

ENERGIE & ARBEID – HAVO

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 Beklimming

Debbie en Hannah beklimmen op de fiets een heuvel. Debbie kiest de steilste route. Ze moet hierbij 1,2 km afleggen naar de top. Hannah kiest een vlakkere maar langere route. Hannah moet 3,0 km fietsen naar de top. Omdat de helling voor Debbie steiler is moet Debbie een grotere voorwaartse kracht uitoefenen dan Hannah. De voorwaartse krachten die Debbie en Hannah moeten uitoefenen bij het fietsen zijn respectievelijk 200 N en 80 N. Laat met een berekening zien dat er in beide gevallen evenveel arbeid wordt verricht.



2 Welke kracht

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 meteoröide (steen) beweegt in de ruimte met een constante snelheid.
- Je duwt een kast opzij.

3 Arbeid

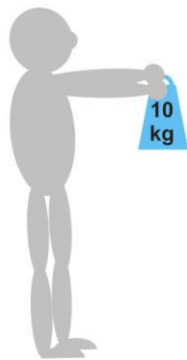
Bereken in elk van onderstaande situaties hoeveel arbeid er wordt verricht.

- Een kar wordt over een afstand van 120 m voortgeduwd door er met een kracht van 50 N tegenaan te duwen.
- Je fietst een afstand van 3,8 km naar school waarbij je een constante voorwaartse kracht van 100 N uitoefent.
- Je duwt 12 s lang met een kracht van 450 N tegen een zware kast. De kast is te zwaar en komt niet van zijn plaats.
- Om een auto aan te duwen duw je 15 s lang met een kracht van 200 N tegen een auto. De auto beweegt tijdens het aanduwen met een snelheid van gemiddeld $1,2 \text{ ms}^{-1}$.

4 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?



5 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)

6 Schuine kracht

Irma en Soumaya willen de arbeid berekenen in een situatie waarbij de kracht en de verplaatsing niet dezelfde richting hebben: De kracht staat schuin op de verplaatsingsrichting. Ze zijn het niet eens over wat ze moeten doen. Volgens Soumaya mogen ze in deze situatie de formule $W=F \cdot s$ niet gebruiken en moeten ze op zoek naar een

andere formule. Volgens Irma kunnen ze de formule wél gebruiken als ze eerst de kracht ontbinden in een component in de bewegingsrichting en een component die hier loodrecht op staat. Voor de component in de bewegingsrichting geldt namelijk wél dat de kracht en verplaatsing dezelfde richting hebben. Leg uit wie er gelijk heeft.

7 Hijskraan

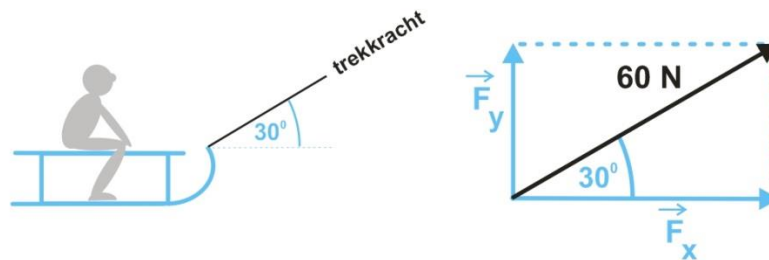
Een hijskraan heeft een pallet met bouwmaterialen van 230 kg vanaf de grond naar een hoogte van 6,0 m gehesen.

- 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?

8 Slee

Romeo trekt zijn kleine broertje met een constante snelheid op de slee voorruit. Hij trek met een kracht van 60 N onder een hoek van 30° . De kracht kan ontbonden worden in twee componenten (zie afbeelding hieronder). Voor de arbeid is alleen de component van de kracht in de richting van de verplaatsing van belang.

- Ga na dat de component in de bewegingsrichting 52 N bedraagt.
- Bereken de arbeid die Romeo verricht als hij de slee 20 m voorruit trekt.
- 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.



9 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.

