

4 Energie

2 havo / 2 vwo

4.1 Arbeid en energie

- 1*** Jan trekt zo hard hij kan aan een piano maar er is geen beweging in te krijgen. Volgens Jan heeft zijn spierkracht arbeid verricht, want hij is doodmoe geworden van het trekken.

a Ben je het met Jan eens? Licht je antwoord toe.

Een gewichtheffer probeert een gewicht op te tillen, maar het gewicht is te zwaar en het lukt hem niet.



b Heeft de gewichtheffer arbeid verricht bij zijn poging?

- 2*** Een gewichtheffer houdt gedurende tien seconden een gewicht van 92 kg boven zijn hoofd.

- a** Hoeveel arbeid verricht de gewichtheffer in deze tien seconden?
- b** Heeft de gewichtheffer arbeid verricht om het gewicht vanaf de vloer boven zijn hoofd te krijgen?

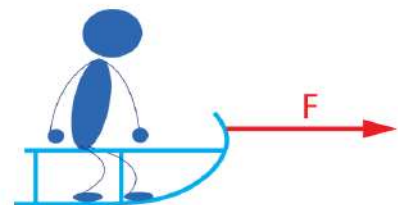


Na tien seconden laat de gewichtheffer het gewicht los en valt het gewicht op de mat.

- c** Welke kracht verricht er arbeid als het gewicht valt?
- d** Is de energie nog ergens aanwezig als het gewicht stil op de mat ligt?

- 3**** Met een kracht van 25 N trek je aan een slee. De slee heeft een constante snelheid. Je spierkracht verricht 10.000 J arbeid.

a Bereken de afstand waarover je de slee hebt verplaatst.



Emma beweert dat de wrijvingskracht ook 25 N is. Klaas is het niet met haar eens want anders zou de slee niet bewegen.

b Wie heeft er volgens jou gelijk, Emma, Klaas of geen van beiden?

c Bereken de arbeid die de wrijvingskracht levert.

4*** Je moet een zware archiefkast over de vloer schuiven. Als je de kast 4,0 m hebt verplaatst heb je 3200 J energie gebruikt.

a Hoeveel kracht heb je gebruikt bij het verschuiven van de kast?

Iemand bedenkt dat je de kast beter over stokken kunt laten rollen. Je hebt dan twee keer zo weinig kracht nodig.

b Hoeveel kun je de kast over stokken verplaatsen als je hierbij 4000 J energie gebruikt?



5** Een bowlingbal rolt met een constante snelheid over de baan. Wrijving wordt verwaarloosd.

a Wordt er tijdens het rollen arbeid op de bal verricht?

Aan het einde van de baan bots de bal op de kegels.

b Wordt er bij de botsing arbeid op de bal verricht?

Bij de botsing gaan de kegels bewegen en lijken ze tot leven te komen.

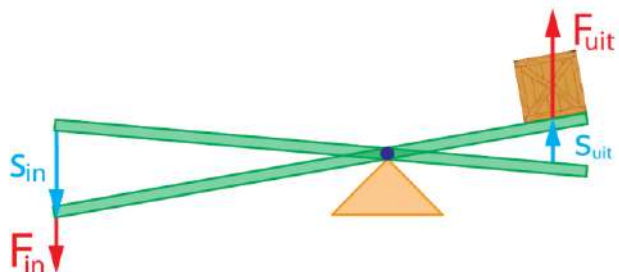
c Waarom gebeurt dit?



Hefbomen

6*** Als je van een kleine kracht een grote kracht wilt maken kun je een hefboom gebruiken.

a Leg dit uit en maak daarbij gebruik van de figuur hiernaast.



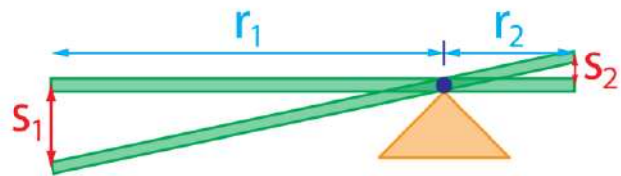
Charlotte wil een kist met boeken 20 centimeter optillen. De kist weegt 150 kg en zonder hefboom lukt dat niet.

b Hoeveel kracht heeft Charlotte nodig om de kist zonder hefboom op te tillen?

Charlotte weegt zelf 40 kg en ze maakt een hefboom zoals in de figuur. Aan de ene kant zet ze de kist en aan de andere kant gaat ze zelf op de hefboom zitten. De kist gaat dan 20 cm omhoog.

c Hoeveel meter gaat Charlotte naar beneden als de kist 20 cm omhoog is gegaan?

7*** In het hoofdstuk kracht hebben we het gehad over de **momentenwet**. Daarvoor geldt dat kracht keer arm linksom gelijk is aan kracht keer arm rechtsom $F_{\text{links}} \cdot r_{\text{links}} = F_{\text{rechts}} \cdot r_{\text{rechts}}$. Zie de figuur hiernaast.



Er is een recht evenredig verband tussen de arm r en de afstand s .

a Wat wordt er bedoeld met een recht evenredig verband tussen r en s ?

