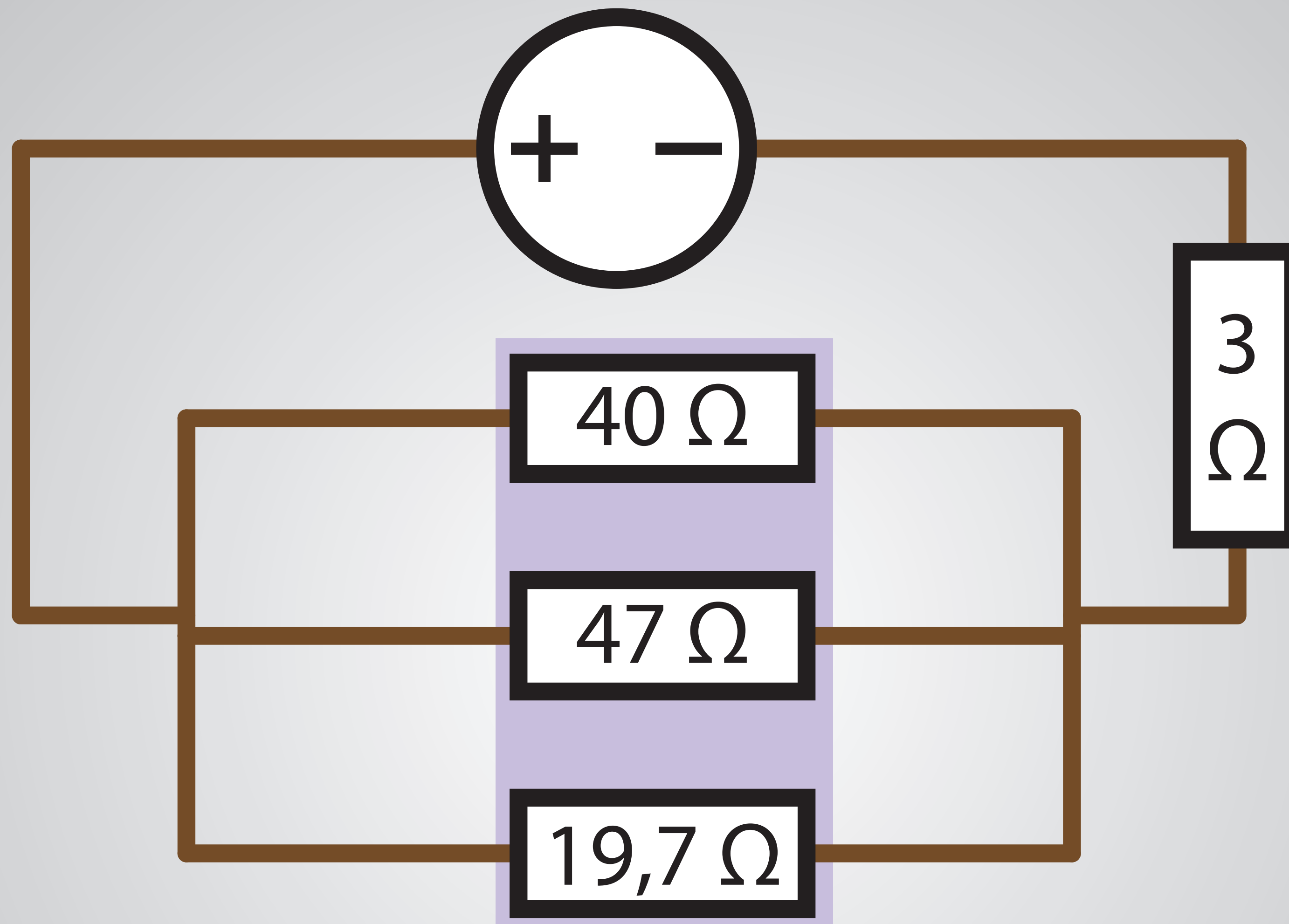


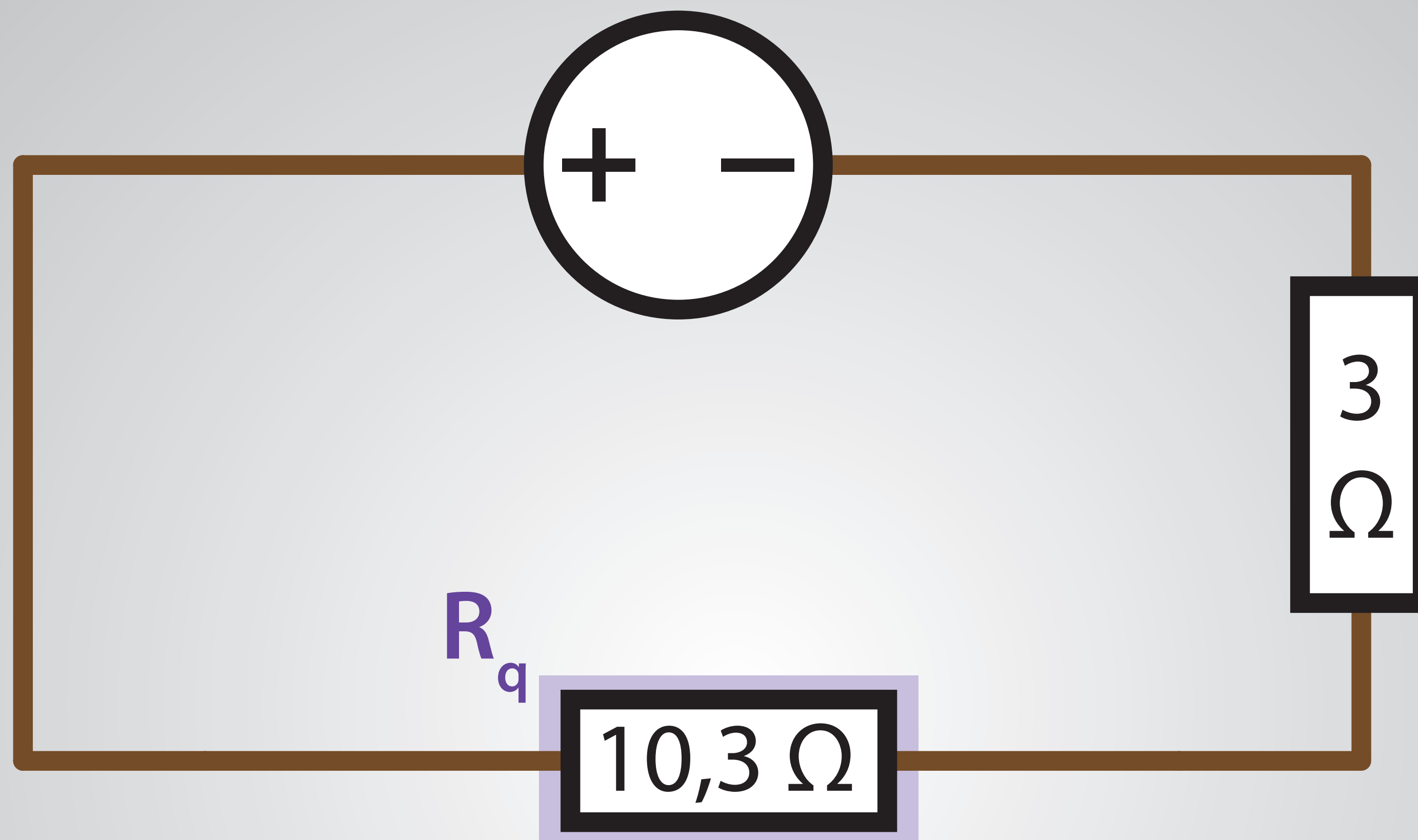












Visuele hulp bij leerprocessen

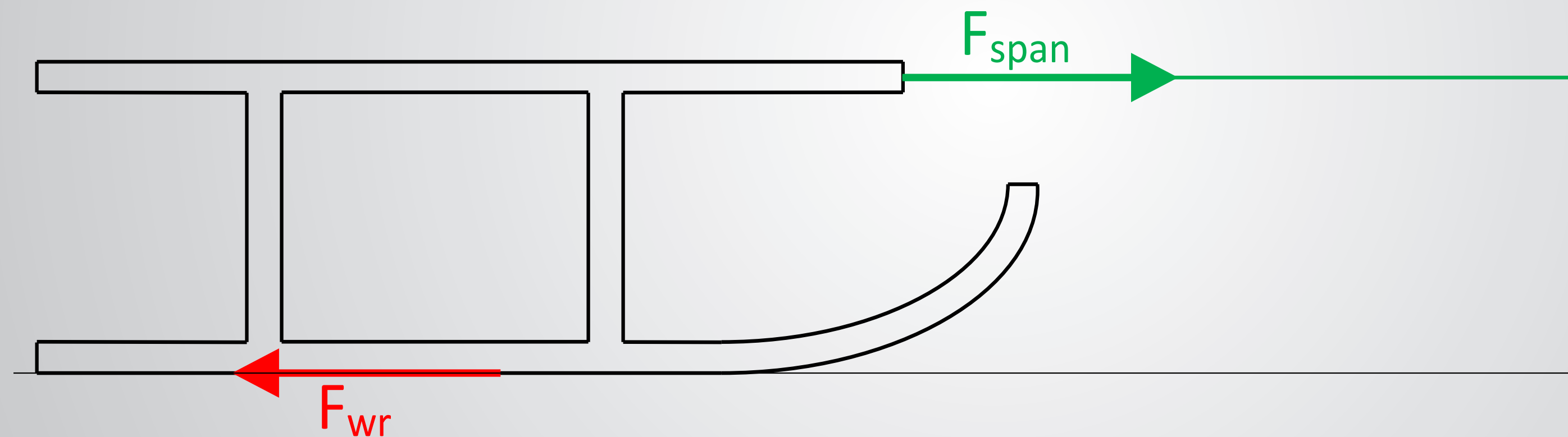
- Leerkernen zijn geïndexeerd (opzoekbaar);