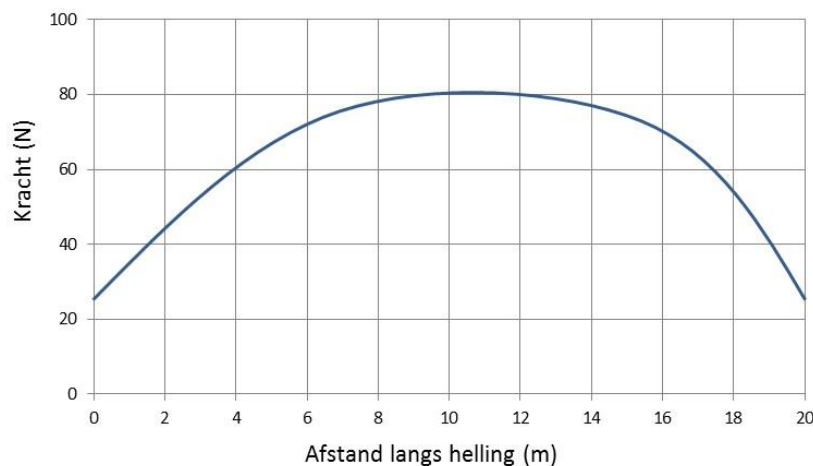
- Laat met een berekening zien dat de resulterende kracht op de trein $3,4 \cdot 10^5$ N bedraagt. Gebruik hierbij de tweede wet van Newton ($F = m \cdot a$).
- De voorwaartse kracht die de motor levert bedraagt $4,6 \cdot 10^5$ N. Bereken de arbeid die door de motor verricht is. Bereken daarvoor eerste de afgelegde weg.
- Bereken de grootte van de (negatieve) arbeid die door de wrijvingskracht is verricht.

- d De arbeid die de motor heeft verricht is nu niet hetzelfde als de arbeid die de wrijvingskracht heeft verricht. Leg uit hoe dit kan.

10 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.

- a Leg uit waarom de formule $W=F \cdot s$ in dit geval niet gebruikt kan worden.
- b 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.
- c Hoe groot is de (negatieve) arbeid die wrijvingskracht heeft verricht? Bepaal hiervoor eerst de grootte van de wrijvingskracht uit de grafiek.



11 Definities

- a Wat is de definitie van energie?
- b Wat is de definitie van arbeid?
- c 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?

12 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, chemische energie, warmte.

Energiesoort	Eigenschap
	Grootte hangt af van de hoogte
	Zit opgeslagen in voedsel
	Is nul voor stilstaande voorwerpen
	Is recht evenredig met de temperatuurstijging

13 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).

14 Versnelling

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?

15 Eenparig versnellen

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. Laat met een berekening zien dat de door de kracht geleverde arbeid gelijk is aan de kinetische energie van de massa.

16 Tennisbal

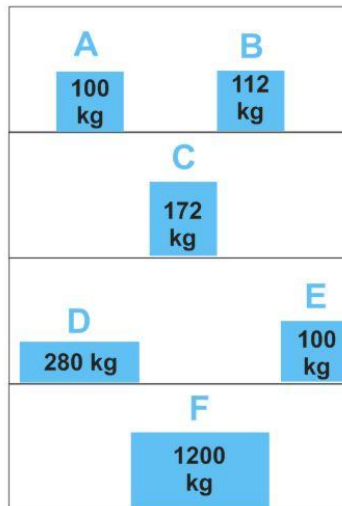
Bereken de hoeveelheid zwaarte-energie van een tennisbal (massa 58 g).

- 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.

17 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?



18 Knikker

Julian laat bij een natuurkundig experiment een knikker met een massa van 12 g uit het raam recht naar beneden vallen vanaf een hoogte van 3,50 m.

- Bereken de zwaarte-energie van de knikker ten opzichte van de grond op het moment dan Julian de knikker loslaat.
- Als de knikker op de grond komt is de zwaarte-energie uit de vorige vraag omgezet in kinetische energie. Bereken aan de hand de kinetische energie de snelheid waarmee de knikker de grond raakt als je aanneemt dat alle zwaarte-energie wordt omgezet in kinetische energie.
- In de praktijk blijkt 15% van de energie 'verloren' te zijn op het moment dat de knikker op de grond komt. Leg uit wat er met deze energie is gebeurd en waarom 'verloren gegaan' natuurkundig gezien eigenlijk niet klopt.
- Bereken de snelheid waarmee de knikker de grond raakt als je hier rekening mee houdt.

19 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.
- Bereken de snelheid door aan te nemen dat de zwaarte-energie in zijn geheel wordt omgezet in kinetische energie. Je mag er hierbij vanuit gaan dat er geen energie verloren gaat door wrijving.
- Beredeneer (geen berekening) wat zou het antwoord op de vorige vraag zou zijn als de massa van de steen $92,0 \text{ g}$ zou zijn in plaats van $76,2 \text{ g}$.

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.

