

ENERGIE & ARBEID – VWO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via natuurkundeuitgelegd.nl/foton

Uitwerkingen van alle opgaven staan op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

Videolessen over de theorie zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Arbeid](#)

[Vermogen](#)

[Rendement](#)

[Energie](#)

[Wet van behoud van energie](#)

[Stookwaarde](#)



1 Arbeid

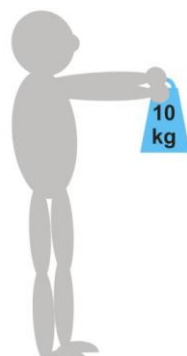
Leg uit of er in onderstaande situaties arbeid wordt verricht en, zo ja, door welke kracht deze arbeid wordt verricht.

- Een pallet met bouwmaterialen wordt omhoog gehesen.
- Een boek ligt op tafel
- Een meteoroïde (steen) beweegt in de ruimte met een constante snelheid.
- Je duwt een kast opzij.

2 Vermoeidheid

Je houdt een massa van 10 kg met gestrekte armen stil voor je.

- Bereken welke kracht je armen op het gewicht moeten uitoefenen.
- Leg uit waarom je in deze situatie in natuurkundige zin geen arbeid verricht.
- Hoe komt het dat je toch moe wordt?



3 Eenheid

Hieronder staat de formule voor de arbeid die door een kracht verricht wordt. Laat zien dat de eenheden aan beide kanten gelijk zijn. Zet hiervoor alle eenheden om in basiseenheden (gebruik BINAS tabel 4).

$$W = F \cdot s$$

W = Arbeid (J)

F = Kracht (N)

s = Afgelegde weg (m)

4 Hoek

Voor het bereken van de arbeid staan in BINAS tabel 35-A4 drie formules.

- Wat is de formule als F constant is en F en s dezelfde richting hebben?
- Wat is de formule als F constant is en F en s niet dezelfde richting hebben?
- Laat zien dat beide formules uit vraag a en b hetzelfde zijn als F en s dezelfde richting hebben.
- Laat zien dat de arbeid gelijk is aan nul als F en s loodrecht op elkaar staan.

5 Hijskraan

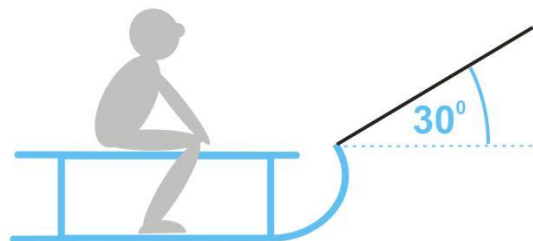
Een hijskraan heeft een pallet met bouwmaterialen van 230 kg vanaf de grond naar een hoogte van 6,0 m gehesen.

- Welke twee krachten hebben er tijdens het hijsen op de pallet gewerkt?
- Bereken voor elk van de twee krachten hoeveel arbeid er is verricht.
- Boris beweert: "De ene kracht heeft een positieve arbeid verricht en de andere kracht een negatieve arbeid. De totale arbeid is dus 0 J". Ben jij het met Boris eens?

6 Slee

Romeo trekt zijn kleine broertje op de slee voorruit. Hij trek met een kracht van 60 N onder een hoek van 30° over een afstand van 20 m met constante snelheid.

- Bereken de arbeid die Romeo hiermee verricht.
- Hoe groot is de totale wrijvingskracht die er op de slee werkt.
- Hoe groot is de (negatieve) arbeid die de wrijvingskracht van de slee verricht?
- Leg uit dat waarom de arbeid die de zwaartekracht en de normaalkracht verrichten in deze situatie allebei nul zijn.