- Logisch en consistent kleurgebruik (F_{wr} , F_{span} enz.)
- Kop-romp-staart visueel op 1 bladzijde of 1 spread
- Stap-voor-stap procedures volledig zichtbaar
- Figuren en tekst waar écht nodig, nette uitlijning
- Lettergebruik; sans-serif (titel) vs serif (lange tekst)

Interactiviteit: testopgave

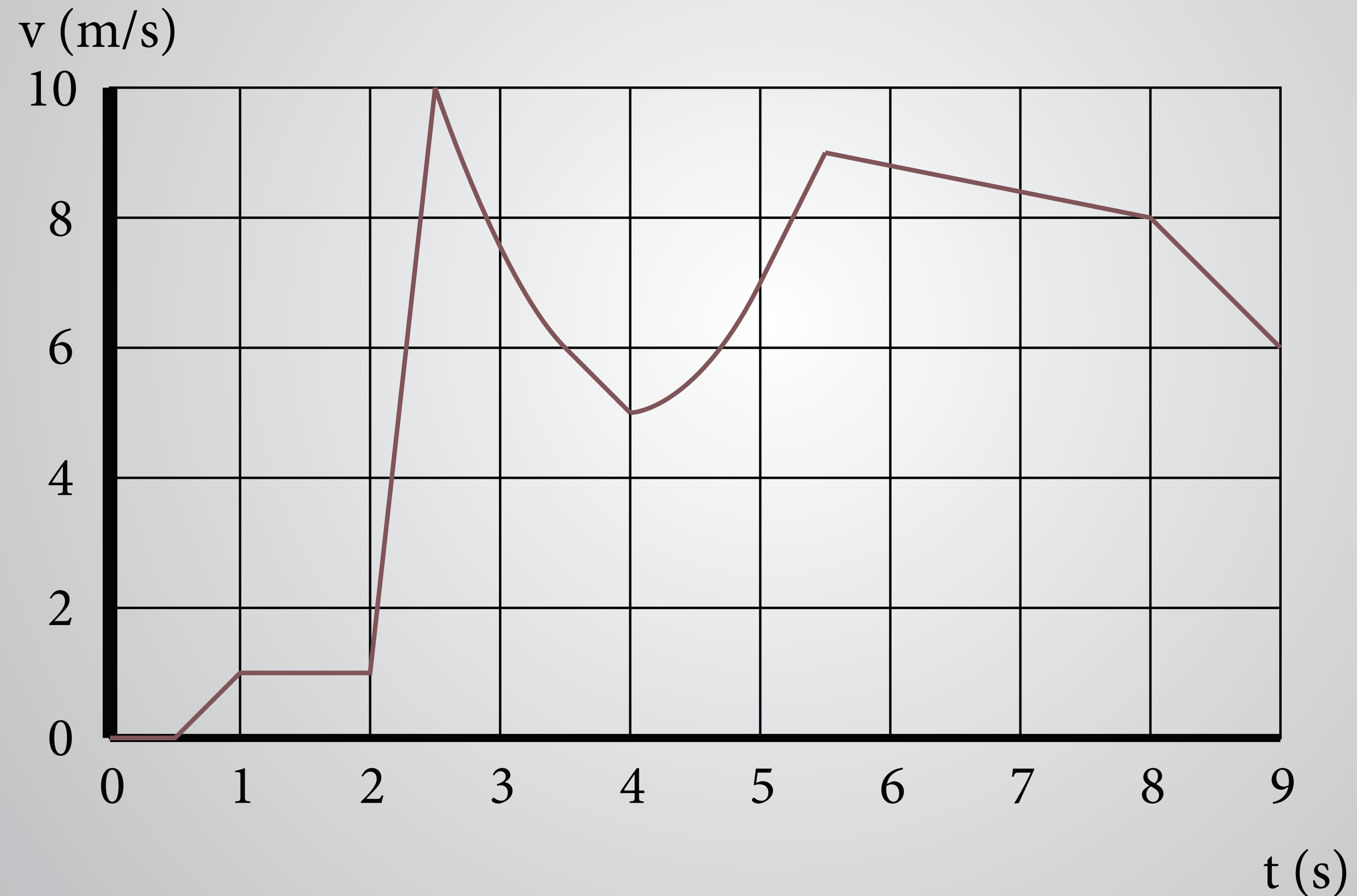
Stel, u bent een leerling:

- U kwam met een 6,7 gemiddeld uit 3V;
- U moet de nodige kennis nog opzoeken.

De slee in de onderstaande figuur beweegt door de sneeuw. Aan welke kracht is te zien wat de bewegingsrichting is van deze slee? Leg uit.



Gegeven is het onderstaande (v,t)-diagram.
Bepaal de snelheid op $t = 5,0 \text{ s}$



Onderwijsvisie

- (Auto-)didactisch **rendement** maximaliseren

(‘wat heeft de leerling eraan als hij/zij dít woord nú leest of déze som nú maakt’)

- Syllabus tot **één logisch opbouwend verhaal** maken

(cumulatieve kennis, opbouwende hoofdstukken, goede opzoekbaarheid)

Onderwijsvisie

- (Auto-)didactisch **rendement** maximaliseren

(‘wat heeft de leerling eraan als hij/zij dít woord nú leest of déze som nú maakt’)

- **Syllabus tot één logisch opbouwend verhaal maken**

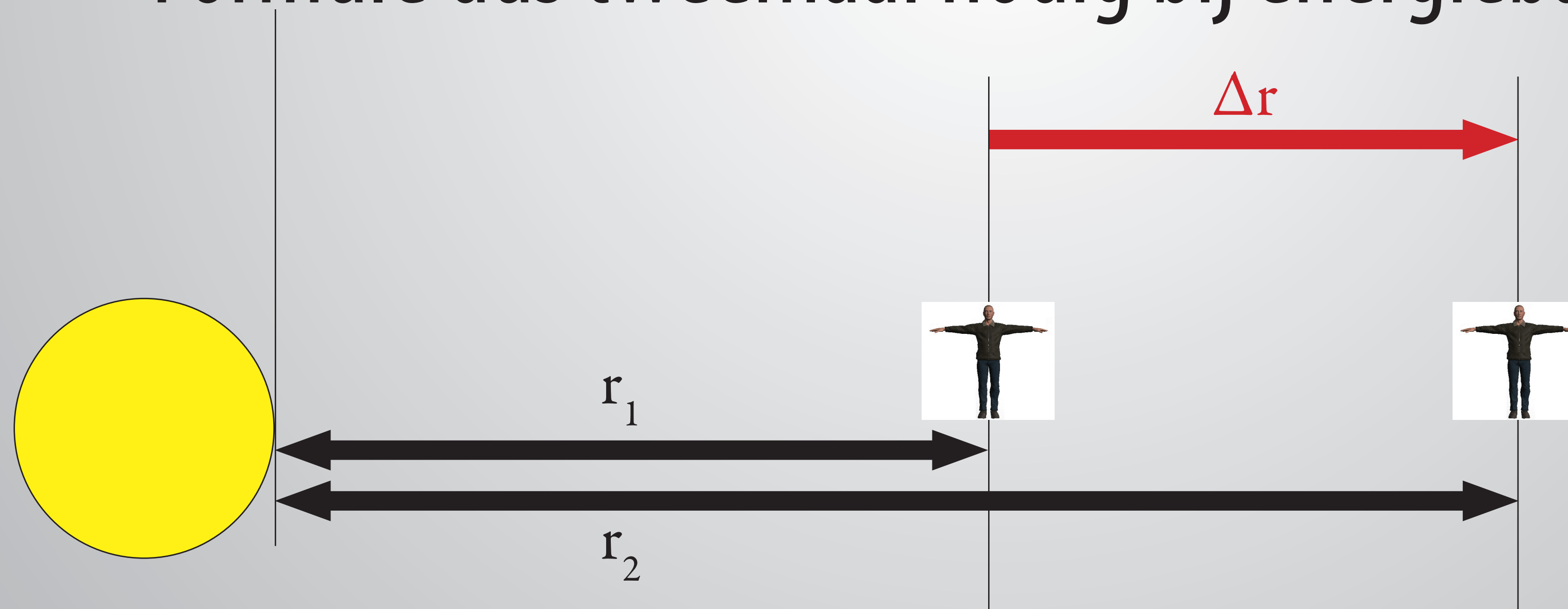
(cumulatieve kennis, opbouwende hoofdstukken, goede opzoekbaarheid)

Syllabus tot 1 verhaal (1 vak) maken

- Domeinen zijn gevarieerd ➔ **onsamenhangend**
- 'Verband tussen bijv. arbeid en trillingen? Is dat er?'
- Inzichten / leerkernelen syllabus kunnen **conflicteren**:
onderling, met wiskundebegrippen of met vervolgopleiding
- Domeinen moet (met) elkaar **kloppen** en **versterken**
- Hierbij kwam ik meerdere problemen tegen.