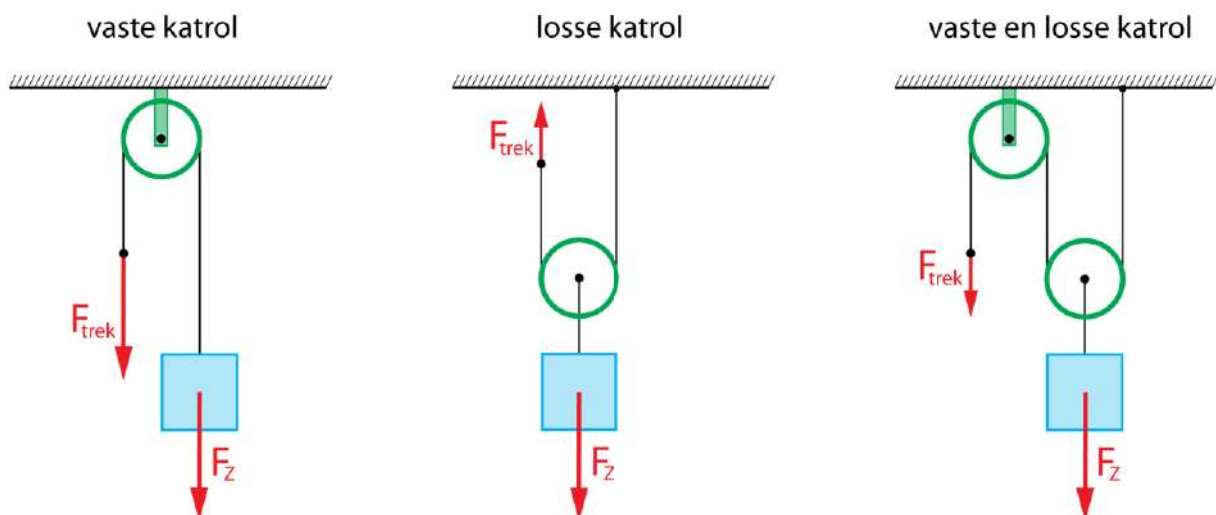
b Hoe zie je dit recht evenredige verband in de figuur?

Bij een recht evenredig verband tussen r en s geldt $r = c \cdot s$, waarbij c een constant getal is. De momentenwet volgt uit het principe dat arbeid behouden blijft $F_{\text{in}} \cdot s_{\text{in}} = F_{\text{uit}} \cdot s_{\text{uit}}$.

+ c Leg dit uit. Maak daarbij gebruik van het recht evenredig verband tussen r en s ($r = c \cdot s$).

Katrollen

8** We maken onderscheid tussen vaste en losse katrollen, zie figuur. Een vaste katrol beweegt niet en een losse katrol beweegt wel als je een gewicht optakelt.



a Hoeveel meter touw moet je inhalen (naar beneden trekken) als je met een **vaste katrol** (zie figuur links) een kist 1,0 m omhoog moet hijsen?

- b** Hoeveel meter touw moet je inhalen (naar boven trekken) als je met een **losse katrol** (zie figuur midden) een kist 1,0 m omhoog moet hijsen?
- c** Hoeveel meter touw moet je inhalen (naar beneden trekken) als je met een **vaste en losse katrol** (zie figuur rechts) een kist 1,0 m omhoog moet hijsen?

Je wilt een kist van 80 kg 1,0 m optakelen.

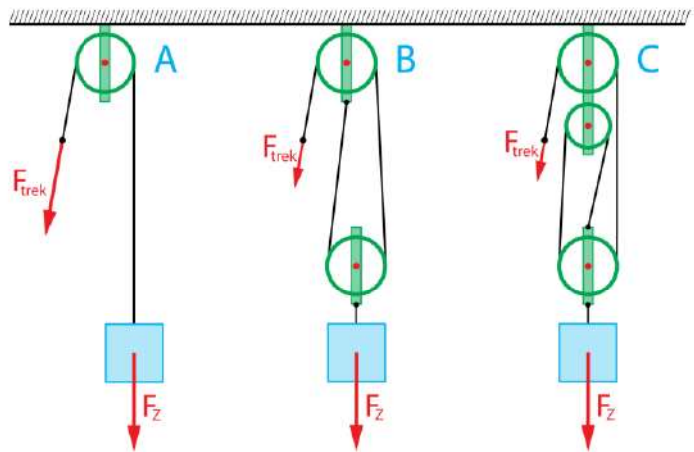
- d** Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **vaste katrol** gebruikt?
- e** Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **losse katrol** gebruikt?
- f** Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **vaste en losse katrol** gebruikt?

9*** In de figuur zie je drie takels.

- a** Welke katrollen zijn los zijn en welke zijn vast?

Het voorwerp dat je op wilt takelen heeft een massa van 60 kg.

- b** Bereken hoeveel kracht je nodig hebt bij het gebruik van takels A, B en C.



4.2 Energievormen

Chemische energie

1** Een auto gebruikt 5,0 liter benzine om 100 km te rijden.

a Hoeveel chemische energie is er nodig om 100 km te rijden?

Van deze chemische energie wordt 30% gebruikt om kracht op de wielen uit te oefenen.

b Hoe groot is de gemiddelde motorkracht tijdens het rijden?

2** Een gemiddeld gezin gebruikt 1500 m³ aardgas per jaar om het huis te verwarmen.

a Hoeveel energie levert het verbranden van 1500 m³ aardgas?

Als je de verwarming 1 graad lager zet bespaar je 7% op het gasverbruik. Eén m³ aardgas kost €2,10.

b Hoeveel euro bespaar je per jaar als je de verwarming 1 graad lager zet?

3** Een kind van 13 jaar moet per dag 2200 kcal eten om op gewicht te blijven.

a Hoeveel joule is 2200 kcal?

Gekookte aardappelen hebben een voedingswaarde van 346 kJ per 100 gram.

b Stel dat je alleen gekookte aardappelen zou eten, hoeveel gram aardappel moet je dan op een dag eten om op gewicht te blijven?