7 Optrekkende trein

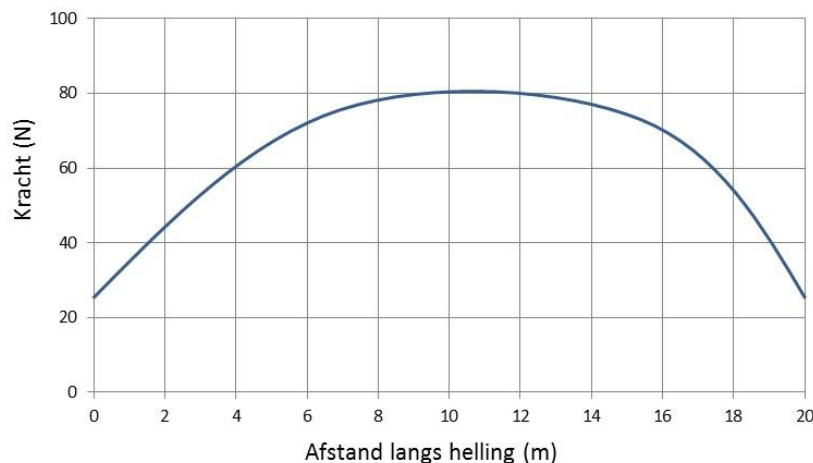
Een trein met een totale massa van $6,2 \cdot 10^5$ kg trekt vanuit stilstand op met een constante versnelling van $a = 0,55 \text{ ms}^{-2}$ en versnelt in 40,4 s naar een snelheid van 80 km/h.

- Laat met een berekening zien dat de resulterende kracht op de trein $3,4 \cdot 10^5$ N bedraagt.
- De voorwaartse kracht die de motor levert bedraagt $4,6 \cdot 10^5$ N. Bereken de arbeid die door de motor verricht is. Bereken daarvoor eerste de afgelegde weg.
- Bereken de grootte van de (negatieve) arbeid die door de wrijvingskracht is verricht.
- De arbeid die de motor heeft verricht is nu niet hetzelfde als de arbeid die de wrijvingskracht heeft verricht. Leg uit hoe dit kan.

8 Helling

Abel heeft een kar met een constante snelheid een 20 m lange helling op geduwd. De wrijvingskracht was hierbij constant maar de helling zelf niet: Aan het begin en eind liep de helling vlak en halverwege was de helling op zijn steilst. De kracht waarmee Abel moest duwen was dus ook niet constant. Hieronder staat een grafiek met horizontaal de afstand langs de helling en verticaal de kracht waarmee Abel moest duwen.

- Leg uit waarom de formule $W = F \cdot s$ in dit geval niet gebruikt kan worden.
- De arbeid kan ook bepaald worden met de hokjesmethode. De oppervlakte tussen de (F,s)-grafiek en de x-as is gelijk aan de verrichte arbeid. Bepaal de totale arbeid die Abel heeft verricht. Bepaal hiervoor eerst de hoeveelheid arbeid die correspondeert met één hokje.
- Hoe groot is de (negatieve) arbeid die wrijvingskracht heeft verricht? Bepaal hiervoor eerst de grootte van de wrijvingskracht uit de grafiek.



9 Veer

Een veer heeft een veerconstante van $C = 120 \text{ N/m}$. Voor de kracht die op de veer moet worden uitgeoefend om hem uit te rekken geldt:

$$F = C \cdot u$$

F = Kracht (N)

C = Veerconstante (N/m)

u = Uitrekking (m)

- Laat met een berekening zien dat de kracht die op de veer moet worden uitgeoefend om de veer 12,0 cm uit te rekken 14,4 N is.
- Tijdens het uitrekken is de kracht niet constant. Aan het begin de kracht 0 N. Aan het eind is de kracht 14,4 N. Dit betekent dat de formule $W=F \cdot s$ niet zomaar mag worden toegepast om de arbeid te bepalen. De formule kan echter wél gebruikt worden als we voor F niet de kracht maar de gemiddelde kracht tijdens het uitrekken invullen. Hoe groot is de gemiddelde kracht op de veer bij uitrekken van de veer van een uitrekking van 0 cm tot een uitrekking van 12,0 cm?
- Bepaal de arbeid die verricht moet worden om de veer 12,0 cm uit te rekken.
- Bepaal de arbeid die verricht moet worden om de veer 24,0 cm uit te rekken.
- Voor het verband tussen de arbeid en de uitrekking van een veer geldt onderstaande formule. Leidt deze formule af uit bovenstaande formule.

$$W = \frac{1}{2} C \cdot u^2$$

F = Kracht (N)

C = Veerconstante (N/m)

u = Uitrekking (m)

10 Definities

- Wat is de definitie van energie?
- Wat is de definitie van arbeid?
- Gert zegt *“Energie kan omgezet worden in arbeid. Arbeid is dus ook een energiesoort”*.
Mila zegt *“Eenmaal verrichte arbeid kan niet meer gebruikt worden om andere arbeid mee te verrichten. Arbeid is dus geen energiesoort”*
Wie heeft er volgens jou gelijk?