probleem 1: gravitatie-energie

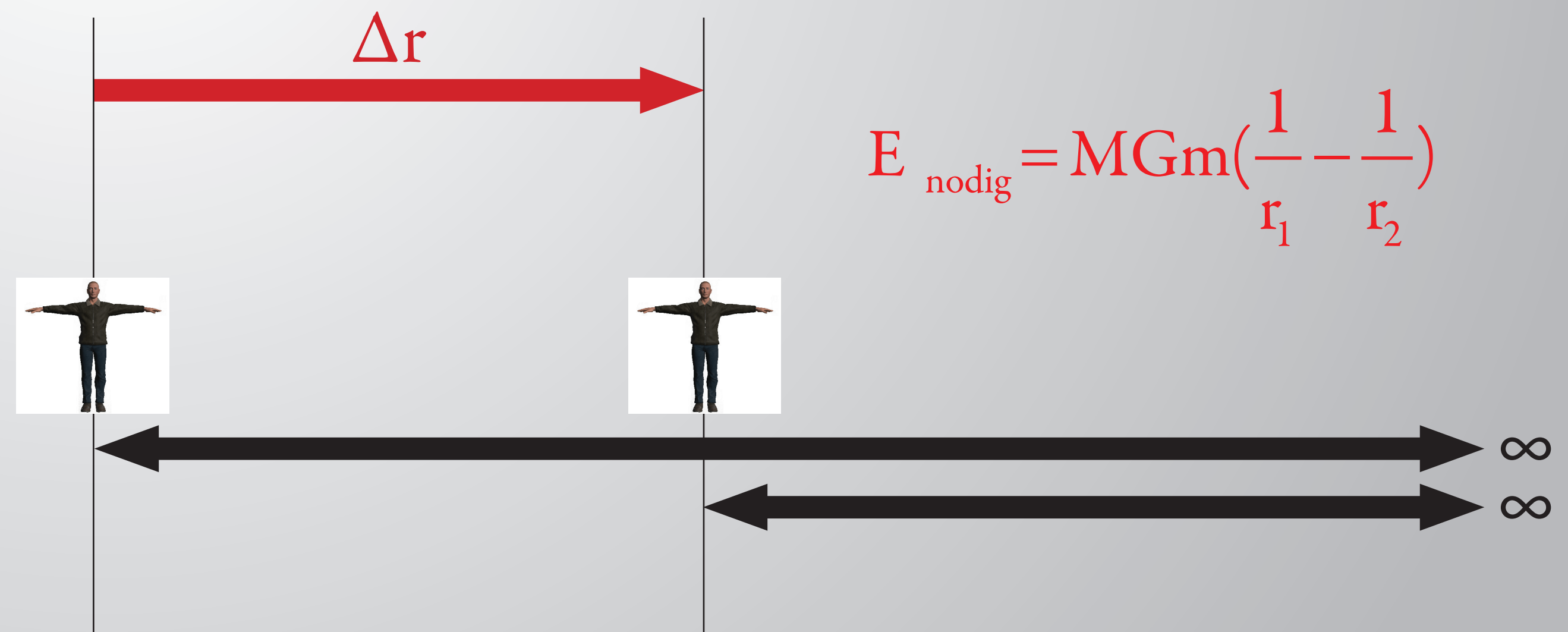
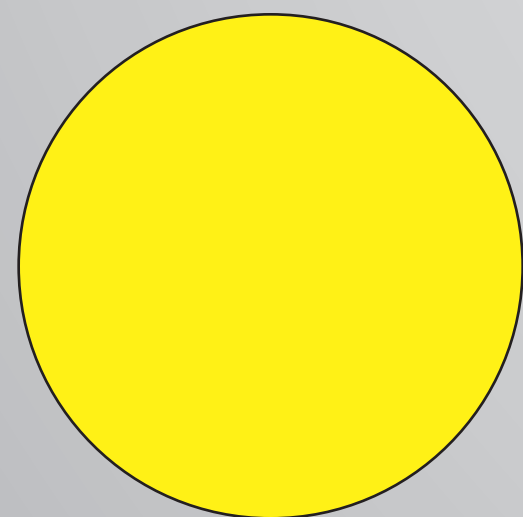
- Nieuw in programma (NiNa)
- $E = -mMG/r \rightarrow$ energie t.o.v. referentiepunt
- Formule dus tweemaal nodig bij energiebalans



$$E_{\text{nodig}} = MGm \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

probleem 1: gravitatie-energie

- E_g van r_1 beschrijft arbeid die hoort bij afstand $(\infty - r_1)$
- Verschil tussen 2 zwaarte-energieën is relevant
- Kan tot begripsproblemen leiden



Probleem 2: definitie periodieke beweging

- Heeft géén evenwichtsstand (anders $\rightarrow$ trilling).
- Periodieke beweging is altijd te benaderen met superpositie van harmonische trillingen (Fourierserie)
- Som van bewegingen, allen mét evenwichtsstand, heeft dus blijkbaar zelf géén evenwichtsstand.
- Definitie evenwichtsstand? (puntsymmetrie?)

Probleem 3: bewegingsenergie en impuls

- Zodra je $p = mv$ op het VW0 invoert, moet je (denk ik) voorzichtig worden met behandelen van botsingen en energiebehoud.

Jan laat autotje A ($m = 200 \text{ g}$, $v = 10 \text{ m/s}$) tegen autotje B botsen ($m = 200 \text{ g}$, $v = 0 \text{ m/s}$). Auto A heeft superlijm aan de voorkant, zodat deze bij de botsing meteen aan auto B blijft plakken. Het geheel rolt met een snelheid v_{na} verder. Auto B staat niet op de rem. Elke wrijving wordt verwaarloosd.

Bereken de snelheid v_{na} .

Jan laat autotje A ($m = 200 \text{ g}$, $v = 10 \text{ m/s}$) tegen autotje B botsen ($m = 200 \text{ g}$, $v = 0 \text{ m/s}$). Auto A heeft superlijm aan de voorkant, zodat deze bij de botsing meteen aan auto B blijft plakken. Het geheel rolt met een snelheid v_{na} verder. Auto B staat niet op de rem. Elke wrijving wordt verwaarloosd.

Bereken de snelheid v_{na} .