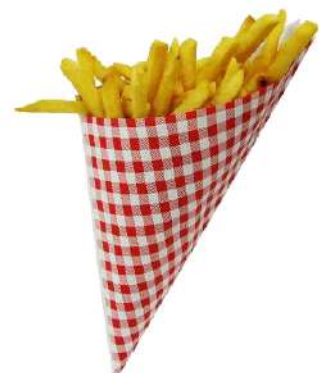
Frites heeft een voedingswaarde van 1205 kJ per 100 gram. Een portie frites weegt 250 gram.

c Stel dat je alleen frites zou eten, hoeveel porties mag je dan maximaal op een dag eten als je op gewicht wilt blijven?

Als je een uur hardloopt met 12 km/h verbrand je ongeveer 600 kcal.

Op een dag heb je een portie frites teveel gegeten.

d Hoeveel kilometer moet je hardlopen om te zorgen dat je niet aankomt.



Zwaarte energie

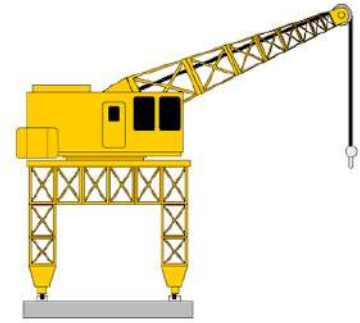
4** Een hijskraan tilt een steen van 800 kg 15 m omhoog.

a Bereken de arbeid die de motor van de hijskraan verricht.

b Bereken de zwaarte energie die de steen heeft gekregen.

Op zeker moment heeft de hijskraan 200 kJ energie verbruikt.

c Bereken hoe hoog de steen is opgetild.



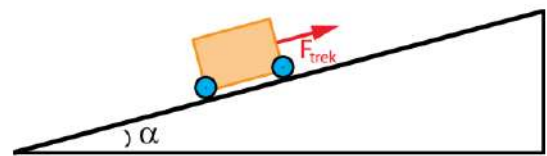
5*** Je trekt een kar met een massa van 20 kg met een constante snelheid een helling op. Wrijving wordt verwaarloosd. Op een bepaald moment heb je 1000 J arbeid verricht. Verwaarloos de arbeid die nodig is om de kar in beweging te brengen.

a Bereken de hoogte die de kar heeft gekregen.

Op de helling stijgt je 25 cm bij iedere meter die je aflegt.

b Hoeveel meter heb je afgelegd als je 1000 J arbeid verricht?

c Bereken de kracht die je nodig hebt om de kar de helling op te trekken.



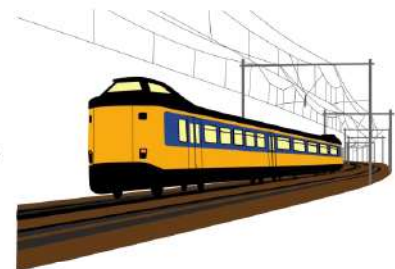
Kinetische energie

6** Een trein rijdt met een maximale snelheid van 160 km per uur. De trein heeft een massa van 350.000 kg.

a Bereken de topsnelheid van de trein in meter per seconde.

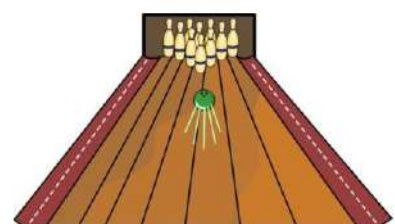
b Hoeveel kinetische energie heeft de trein als hij op topsnelheid rijdt?

c Hoeveel kinetische energie heeft de trein als hij een snelheid heeft van 80 km/h.



7*** Een bowlingbal met een massa van 4,5 kg rolt met een constante snelheid over de baan. Na 3,4 s raakt de bal de eerste kegel die op een afstand van 18,3 m staat.

a Bereken de kinetische energie van de bal als hij rolt.



b Hoe is de bowlingbal aan deze energie gekomen?

De bal komt 0,5 m achter de eerste kegel tot stilstand.

c Hoe groot is de gemiddelde kracht op de bowlingbal tijdens het afremmen?

8*** Een olietanker vaart met een constante snelheid van 11,2 knopen. Een knoop is 1,852 km/h. De tanker heeft een massa van 280.000 ton. Een ton is 1000 kg.

a Bereken de kinetische energie van de olietanker.

Een sterke man kan per seconde 600 J arbeid leveren.

b Hoeveel dagen moet de man kracht op de olietanker uitoefenen om het een snelheid van 11,2 knopen te geven?



9*** Een auto met een massa van 1500 kg rijdt 90 km/h.

a Bereken de kinetische energie van de auto.

In de bebouwde kom kan de auto nog maar 45 km/h rijden.

b Is de kinetische energie in de bebouwde kom de helft, meer dan de helft of minder dan de helft als bij 90 km/h?

c Leg uit waar de verdwenen E_k is gebleven.

Omdat er benzine wordt verbrand neemt de massa van de auto langzaam af.

d Leg uit of hierdoor E_k van de auto groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft als hij met constante snelheid rijdt.



10*** Een speelgoedtreintje met een massa van 200 g trekt op uit stilstand. De motor oefent een kracht van 1,0 N uit over een afstand van 80 cm.

a Hoeveel arbeid heeft de motor verricht?

b Hoe groot is de eindsnelheid van het treintje?



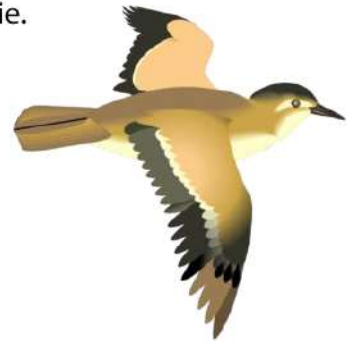
Zwaarte energie en kinetische energie

11*** Een vogel met een massa van 150 gram heeft 60 J zwaarte energie.

a Hoe hoog vliegt de vogel boven de grond?