11 Energiesoorten

In de tabel hieronder staan eigenschappen van een aantal energiesoorten. Schrijf bij elke eigenschap op welke energiesoort hierbij hoort. Je kunt kiezen uit: kinetische energie, zwaarte-energie, veerenergie, chemische energie, warmte.

Energiesoort	Eigenschap
	Grootte hangt af van de hoogte
	Zit opgeslagen in voedsel
	Is nul voor stilstaande voorwerpen
	Wordt 4 keer zo groot als de uitrekking 2 keer zo groot wordt
	Is recht evenredig met de temperatuurstijging

12 Kinetische energie

Bereken de hoeveelheid kinetische energie van:

- Een auto met een massa van 2300 kg en een snelheid van 120 km/h.
- Een elektron met een snelheid van 3400 ms^{-1} .
- De maan in zijn baan om de aarde (snelheid is 1,0 km/s).

13 Versnellen

Met een vaste hoeveelheid energie E wordt een massa m vanuit stilstand wrijvingsloos versnelt tot een snelheid van 32 ms^{-1} .

- Wat zou de snelheid worden als de massa m twee keer zo groot zou zijn?
- Wat zou de snelheid worden als de hoeveelheid energie E twee keer zo groot zou zijn?
- Hoeveel keer groter zou de hoeveelheid energie E moeten zijn om de massa een twee keer zo grote snelheid te geven?

14 Eenparige versnelling

Op een stilstaande massa van 2,0 kg wordt een constante kracht van 5,2 N uitgeoefend.

Volgens de tweede wet van Newton betekent dit dat de massa een versnelling van $2,6 \text{ ms}^{-2}$ ondergaat.

- Laat met een berekening zien dat na 3,0 seconde een snelheid van $7,8 \text{ ms}^{-1}$ wordt bereikt.
- Bereken de kinetische energie van de massa op dit moment.
- De afgelegde weg op $t = 3,0 \text{ s}$ is 11,7 m (volgt uit $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$). Laat met een berekening zien dat de door de kracht geleverde arbeid gelijk is aan de kinetische energie van de massa.

15 Tennisbal

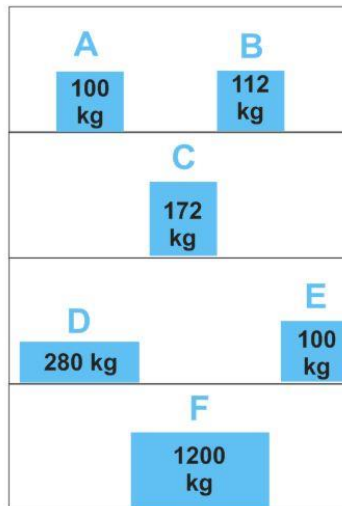
Bereken de hoeveelheid zwaarte-energie van een tennisbal (massa 58 g).

- Op een hoogte van 1,2 m boven de grond.
- Op een hoogte van 1,2 m boven een 20 m diepe put.
- Op een hoogte van 1,2 m boven het maanoppervlak vastgehouden door een astronaut.

16 Pakhuis

In een pakhuis staan een aantal kisten opgeslagen (zie afbeelding hieronder).

- Welke kist heeft de grootste zwaarte-energie? Ga er hierbij vanuit dat de hoogte van elke verdieping hetzelfde is.
- Het verschil in zwaarte-energie tussen kist A en kist D bedraagt 667 J. Bereken hiermee de verdiepingshoogte.
- Hoeveel energie zou het kosten om de zwaarste kist van de onderste verdieping naar de bovenste verdieping te verhuizen?



17 Veerenergie

Een veer met een veerconstante van 75 N/m wordt 2,9 cm uitgerekt.

- Hoe groot is de veerenergie in de veer?
- Hoe groot is de veerenergie als de uitrekking twee keer zo groot wordt (5,8 cm)?
- Beredeneer (geen berekening) wat de totale gecombineerde veerenergie is van twee identieke veren van 75 N/m achter elkaar die in totaal 5,8 cm uitgerekt worden.
- Beredeneer (geen berekening) wat de totale gecombineerde veerenergie is van twee identieke veren van 75 N/m naast elkaar die ieder apart 5,8 cm uitgerekt worden.