- Bereken de zwaarte-energie van Noa op het moment dat ze bovenaan de helling staat. Bereken hiervoor eerst de hoogte van de helling.
- 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.
- 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.
- Bereken de gemiddelde grootte van de wrijvingskracht die Noa heeft ondervonden.

21 Verticale worp

Bij deze opgave mag je wrijvingskracht verwaarlozen.

Ayman gooit een steen met een massa van 135 g met een snelheid van $10,0 \text{ ms}^{-1}$ recht omhoog. Op het moment dat de steen zijn hand verlaat bevindt deze zich op een hoogte van $1,80$ boven de grond.

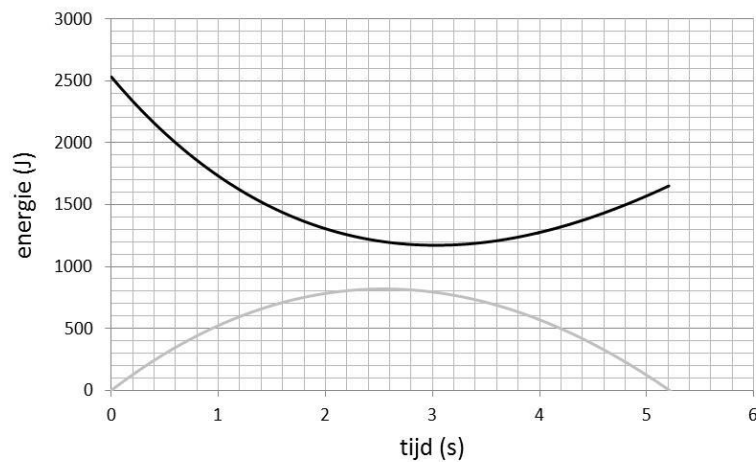
- Bereken de zwaarte-energie van de steen op het moment dat de steen losgelaten wordt.
- Bereken de kinetische energie van de steen op het moment dat deze losgelaten wordt.
- Hoe groot is de totale energie op het moment dat de steen losgelaten wordt?
- Ayman doet meteen na zijn worp een stapje opzij. De steen bereikt zijn hoogste punt en valt hierna recht naar beneden op de grond. Hoe groot is de totale energie op het moment dat de steen op de grond terecht komt?
- Laat met een berekening zien dat de steen met een snelheid van $11,6 \text{ ms}^{-1}$ op de grond terecht komt.
- Beredeneer aan de hand van de wet van behoud van energie of eindsnelheid groter of

kleiner zou zijn als er wél wrijvingkracht zou zijn.

22 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.

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



23 Vermogen

Een gloeilamp heeft een vermogen van 60 W.

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

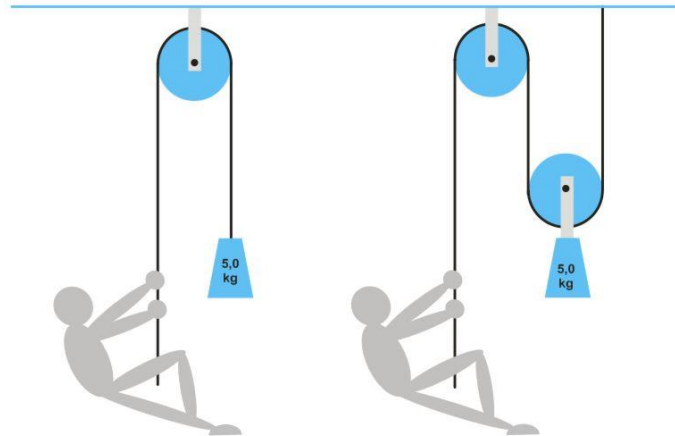
24 Katrollen

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 $0,65 \text{ ms}^{-1}$.

- Bereken het vermogen wat hiervoor nodig is. Hint: bereken hoeveel de zwaarte-energie van de massa per seconde toeneemt.
- 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?



25 Rendement

Bereken in elk van onderstaande situaties het rendement.

- Een lamp zet een vermogen van 60 W om in 20 W aan zichtbare straling.
- Een locomotief met een massa van 85 ton verbruikt $1,36 \cdot 10^7$ J om vanuit stilstand op een snelheid van 12 ms^{-1} te komen.
- Een hijskraan hijs een pallet bouw materiaal van 300 kg vanaf de grond naar een hoogte van 23 m en verbruikt hierbij 242 kJ.

26 Automotor

Een automotor heeft een rendement van 32,0%.