De vogel heeft in totaal 80 J aan energie.

b Met welke snelheid vliegt de vogel?



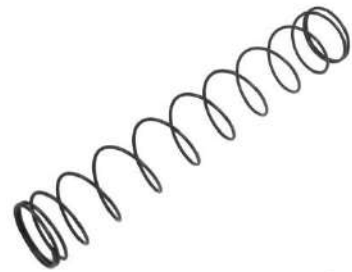
Veerenergie

12*** Om een veer over een afstand van 25 cm uit te rekken is 3,0 J arbeid nodig.

a Bereken de veerconstante van de veer.

b Bereken de arbeid die nodig is om deze veer 40 cm uit te rekken.

c Bereken zonder rekenmachine de arbeid die nodig is om deze veer 50 cm uit te rekken.



Wet van behoud van energie

13** Een balpen valt van een 75 cm hoge tafel. Verwaarloos de luchtweerstand.

a Bereken de snelheid waarmee de balpen op de grond valt.



14** Fien schopt een bal omhoog met een beginsnelheid van 8,0 m/s.

a Hoe hoog komt de bal.

b Met welke snelheid valt de bal op de grond?

Ze pakt de bal op en schiet hem opnieuw omhoog met 8,0 m/s. Maar dit keer valt de bal met een snelheid van 4,0 m/s op het dak van een schuur.

+ **c** Hoe hoog is het dak van de schuur?



15*** Een steen van 2,0 kg valt van een toren van 5,0 m hoog. De gemiddelde wrijvingskracht is 3,0 N.

- a Bereken E_{uit} (de arbeid van de wrijvingskracht).
- b Bereken de snelheid waarmee de steen op de grond valt.



16** Michael Jordan is een beroemde basketbalspeler. Hij is 1,98 m lang en weegt 98 kg. Na een verticale sprong heeft hij een zwaarte energie van 1000 J.

- a Hoeveel is zijn zwaartepunt hierbij omhoog gegaan?
- b Hoeveel kinetische energie had hij toen hij los kwam van de grond?
- c Met welke snelheid kwam hij los van de grond?
- d Beredeneer met welke snelheid hij op de grond landt.



17**** Jeroen rijdt met zijn skateboard een helling af van 20 m lang en 8,0 meter hoog. Jeroen met skateboard wegen samen 65 kg. Hij begint uit stilstand.

- a Bereken de snelheid van Jeroen onder aan de helling als er geen wrijvingskrachten zijn.

Jeroen durft niet met zo'n grote snelheid naar beneden. Daarom neemt hij een helling die ook 8,0 meter hoog is maar een lengte heeft van 50 m.

- b Bereken opnieuw de snelheid van Jeroen onder aan de helling.

Ook bij deze helling vindt Jeroen de snelheid te groot. Daarom besluit hij tijdens de afdaling van de 50 m helling met een constante kracht te remmen. Hij durft maximaal 10 m/s te rijden.

- + c Hoe groot is de gemiddelde remkracht die hij moet uitoefenen om onderaan de helling een snelheid van 10 m/s te hebben.



4.3 Vermogen en rendement

Vermogen

- 1*** Je trekt met een kracht van 90 N aan een slee. Na 20 minuten heb je 1,0 km afgelegd.
- a** Hoeveel arbeid heb je geleverd?
 - b** Hoe groot is je vermogen?

- 2*** Een mixer heeft een vermogen van 450 W. Het kost 5,0 minuten om slagroom te kloppen.

- a** Hoeveel energie kost het kloppen van slagroom?



- 3**** Een elektrische kachel heeft twee standen. Op stand 1 heeft de kachel een vermogen van 750 W, op stand 2 een vermogen van 1250 W. Je kunt ook beide standen aanzetten.

Om een kamer te verwarmen is $5,0 \cdot 10^6$ J energie nodig.

- a** Hoelang duurt het verwarmen van de kamer als de kachel op stand 2 staat?
- b** Hoelang duurt het verwarmen van de kamer als beide standen aanstaan?

Als de kamer op temperatuur is zet je de kachel op stand 1.

- c** Hoeveel energie gebruikt de kachel dan per uur?



- 4**** Een hijskraan heeft een vermogen van 7500 W en hijst een last van 1000 kg op.
- a** Hoeveel meter is de last in 5,0 seconde omhoog getild?
 - b** Welke snelheid heeft de last bij het optillen?

- 5***** Een waxinelichtje is gemaakt van 15 gram paraffine en kan 4,0 uur branden. De stookwaarde van paraffine is $40 \cdot 10^6$ J/kg.

- a** Hoeveel chemische energie heeft het waxinelichtje?
- b** Hoe groot is het vermogen van de vlam van het waxinelichtje?



6*** Een paard trekt met een kracht van 250 N aan een huifkar. De snelheid van de huifkar is 3,0 m/s.

a Hoe groot is het vermogen van het paard?

De paardenkracht (pk) is het gemiddelde vermogen van één paard en is ongeveer 750 watt.

b Leg uit waarom de naam paardenkracht misleidend is.



Kilowattuur (kWh)

7*** Als de zon schijnt levert een zonnepaneel 200 W per vierkante meter. Gemiddeld zijn er in Nederland 850 zonuren per jaar.

a Hoeveel kWh elektrische energie levert een zonnepaneel van 1 m² per jaar?

Een gezin met twee kinderen gebruikt 3400 kWh elektrische energie per jaar. Het gezin wil alle elektriciteit opwekken met zonnepanelen.

b Hoeveel moet de totale oppervlakte zijn van de zonnepanelen?

Op dit moment kost één kWh elektrische energie € 0,40.

c Hoeveel euro bespaart het gezin per jaar als alle elektriciteit door zonnepanelen wordt geleverd?