18 Vallende steen

Een steen met een massa van 76,2 g valt vanaf een hoogte van 20,0 m naar beneden. Jelle neemt aan dat de val een eenparig versnelde beweging is met een versnelling van $9,81 \text{ ms}^{-2}$ en heeft met de formule $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ de valtijd van de steen berekend. De snelheid waarmee de steen op de grond terecht komt heeft Jelle daarna berekend door het invullen van deze valtijd in $v = a \cdot t$.

- Laat met een berekening zien dat je op deze manier op een snelheid van $19,8 \text{ ms}^{-1}$ komt.
- Een andere manier om de snelheid te berekenen is met behulp van de wet van behoud van energie. Bereken de grootte van de zwaarte-energie die de steen heeft op het moment dat deze wordt losgelaten.

- c Bereken de snelheid door aan te nemen dat de zwaarte-energie in zijn geheel wordt omgezet in kinetische energie.
- d Beredeneer (geen berekening) wat zou het antwoord op de vorige vraag zou zijn als de massa van de steen 92,0 g zou zijn in plaats van 76,2 g.

19 Boogschieten

Een boogschutter pakt een pijl met een massa van 18 g om weg te schieten. Hij trekt de pijl 74 cm naar achter en houdt de boog gespannen met een kracht van 240 N. Als de pijl wordt losgelaten schiet deze weg met een snelheid van 69 ms^{-1} .

- a Hoeveel veerenergie zit er in de gespannen boog opgeslagen vlak voor het moment dat de pijl wordt losgelaten? Bereken hiervoor eerst de veerconstante van de boog. Je mag er bij deze vraag van uit gaan dat de veerconstante van de boog constant is.
- b Bereken de kinetische energie van de pijl als deze de boog verlaat.
- c Bereken hoeveel energie er verloren is gegaan aan wrijving.
- d Waarom is “verloren gegaan” natuurkundige gezien eigenlijk geen goede uitdrukking.

20 Glijden

Noa glijdt met haar slee een helling met een hellingspercentage van 15% af. De totale lengte die Noa langs de helling aflegt is 40 m. De massa van Noa inclusief slee bedraagt 67 kg.

- a Bereken de zwaarte-energie van Noa op het moment dat ze bovenaan de helling staat. Bereken hiervoor eerst de hoogte.
- b De eindsnelheid van Noa onderaan de helling bedraagt $8,4 \text{ ms}^{-1}$. Laat met een berekening zien dat de kinetische energie onderaan de helling lager is dan de zwaarte-energie bovenaan de helling.
- c Volgens de wet van behoud van energie zou de totale hoeveelheid energie voor en na de helling gelijk moeten zijn. Dit lijkt hier niet zo te zijn. Dit betekent dat er naast zwaarte- en kinetische energie nog een derde energiesoort een rol speelt: Warmte die onderweg verloren is gegaan door wrijving. Bereken de grootte van het energieverlies aan warmte.
- d Bereken de gemiddelde grootte van de wrijvingskracht die Noa heeft ondervonden.

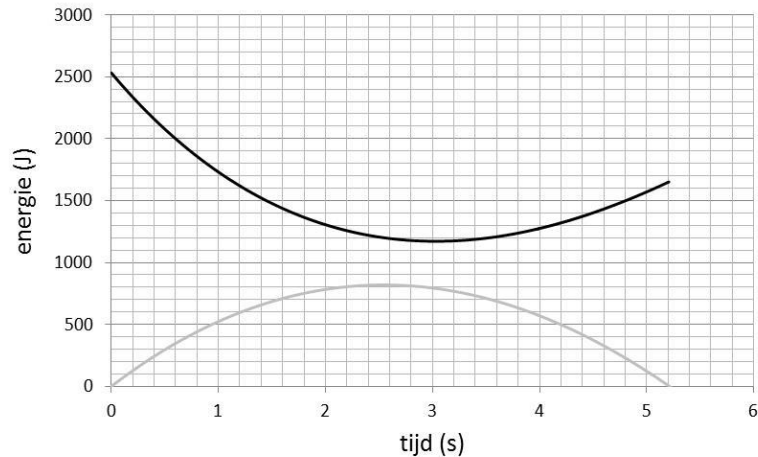
21 Kanonschot

Een kanon schiet vanaf de grond een loden kogel met een massa van 2,5 kg af met een snelheid van 45 ms^{-1} onder een hoek van 35° met de horizon. Als er geen wrijving zou zijn, zou kogel tijdens zijn baan een hoogste punt van 34 m bereiken.