- Bij een autorit verbruikt de motor 800 kJ aan energie. Bereken arbeid die de motor verricht.
- Hoeveel energie verbruikt de motor om 2500 kJ aan arbeid te kunnen leveren?
- Volgens de wet van behoud van energie gaat de niet-nuttig gebruikte energie niet zomaar verloren. Leg uit wat er met de niet-nuttig gebruikte energie gebeurt in een automotor.

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.

- c 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 Voertuig

Voor het vermogen dat een voertuig levert geldt onderstaande formule.

- a Leid deze formule af uit de formules voor arbeid, snelheid en de definitie van vermogen.
 b Laat met een eenhedenvergelijking zien dat de eenheden aan de linker en rechterkant gelijk zijn.
 c 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})

29 Stookwaarde

Bereken in elk van onderstaande situaties aan de hand van de stookwaarde hoeveel brandstof er verbruikt is.

- a Een auto met een benzinemotor met een rendement van 23% maakt een rit van 23 km waarbij de motor een gemiddelde voorwaartse kracht levert van 450 N.
 b Een vrachtauto rijdt op diesel met een rendement van 30% een afstand van 530 km bij een gemiddelde voorwaartse kracht van 1500 N.
 (*Stookwaarde diesel = $33 \cdot 10^9 \text{ Jm}^{-3}$*).
 c Een stadsbus op aardgas rijdt in een dag een totale afstand van 130 km bij een gemiddelde voorwaartse kracht van 2600 N en een rendement van 40%.

30 Vergelijking

Bij welk van onderstaande processen komt de meeste energie vrij?

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

31 Electriciteitscentrale

Een elektriciteitscentrale voorziet 8200 huizen van elektriciteit. De centrale verbruikt hierbij

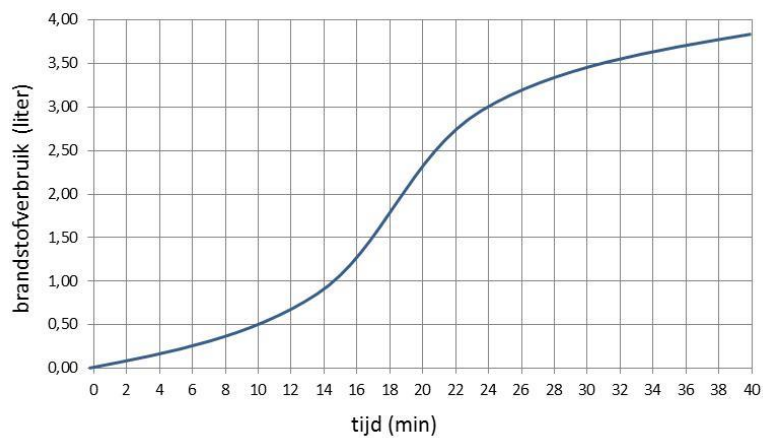
jaarlijks $9,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Gronings aardgas met een rendement van 32%.

- 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?

32 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.



ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

3 Arbeid

- a $6,0 \cdot 10^3$ J
- b $3,8 \cdot 10^5$ J
- c $3,6 \cdot 10^3$ J

4 Vermoeidheid

- a 98 N omhoog

7 Hijskraan

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

8 Slee

- a 1,0 kJ
- b 52 N
- c 52 N naar links
- d (-) 1,0 kJ

9 Optrekkende trein

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

10 Helling

- b $1,0 \cdot 10^3$ J
- c $-5,2 \cdot 10^2$ J

13 Kinetische energie

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

15 Eenparig versnellen

- b 61 J ms^{-1}

16 Tennisbal

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

17 Pakhuis

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

18 Nikker

- a 0,41 J
- b $8,3 \text{ ms}^{-1}$
- d $7,6 \text{ ms}^{-1}$

19 Vallende steen

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

20 Glijden

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

21 Verticale worp

- a 2,38 J
- b 6,75 J
- c 9,13 J
- d 9,13 J

22 Kanonschot

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

23 Vermogen

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

24 Katrollen

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

25 Rendement

- a 33%
- b 45%
- c 28%

26 Automotor

- a 256 kJ
- b $7,81 \cdot 10^6$ J
- c 28%

27 Zonnepaneel

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

29 Stookwaarde

- a $0,0014 \text{ m}^3$ of 1,4 L
- b $0,080 \text{ m}^3$ of 80 L
- c 26 m^3

31 Elektriciteitscentr.

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

32 Benzineverbruik

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