8*** Een elektrische fiets heeft een accu van 500 Wh.

a Hoeveel joule energie is in deze accu opgeslagen?

Bij een gemiddelde fietstocht verbruik je 100 Wh om 12 km te fietsen.

b Hoe ver kun je fietsen als start met een volle accu?

c Hoeveel kracht levert de elektromotor gemiddeld bij het fietsen?



9*** De meest huizen worden in Nederland verwarmd met aardgas. Het gemiddelde verbruik is 1300 m³ aardgas per jaar. Aardgas heeft een verbrandingswarmte van $32 \cdot 10^6$ J per m³.

a Hoeveel kWh is het gemiddelde aardgasverbruik in Nederland.

Rosa vraagt zich af of het goedkoper is om het huis te verwarmen met elektriciteit in plaats van met aardgas. Eén m³ aardgas kost € 2,10 en één kWh elektriciteit kost € 0,40.

b Maak een berekening om antwoord te geven op de vraag van Rosa.

Met een warmtepomp lukt het om voor iedere joule elektrische energie 4 joule aan warmte in het huis te pompen.

c Wat is het antwoord aan Rosa als je gebruik maakt van een warmtepomp?

10*** Een moderne windmolen heeft een vermogen van 3,0 MW en levert per jaar 6,6 miljoen kWh aan elektriciteit.

a Hoeveel uur draait een windmolen per jaar?

Een gemiddeld gezin gebruikt 3000 kWh elektrische energie per jaar.



b Hoeveel gezinnen kunnen door één windmolen van stroom worden voorzien?

In Nederland wonen 4,84 miljoen gezinnen.

c Hoeveel moderne windmolens zijn er nodig om de elektriciteit voor al deze gezinnen met windmolens op te wekken?

Rendement

11** Een elektrische scooter rijdt met een constante snelheid en gebruikt $4,0 \cdot 10^6$ J energie om 25 km af te leggen. De motor van de scooter moet bij deze snelheid 100 N kracht uitoefenen.

a Hoeveel arbeid levert de motor van de scooter?

b Hoeveel procent van de gebruikte $4,0 \cdot 10^6$ J wordt nuttig gebruikt?

12*** Een waterpomp pompt in 30 minuten $25 \cdot 10^3$ kg water 6,0 meter omhoog en gebruikt daarbij $3,0 \cdot 10^6$ J aan elektrische energie.

a Hoeveel energie neemt de waterpomp per seconde op?

b Hoeveel arbeid levert de waterpomp per seconde?

c Hoeveel procent van de elektrische energie wordt nuttig gebruikt?

13**** Simon beklimt een 72 meter hoge kerktoren met 90 traptreden per minuut. De afstand tussen twee treden is 20 cm. Simon heeft een massa van 50 kg. Zijn spieren gebruiken vier keer zoveel energie dan dat ze aan arbeid leveren.

- a** Hoe lang heeft Simon nodig om boven te komen?
- b** Hoeveel nuttige energie hebben Simons spieren geleverd?
- c** Hoeveel vermogen hebben de spieren van Simon?
- d** Hoeveel energie hebben Simons spieren gebruikt?

Na een tijdje gaat Simon naar beneden, waarbij hij evenveel energie gebruikt als bij de klim omhoog. Na het beklimmen van de toren heeft hij honger en gaat hij een pizzapunt eten. Een pizza weegt 400 gram en heeft een voedingswaarde van 250 kcal (kilocalorie) per 100 gram. Eén pizzapunt is een achtste pizza. $1 \text{ calorie} = 4,184 \text{ J}$

- + **e** Is één pizzapunt genoeg om de gebruikte energie weer aan te vullen?

4.4 Warmte

Warmte

- 1****
- a** Waar bevindt zich de inwendige energie?
 - b** Waaruit bestaat inwendige energie?
 - c** Wat veroorzaakt temperatuur?
 - d** Wat is het verschil tussen warmte en temperatuur?

Fase overgangen

- 2****
- a** Hoe heet de overgang van de vaste fase naar de gasfase.
 - b** Hoe heet de overgang van de gasfase naar de vaste fase?

- 3**** In een sneeuwmachine wordt lucht met veel kracht door water geblazen, waardoor het water snel verdampt. Bij het verdampen van water koelt de omgeving sterk af.

- a** Leg uit hoe hierbij sneeuw ontstaat.

Sneeuw en hagel zijn beide een vaste fase van water. Toch ziet het er heel anders uit, omdat ze op een andere manier ontstaan.

- b** Bij welke fase-overgang ontstaat er hagel?
- c** Bij welke fase-overgang ontstaat er sneeuw?

- 4**** Als je natte kleren buiten ophangt zijn ze na een tijdje droog.

- a** Leg uit waar het water is gebleven.
- b** Geef twee manieren om het proces van drogen te versnellen.

- 5**** Als je ademt tegen een koude spiegel beslaat deze.

- a** Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.
- b** Hoe heet dit proces?

6** Vliegtuigen vliegen op 11 km hoogte en de temperatuur is daar ongeveer $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bij helder koud weer zie je soms witte strepen in de lucht als er een vliegtuig voorbij is gekomen. Deze strepen worden veroorzaakt door de onzichtbare waterdamp uit de vliegtuigmotor.

- a** Leg uit hoe deze strepen ontstaan uit onzichtbaar waterdamp.
- b** Leg uit waarom deze strepen na een poosje weer verdwijnen.

7** Als je zout oplost in water kost het de watermoleculen meer moeite om de vaste fase te krijgen.

- a** Leg uit of de temperatuur waarbij water stolt hoger of lager wordt door het oplossen van zout.
- b** Noem een toepassing van dit verschijnsel in het dagelijkse leven.