- a Bereken met de wet van behoud van energie hoe groot in dit geval de horizontale snelheid van de kogel zou zijn op het hoogste punt.
- b In werkelijkheid is er wél wrijving die ervoor zorgt dat de snelheid en het hoogste punt kleiner zijn. Hieronder staan in een grafiek de zwaarte-energie en de kinetische energie tijdens het verloop van het schot. Welke lijn (zwart of grijs) geeft hier de zwaarte-energie

weer?

- c Bepaal uit de grafiek de hoogte van het hoogste punt en de horizontale snelheid van de kogel op het hoogste punt.
- d Schets in de grafiek het verloop van de warmte-energie die tijdens het verloop van het schot ontstaat door wrijving.



22 Vermogen

Een gloeilamp heeft een vermogen van 60 W.

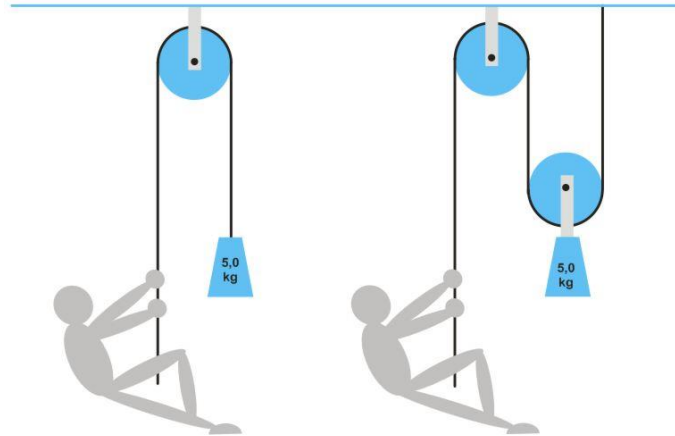
- a Hoeveel energie “verbruikt” de lamp in één uur tijd?
- b Hoe lang moet de lamp branden om 1000 J aan energie te “verbruiken”?
- c Waarom wordt energie natuurkundig gezien eigenlijk nooit verbruikt?

23 Katrollen

Bij deze opgave mag je ervan uitgaan dat de katrollen wrijvingsloos en massaloos zijn.

Een massa van 15 kg wordt omhoog gehesen met een constante snelheid van $0,65 \text{ ms}^{-1}$.

- a Bereken het vermogen wat hiervoor nodig is. Hint: bereken hoeveel de zwaarte-energie van de massa per seconde toeneemt.
- b Leg uit waarom het geleverde vermogen in de linker- en in de rechter situatie gelijk zijn.
- c Bepaal met behulp van de formule voor arbeid de kracht waarmee in de linker en rechter situatie aan het touw moet worden getrokken.
- d Welke van de twee manieren van hijsen kost het meest energie?



24 Vergelijking

Bij welk van onderstaande processen komt de meeste energie vrij?

- Het verbranden van $0,031 \text{ m}^3$ (Gronings) aardgas.
- Het verbranden van 61 mL benzine.
- Het vallen van een bowlingbal van 7,0 kg vanaf een hoogte van 120 m.
- Het botsen van een auto van 1000 kg met 65 km/h tegen een betonnen muur.

25 Electriciteitscentrale

Een elektriciteitscentrale voorziet 8200 huizen van elektriciteit. De centrale verbruikt hierbij jaarlijks $9,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Gronings aardgas met een rendement van 32%.

- Hoeveel energie produceert de centrale jaarlijks?
- Hoeveel kilowattuur gebruikt een huishouden gemiddeld per jaar?
- Wat is het gemiddelde vermogen dat de centrale levert?
- In de buurt worden 320 woningen gerenoveerd. Per gerenoveerde woning daalt het elektriciteitsgebruik met gemiddeld 20%. Hoeveel aardgas wordt hiermee bespaard?

26 Voertuig

Voor het vermogen dat een voertuig levert geldt onderstaande formule.