- Mag deze vraag gesteld worden (energiebehoud én impulsbehoud zonder wrijving) ?

Probleem 3: bewegingsenergie en impuls

- $E_k = 1/2mv^2$ en $p = mv$ **conflicteren** (indien $a = \infty$)
- Impuls wordt pas bij quantum gebruikt (syllabus)
- $E_{\text{deeltje in doos}} = n^2h^2/(8mL^2) \rightarrow$ **nu géén conflicten**
- Gewoon niet over hebben met leerlingen?
-

Probleem 3: introductie van waarnemers

- Keuzedomein 'Relativiteit' introduceert waarnemers
- Waarnemers in andere hoofdstukken ➤ probleem

“Meneer, komen er fotonen uit een permanent magneet?”

“Meneer, komen er fotonen uit een permanent magneet?”

Ik zeg bijvoorbeeld: “Nee, het is een statisch veld, het magneet straalt geen energie uit en fotonen moeten energie hebben”

“Meneer, komen er fotonen uit een permanent magneet?”

Ik zeg bijvoorbeeld: “Nee, het is een statisch veld, het magneet straalt geen energie uit en fotonen moeten energie hebben”

“Maar meneer, als ik (als **waarnemer**) snel vlak langs het magneet loop? Ik neem dan een veranderend B-veld waar (ik zou een stroom door een gesloten lus meten die ik bij me draag), dus is er een elektromagnetisch veld *dus* zijn er ook fotonen. Toch?”

“Meneer, waarom hangt (volgens $E = mv^2$) de kinetische energie slechts van de massa en snelheid van het bewegende voorwerp zelf af?”

Ik: “Interessante vraag, hoe kom je daar zo op?”

Leerling: “Nou, als ik als **waarnemer** versnel langs ‘stilstaande’ voorwerpen, ervaar ik een enorme toename in kinetische energie; alles om mij heen beweegt sneller dus krijgt alles bewegingsenergie.”

Ik beantwoord: “Bewegingsenergie heeft eigenlijk slechts betekenis als die wordt overgedragen van of op een andere massa of wordt omgezet in/vanuit een andere energievorm (tijdens de versnelling dus). Bepalend is op welke massa de versnellende kracht werkt, E_{kin} heeft dus alleen betekenis voor die massa.”

- Verbinden relativiteit en kinetische energie →
hoe nauwgezet moet je E_{kin} definiëren?

Probleem 4: superpositie

Stel, er is een luidspreker A. Bij een trilamplitude Q genereert deze luidspreker 90 dB op een luisterafstand van 1 m; $f = 50$ Hz.

Luidspreker B (er exact naast, ook precies 1 m van luisterend oor, trilt met gelijke frequentie en is precies in fase met A) wordt nu ook aangezet. Beide luidsprekers trillen met amplitude Q .

Welk geluidsniveau (in dB) wordt op 1 m afstand waargenomen?

Probleem 4: superpositie

Antwoord: verdubbeling van geluidsdruk (RMS-waarde van druk tweemaal hoger) $\rightarrow$ akoestisch vermogen 4 maal groter $\rightarrow$ 6 dB erbij $\rightarrow$ 96 dB.

Stel: zelfde situatie als vorige som, maar nu verschillen de uitgezonden frequenties (bijv. 50 Hz en 51 kHz).
Wat is nu de waargenomen geluidssterkte in dB?

Probleem 5: energie en waarnemers

Stel: een lopend kind (50 kg) versnelt in een wagon van een trein van 0 m/s naar 1 m/s, tegen de bewegingsrichting van de trein in. De trein zelf rijdt met 50 m/s en blijft met deze snelheid rijden.

Bereken de ΔE_{kin} van het kind.

Verbinden van hoofdstukken / domeinen

- Aan elkaar verbinden betekent keuzes maken.
- Als het verbinden goed lukt, kan dit dan versterkend werken (maakt dit ons vak mooier)?
- Welke eventuele aandachtspunten zijn nog noemenswaardig?

Verzoeknummers

- Welke onderwerpen zijn nog (als extra) leuk/nuttig om toe te voegen (thermodynamica / werking koelkast, digitaal programmeren, optica, entropie enz.)
- Wat is de 'best mogelijke hoofdstukvolgorde'?