Dichtheid

8** Een blokje aluminium heeft een dichtheid van $2,70\text{ g/cm}^3$ en een volume van 16 cm^3 .

- a** Bereken de massa van het blokje.

Het blokje wordt doormidden gezaagd in twee blokjes van ieder 8 cm^3 . Tessa beweert dat de dichtheid nu ook de helft is geworden. Thijn beweert dat de dichtheid nu verdubbelt.

- b** Leg uit wie er gelijk heeft, Tessa, Thijn of geen van beiden.

9** Je hebt twee blokjes met een volume van 12 cm^3 . Blokje 1 is gemaakt van tin en blokje 2 is gemaakt van zink.

- a** Beredeneer zonder berekening welke van de blokjes het zwaarst weegt.
- b** Bereken de massa van de blokjes.

10*** Je hebt twee blokjes. Blokje 1 is gemaakt van goud. Blokje 2 is twee keer zo groot en is gemaakt van ijzer.

- a** Welke van de blokjes weegt het zwaarst?

Blokje 1 heeft een volume van 3 cm^3 .

- b** Bereken de massa van blokje 2.

11** Een ijzeren staaf heeft een volume van 200 cm^3 . IJzer heeft een dichtheid van $7,87 \text{ g/cm}^3$.

a Bereken de massa van de staaf in gram.

b Hoeveel kg is deze staaf?

Een andere ijzeren balk heeft een massa van $5,0 \text{ kg}$.

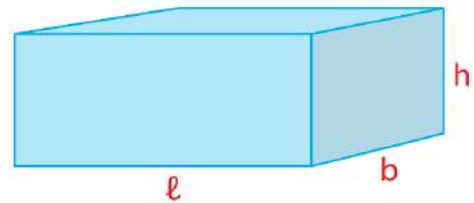
c Bereken het volume van deze staaf.

12** Een balkje is $1,5 \text{ cm}$ breed en 3 cm hoog en heeft een volume van 27 cm^3 .

a Hoe lang is het balkje?

Het balkje is gemaakt van koper. De dichtheid van koper is $8,96 \text{ g/cm}^3$.

b Hoeveel massa heeft het balkje?



13*** Een plank gemaakt van eikenhout is 7 mm dik, 12 cm breed en heeft een volume van $1,5 \text{ dm}^3$.

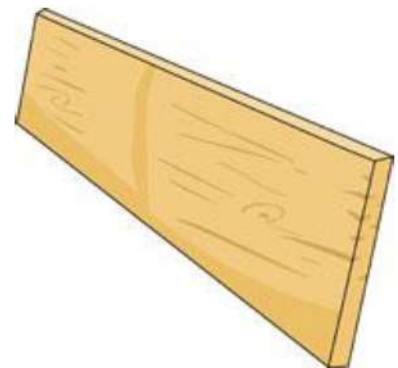
a Bereken de lengte van deze plank in cm.

b Bereken de massa van deze plank in kg.

Je maakt een andere plank twee keer zo dik en twee keer zo breed.

c Bereken het volume van deze andere plank.

d Bereken de massa van deze andere plank.



14*** Een cilindervormige koperen draad heeft een straal van $1,5 \text{ mm}$ en is 15 m lang. Koper heeft een dichtheid van $8,96 \text{ g/cm}^3$. Voor de inhoud van een cilinder geldt $V = \pi r^2 \cdot \ell$

a Bereken de massa van deze draad.

Je maakt een andere koperdraad twee keer zo dik en twee keer zo lang.



- b** Bereken de dichtheid van deze draad.
- c** Bereken de massa van deze draad in kg.

15*** Een aluminium cilinder is 10 cm hoog en heeft een massa van 1,0 kg. Aluminium heeft een dichtheid van $2,70 \text{ g/cm}^3$.

- a** Bereken de straal van deze cilinder.

16** Hans en Anneke gaan een nieuwe keuken kopen en zijn op zoek naar een nieuw aanrechtblad. Het aanrechtblad dat ze nodig hebben moet 3,10 m lang, 60 cm breed en 4,5 cm dik zijn. Ze kiezen voor een granieten aanrechtblad. Graniet heeft een dichtheid van $2,7 \text{ g/cm}^3$.

- a** Bereken de massa in kilogram van een granieten aanrechtblad met bovenstaande afmetingen.

17*** Jan wil in zijn tuin een muurtje metselen. Hij wil hiervoor bakstenen gebruiken die 5 cm dik, 10 cm breed en 20 cm lang zijn. Hij rijdt met zijn auto met aanhangwagen naar de bouwmarkt. De lading van het wagentje mag maximaal 500 kg zijn. De dichtheid van baksteen is $1,8 \text{ g/cm}^3$.

- a** Hoeveel stenen mag Jan maximaal in de aanhangwagen vervoeren?

18*** Robert gebruikt 6,0 kg verf bij het schilderen van de wand. De verf heeft een dichtheid van $2,4 \text{ g/cm}^3$. De wand die hij schildert heeft een oppervlak van $5,0 \text{ m}^2$.

- a** Bereken het volume van de verf.
- b** Bereken de dikte van de aangebrachte verflaag in millimeter.