- Leid deze formule af uit de formules voor arbeid, snelheid en de definitie van vermogen.
- Laat met een eenhedenvergelijking zien dat de eenheden aan de linker en rechterkant gelijk zijn.
- Ard zegt: "Deze formule mag alleen gebruikt worden als de snelheid constant is".
Berend zegt: "Deze formule mag alleen gebruikt worden als er geen wrijvingskracht is".
Cécile zegt: "Deze formule mag je ook bij variabele snelheid en wrijving gebruiken".
Leg uit wie er gelijk heeft.

$$P = F \cdot v$$

P = Vermogen (W)

F = Kracht (N)

v = Snelheid (ms^{-1})

27 Zonnepaneel

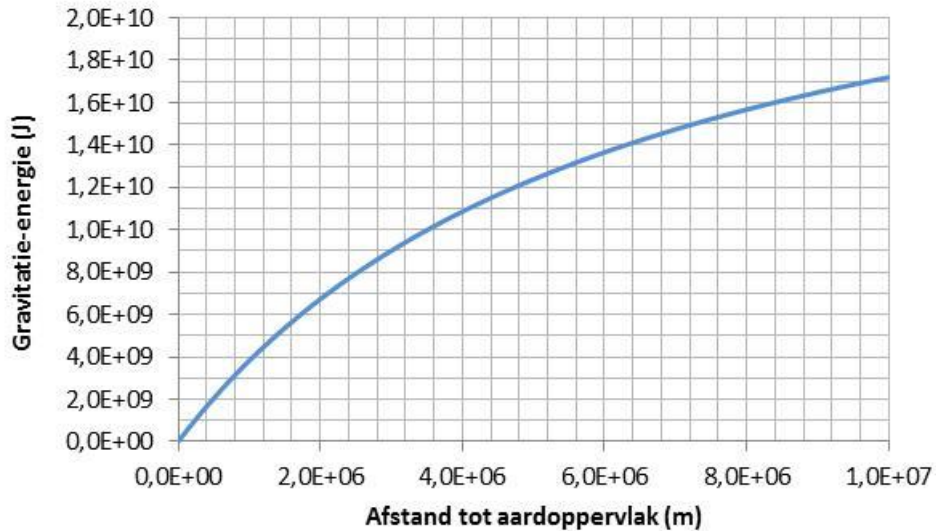
Met behulp van een klein zonnepaneeltje wil Joshua zijn telefoon opladen. Het zonnepaneeltje is 10 cm bij 5,5 cm en heeft een rendement van 19%. Nadat Joshua de telefoon met het zonnepaneeltje 8,0 uur in de volle zon heeft laat liggen blijkt de accu voor 60% opgeladen. De gemiddelde intensiteit van de zonnestraling bedroeg 833 Wm^{-2} .

- Wat is de capaciteit van de accu in Joules?
- Met een volle accu kan de telefoon 30 uur in standby-mode staan. Als de telefoon intensief gebruikt wordt is deze tijd maar 4,0 uur. Bereken het vermogen van Joshua's telefoon in standby-mode en als deze intensief gebruikt wordt.
- Joshua is van plan zijn telefoon voortaan alleen nog maar via zonne-energie op te laden. Hij wil zijn telefoon altijd stand-by hebben en de telefoon maar af en toe te gebruiken. Hoeveel uur kan hij zijn telefoon dagelijks gebruiken? Ga hierbij uit van gemiddeld 12 uren per etmaal daglicht met een gemiddelde intensiteit van 250 Wm^{-2} .

28 Gravitatie-energie

Een satelliet met een massa van 450 kg wordt met een raket de ruimte in gebracht tot een hoogte van 4400 km. We gaan er in deze vraag vanuit dat er geen wrijvingskracht is en dat de kinetische energie van de satelliet nul is wanneer de satelliet is aangekomen op deze hoogte.