4.5 Transport van warmte

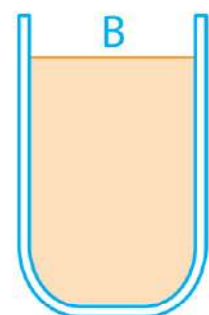
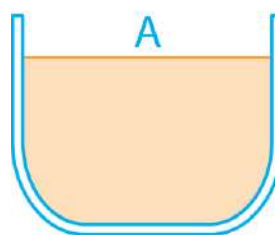
Warmtegeleiding

- 1**** Een bureau in een klaslokaal heeft een houten blad en stalen poten. Als je de poten aanraakt voelt het veel kouder aan dan als je het blad aanraakt. Leg van onderstaande beweringen uit of ze waar zijn.
- a** De temperatuur van het blad is gelijk aan die van de poten. WAAR / NIET WAAR
 - b** Wat je met je handen voelt zegt niets over de temperatuur, omdat je zenuwen daar ongevoelig voor zijn. WAAR / NIET WAAR
 - c** Metaal voelt altijd kouder aan dan hout. WAAR / NIET WAAR
 - d** Ook als de temperatuur in het lokaal hoger is dan $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ voelen de poten kouder aan dan het blad. WAAR / NIET WAAR

- 2**** In een oven bak je broodjes op $170\text{ }^{\circ}\text{C}$. Als de broodjes klaar zijn kun je ze met je blote hand snel uit de oven halen. Je moet daarbij opletten om niet de metalen wand van de oven aan te raken, want dan verbrandt je hand meteen.

- a** Leg uit waarom je hand niet verbrandt als je het broodje aanraakt en wel als je de wand aanraakt.

- 3**** Bekers A en B bevatten evenveel thee met een temperatuur van $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. De bekere hebben een dubbele wand waar vrijwel geen warmte doorheen kan stromen.



- a** Leg uit waarom de dubbele wand ervoor zorgt dat de thee langer warm blijft.
- b** Leg uit waarom de thee in beker A sneller afkoelt dan de thee in beker B.
- c** Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erover blaast.
- d** Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erin roert.

Warmtestroming

- 4****
- a** Leg uit waarom warmtestroming niet mogelijk is in een vaste stof.
 - b** Leg uit of warmtestroming door een wand mogelijk is.
 - c** Leg uit hoe je warmtestroming kan verminderen.
 - d** Leg uit hoe je warmtestroming kan vermeerderen.

- 5**** Een winterjas is gevuld met dons. Tussen het dons zit lucht.

- a** Leg uit hoe het dons ervoor zorgt dat er minder warmtestroming is.
- b** Leg uit dat er warmtegeleiding plaatsvindt door de lucht tussen het dons.



- 6**** In de kamer hangt een radiator. De radiator bestaat uit buizen waar verwarmd water doorheen stroomt.

- a** Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtegeleiding naar de lucht.
- b** Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtestroming van de lucht.

Als je een handdoek over de radiator hangt duurt het veel langer voordat de kamer is verwarmd.

- b** Leg dit uit



Warmtestraling

- 7**** Als het buiten koud is wordt een terras verwarmd met een straalkachel.

- a** Leg uit waarom er buiten geen radiator wordt gebruikt en binnen wel.



Om een terras te verwarmen zijn 15 straalkachels nodig. Iedere straalkachel heeft een vermogen van 2000 watt. Op een dag staan de straalkachels 6 uur aan.

- b** Hoeveel joule elektrische energie wordt er op een dag gebruikt?

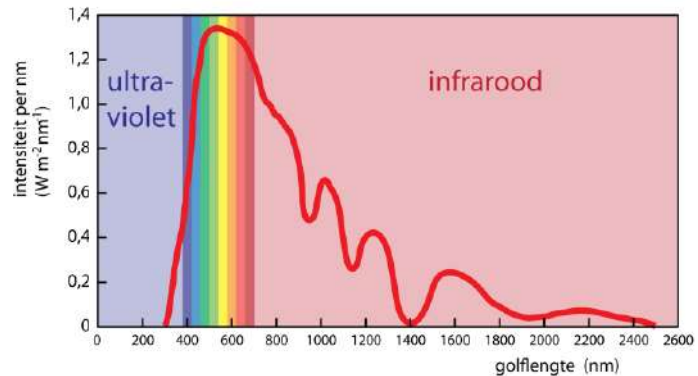
Eén kWh elektrische energie is gelijk aan 3,6 miljoen joule en kost 40 cent.

- c** Hoeveel euro kost het verwarmen van het terras per dag?

8** Overdag warmt de aarde op door zonlicht en 's nachts koelt de aarde af.

- a** Leg uit door welke soort warmtetransport (geleiding, stroming of straling) de aarde opwarmt en afkoelt.

In de figuur zie je het licht van de zon dat door de aarde wordt opgenomen. De zon straalt het meeste licht uit in het gebied met de regenboogkleuren. Dat is het licht dat we kunnen zien. Maar de zon straalt ook veel infrarood licht uit dat we niet kunnen zien.



De aarde absorbeert zonlicht en zendt zelf infrarood licht uit. De gemiddelde temperatuur van de aarde is constant.

- b** Leg uit of de aarde gemiddeld meer, minder of evenveel warmte opneemt dan het zelf uitzendt.

Hiernaast zie je een figuur waarin het broeikaseffect wordt uitgelegd. Er zijn vier stappen.

- c** Leg uit waarom stap 4 zorgt voor opwarming van de aarde.



4.6 Warmte opnemen en warmte afstaan

1** De temperatuur van een magnesium blokje van 50 gram stijgt van 20 °C tot 80 °C.

a Hoeveel warmte heeft het blokje opgenomen?

De temperatuur van een magnesium blokje van 50 cm³ stijgt van 20 °C tot 80 °C.

b Hoeveel warmte heeft het blokje opgenomen?

2** Met een waterkoker verwarm je 1,0 liter water tot het gaat koken. De begintemperatuur van het water is 10 °C en het water kookt bij 100 °C. Gebruik voor de dichtheid van water $\rho = 1,0 \text{ g / cm}^3$.

a Hoeveel warmte heeft het water opgenomen?