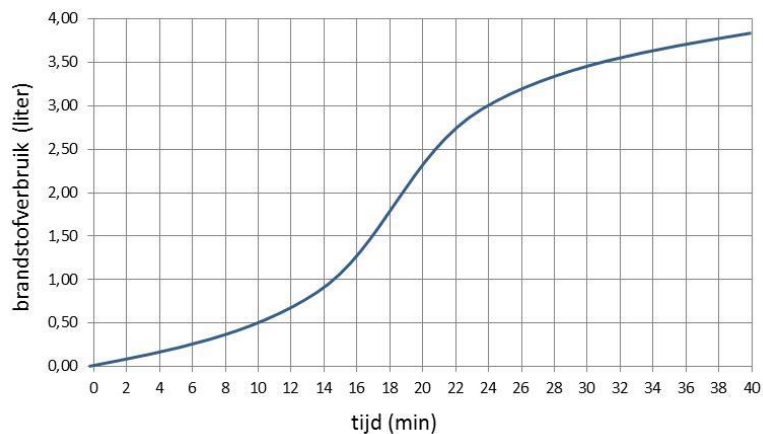
- Bereken hoeveel energie hiervoor nodig zou zijn volgens de formule $E_z = m \cdot g \cdot h$.
- In werkelijk is de benodigde energie lager. Dit komt omdat op grote afstand van het aardoppervlak de zwaartekracht afneemt. De formule $E_z = m \cdot g \cdot h$ geldt niet meer op grote afstand van de aarde. In plaats van zwaarte-energie spreken we in de ruimte over gravitatie-energie. Hieronder staat de grootte van de gravitatie-energie van de satelliet ten opzichte van het aardoppervlak. Bepaal aan de hand van de grafiek hoeveel energie is er nodig om de satelliet vanaf het aardoppervlak op 4400 km hoogte te brengen.
- Bepaal aan de hand van de grafiek de grootte van de zwaartekracht die er op de satelliet werkt. (Hint: Bepaal eerst met een raaklijn hoeveel de gravitatie-energie verandert per meter)
- Laat aan de hand van de grafiek zien dat de zwaartekracht op het aardoppervlak gelijk is aan $m \cdot g$.



29 Benzineverbruik

Tijdens een testrit in een auto over een afstand van 40 km is bijgehouden hoeveel benzine er is verbruikt (zie grafiek hieronder).

- Hoeveel kilometer kan deze auto gemiddeld rijden op 1 liter benzine volgens deze testrit?
- De benzinetank van deze auto heeft een inhoud van 65 liter. Hoe groot is de actieradius van de auto?
- De wrijvingskracht van de auto bedroeg op het moment dat de auto op maximale snelheid reed 815 N. Bepaal met behulp van de grafiek de maximale snelheid van de auto. Ga hierbij uit van een rendement van de automotor van 20%.
- Hoeveel kilometer kan deze auto rijden op 1 liter benzine als de auto constant met de maximale snelheid zou rijden? Vergelijk je antwoord met vraag a.



30 Valmodel

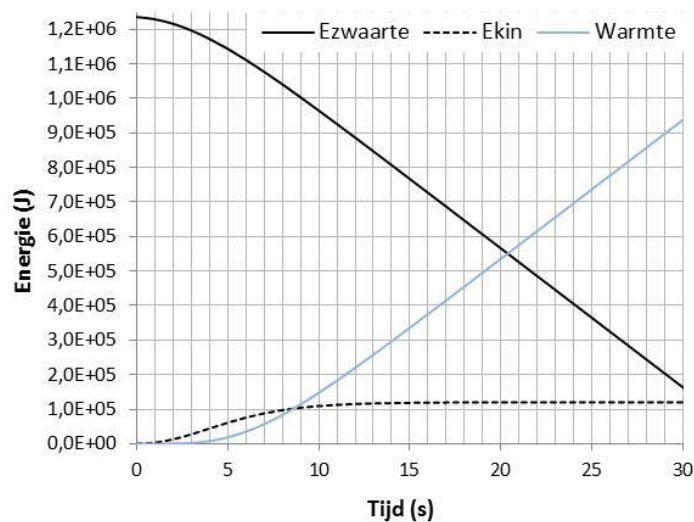
Ricardo wil het energieverloop uitrekenen tijdens de val van een parachutist tijdens zijn sprong voordat hij zijn parachute opent. Hij heeft hiervoor het onderstaande model gemaakt. In de eerste modelregel wordt de wrijvingskracht uitgerekend. Deze is afhankelijk

van de snelheid en een constante k . Deze constante hangt af van het frontaal oppervlak en de stroomlijn van de parachutist en de dichtheid van lucht. Ricardo schat de waarde van k voor een parachutist met ongeopende parachute op 0,20. Alle energieberekeningen vinden plaats in modelregels 7 t/m 10.