De waterkoker heeft een vermogen van 2100 watt.

b Hoeveel minuten duurt het voordat het water kookt?



3** Een keukenboiler bevat 10 liter water en heeft een vermogen van 2200 W. Gebruik voor de dichtheid van water $\rho = 1,0 \text{ g / cm}^3$.

a Hoelang heeft deze boiler nodig om 10 liter water te verwarmen van 10 °C tot 85 °C?

Na het afwassen is de boiler helemaal leeg en wordt het gevuld met 10 liter water van 10 °C.

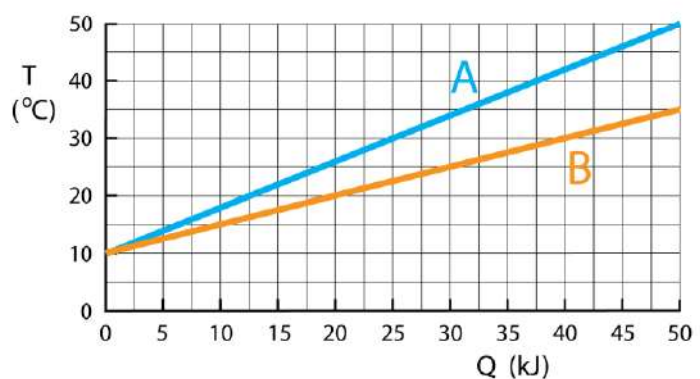
b Welke temperatuur heeft het water na 15 minuten?



4** In de figuur zie je hoe de temperatuur verandert als warmte wordt toegevoegd aan stof A en aan stof B. De massa van beide stoffen is 500 g.

a Bepaal de soortelijke warmte van stof A.

b Bepaal de soortelijke warmte van stof B.



5*** In een roestvrij stalen (rvs) pan met een massa van 1,5 kg verwarm je 2,5 liter water. De begintemperatuur van de pan met water is 10 °C. De brander van het fornuis heeft een vermogen van 3,0 kW. Neem aan dat er geen warmte van de pan naar de omgeving gaat. Gebruik voor de dichtheid van water $\rho = 1,0 \text{ g / cm}^3$. Roestvrij staal heeft dezelfde soortelijke warmte als ijzer.



- a** Bereken de temperatuur van de pan met water na 1,0 minuut op het fornuis.
- b** Bereken hoelang het duurt voordat het water kookt.

6*** Met een dompelaar kun je een kopje water verwarmen. Handig voor als je op reis bent. De dompelaar heeft een vermogen van 350 W. Je wilt een kopje water met 175 gram water verwarmen van 15 °C tot 90 °C.

- a** Hoelang duurt het opwarmen minimaal?

In werkelijkheid duurt het langer.

- b** Geef hiervoor twee redenen.



7**** Een blokje ijzer van 25 g wordt in een vlam gehouden totdat de temperatuur van het blokje gelijk is aan de temperatuur van de vlam. Daarna wordt het blokje snel in 100 g water van 15 °C gebracht. De temperatuur van het water stijgt hierdoor tot 29 °C.

- a** Bereken hoeveel warmte het water heeft opgenomen.

De warmte die het water opneemt is gelijk aan de warmte die het ijzeren blokje heeft afgestaan. Hieruit kun je de temperatuur van de vlam berekenen.

- b** Bereken de temperatuur van de vlam.

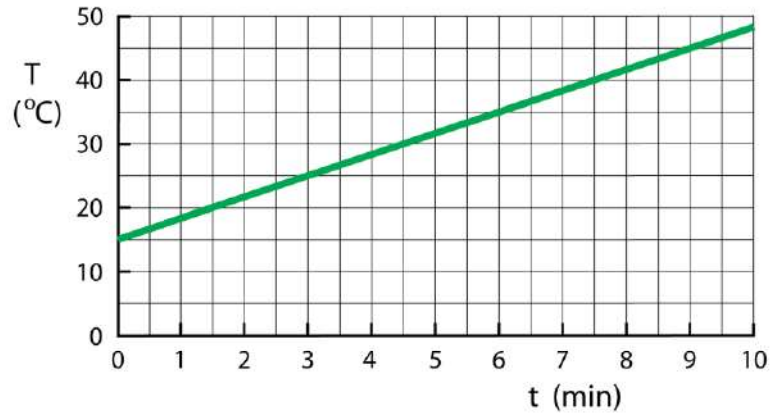
Deze methode is niet erg nauwkeurig om de temperatuur van een vlam te bepalen.

- c** Beredeneer of deze methode een te hoge of een te lage temperatuur van de vlam geeft.

8**** Een thermosfles bevat 300 gram water. Een verwarmingselement van 75 W wordt gebruikt om het water te verwarmen. Het rendement van dit element is 100% en er gaat dus geen energie naar de omgeving. De figuur geeft de stijging van de temperatuur van het water.

a Hoeveel warmte produceert het verwarmingselement in 10 minuten?

b Hoeveel warmte is er door de thermosfles opgenomen?



9**** Om een leeg kopje 1,0 graad in temperatuur te laten stijgen is 25 J nodig. De temperatuur van het kopje is 20 °C. In het kopje giet je koffie met een temperatuur van 80 °C. Je doet er een scheutje van 5,0 gram melk bij. De melk komt uit de koelkast met een temperatuur van 4,0 °C. De eindtemperatuur van de koffie met melk in het kopje wordt 76 °C. Melk heeft een soortelijke warmte van 3900 J / kg °C. De dichtheid van koffie is 1,0 gram / cm³.

a Bereken hoeveel warmte het kopje heeft opgenomen.

b Bereken hoeveel warmte de melk heeft opgenomen.

c Bereken hoeveel milliliter koffie er in het kopje zit.