- a Complementeer de modelregels 7 en 8.
- b Voor het uitrekenen van het warmteverlies stelt Ricardo de warmte gelijk aan de verrichtte (negatieve) arbeid van de wrijvingskracht. Omdat deze wrijvingskracht voortdurend verandert moet de hoeveelheid arbeid die binnen een tijdstapje verricht wordt steeds apart (dW) uitgerekend worden en vervolgens opgeteld bij het totaal (W).
Complementeer model regels 9 en 10.
- c Ricardo laat zijn model 300 rekenstappen rekenen en maakt een grafiek van E_z , E_{kin} en W (zie onder). Laat met een berekening zien dat zijn model voldoet aan de wet van behoud van energie. Bereken hiervoor de totale energie op $t = 0$ s en op $t = 30$ s.

1	$F_w := k \cdot v^2$	Bereken de wrijvingskracht	Startwaarden $h = 1800$ m $t = 0$ s $v = 0$ m/s $m = 70$ kg $g = 9,81$ ms ⁻² $F_z = m \cdot g$ $k = 0,20$ $dt = 0,1$ s $W = 0$ J
1	$F_{res} := F_z - F_w$	Bereken de resulterende kracht	
2	$a := F_{res} / m$	Bereken de versnelling	
3	$dv := a \cdot dt$	Bereken de snelheidsverandering	
4	$v := v + dv$	Bereken de nieuwe snelheid	
5	$dh := v \cdot dt$	Bereken de stapgrootte	
6	$h := h - dh$	Bereken de nieuwe hoogte	
7	$E_z := \dots\dots\dots$	Bereken de zwaarte-energie	
8	$E_{kin} := \dots\dots\dots$	Bereken de kinetische energie	
9	$dW :=$	Bereken de arbeid per tijdstap	
10	$W :=$	Bereken de totale arbeid	
11	$t := t + dt$	Hoog tijd op en begin opnieuw	

Een werkende versie van alle rekenmodellen in Foton is te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/modellen



ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

2 Vermoeidheid

- a 98 N omhoog

5 Hijskraan

- b $+/- 1,4 \cdot 10^4$ J

6 Slee

- a 1,0 kJ
b 52 N
c -1,0 kJ

7 Optrekkende trein

- b $2,1 \cdot 10^8$ J
c $5,4 \cdot 10^7$ J

8 Helling

- b $1,3 \cdot 10^3$ J
c $-5,2 \cdot 10^2$ J

9 Veer

- b 7,2 N
c 0,86 J
d 3,5 J

12 Kinetische energie

- a $1,28 \cdot 10^6$ J
b $5,265 \cdot 10^{-24}$ J
c $3,7 \cdot 10^{28}$ J

13 Versnellen

- a 23 ms^{-1}
b 45 ms^{-1}
c 4 keer

14 Versnellen

- b 61 J

15 Tennisbal

- a 0,68 J
b 12 J
c 0,11 J

16 Pakhuis

- a C
b 3,4 m
c $1,2 \cdot 10^5$ J

17 Veerenergie

- a 0,032 J
b 0,13 J
c 0,063 J
d 0,25 J

18 Vallende steen

- b 15,0 J
c $19,8 \text{ ms}^{-1}$
d $19,8 \text{ ms}^{-1}$

19 Boogschieten

- a 89 J
b 43 J
c 46 J

20 Glijden

- a 3,9 kJ
b 2,4 kJ
c 1,5 kJ
d 38 N

21 Kanonschot

- a 37 ms^{-1}
c $33 \text{ m} / 31 \text{ ms}^{-1}$

22 Vermogen

- a $2,2 \cdot 10^5$ J
b 17 s

23 Katrollen

- a 96 W
c $1,5 \cdot 10^2$ N en 74 N

25 Elektriciteitscentr.

- a $9,8 \cdot 10^{13}$ J
b $3,3 \cdot 10^3$ kWh
c 3,1 MW
d $7,5 \cdot 10^4 \text{ m}^3$

27 Zonnepaneel

- a $4,2 \cdot 10^4$ J
b 0,39 W en 2,9 W
c 0 uur

28 Gravitatie-energie

- a $1,9 \cdot 10^{10}$ J
b $1,15 \cdot 10^{10}$ J
c 1,5 kN
d 4,4 kN

29 Benzineverbruik

- a 10 km/L
b $6,8 \cdot 10^2$ km
c 37 ms^{-1}
d 8,1 km/L

