

4 Energie

2 havo / 2 vwo

4.1 Arbeid en energie

1*

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

- de piano is niet verplaatst $\rightarrow s = 0$ meter
- $W = F \cdot s \rightarrow W = F \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$
- Jan heeft geen gelijk

b Heeft de gewichtheffer arbeid verricht bij zijn poging?

- het gewicht is niet verplaatst $\rightarrow s = 0$ meter
- $W = F \cdot s \rightarrow W = F \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$
- de gewichtheffer heeft geen arbeid verricht

2*

a Hoeveel arbeid verricht de gewichtheffer in deze tien seconden?

- het gewicht is niet verplaatst $\rightarrow s = 0$ meter
- $W = F \cdot s \rightarrow W = F \cdot 0 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$
- de gewichtheffer heeft geen arbeid verricht

b Heeft de gewichtheffer arbeid verricht om het gewicht vanaf de vloer boven zijn hoofd te krijgen?

- er is kracht uitgeoefend én het gewicht is verplaatst
- $W = F \cdot s$
- bij het optillen heeft de gewichtheffer arbeid verricht.

c Welke kracht verricht er arbeid als het gewicht valt?

- de zwaartekracht veroorzaakt de beweging en verricht arbeid

d Is de energie nog ergens aanwezig als het gewicht stil op de mat ligt?

- energie gaat nooit verloren en is dus nog ergens aanwezig
De energie zit in het indrukken van de mat en in het warmer worden van de mat.

3**

a Bereken de afstand waarover je de slee hebt verplaatst.

- $F = 25 \text{ N} \mid W = 10000 \text{ N} \cdot \text{m} \mid s = \dots \text{m}$
- $W = F \cdot s$
- $10000 = 25 \cdot s \rightarrow s = 400 \text{ m}$

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

- de slee beweegt met een constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- de wrijvingskracht moet gelijk zijn aan de trekkracht van 25 N
- Emma heeft gelijk

c Bereken de arbeid die de wrijvingskracht levert.

- $F_{\text{wrijving}} = 25 \text{ N} \quad | \quad s = 400 \text{ m} \quad | \quad W = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
- $W = F \cdot s$
- $W = 25 \cdot 400 = 10000 \text{ J}$

4**

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

- $s = 4 \text{ m} \quad | \quad W = 3200 \text{ N} \cdot \text{m} \quad | \quad F = \dots \text{ N}$
- $W = F \cdot s$
- $3200 = F \cdot 4 \rightarrow F = 800 \text{ N}$

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

- $F = 0,5 \cdot 800 = 400 \text{ N} \quad | \quad W = 4000 \text{ N} \cdot \text{m} \quad | \quad s = \dots \text{ m}$
- $W = F \cdot s$
- $4000 = 400 \cdot s \rightarrow s = 10 \text{ m}$

5**

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

- constante snelheid $\rightarrow \Sigma F = 0$
- er wordt geen arbeid op de bal verricht

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

- de snelheid van de bal neemt af
- bij het afremmen werkt er een kracht op de bal
- deze kracht verricht arbeid op de bal

c Waarom gebeurt dit?

- de energie van de rollende bal wordt overgedragen op de kegels

Hefbomen

6***

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

- de afstand van de kracht die je uitoefent s_{in} is groter dan de afstand s_{uit} die de kist omhooggaat
- omdat arbeid behouden blijft geldt: $F_{\text{in}} \cdot s_{\text{in}} = F_{\text{uit}} \cdot s_{\text{uit}}$
- als s_{in} groter is dan s_{uit} moet F_{in} kleiner zijn dan F_{uit}

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

- dan moet haar kracht gelijk zijn aan de zwaartekracht
- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 150 \cdot 9,81 = 1471,5 \text{ N}$

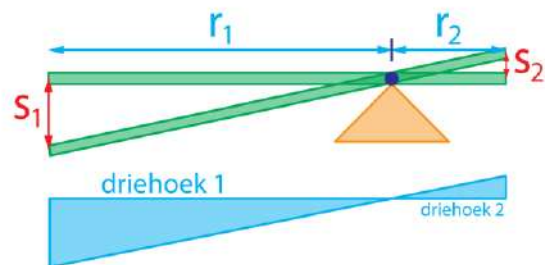
- c Hoeveel meter gaat Charlotte naar beneden als de kist 40 cm omhoog is gegaan?
- de zwaartekracht op Charlotte is $\frac{150}{40} = 3,75$ keer kleiner dan die op de kist
- Charlotte oefent 3,75 keer minder kracht uit en moet dus 3,75 keer meer afstand afleggen
- $3,75 \cdot 0,2 = 0,75$ m

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

- recht evenredig betekent dat als r met factor x groter (of kleiner) wordt s dan met dezelfde factor x groter (of kleiner) wordt

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

- driehoek 1 is gelijkvormig aan driehoek 2
- de verhouding tussen r_1 en s_1 is hetzelfde als de verhouding tussen r_2 en s_2



- dit betekent $\frac{r_1}{s_1} = \frac{r_2}{s_2}$

- dus als r_1 groter wordt moet s_1 met dezelfde factor groter of kleiner worden want anders blijft de breuk niet gelijk

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

- arbeid is behouden $F_{in} \cdot s_{in} = F_{uit} \cdot s_{uit}$
- vermenigvuldig links en rechts met getal c
- $c \cdot F_{in} \cdot s_{in} = c \cdot F_{uit} \cdot s_{uit} \rightarrow F_{in} \cdot (c \cdot s_{in}) = F_{uit} \cdot (c \cdot s_{uit}) \rightarrow F_{in} \cdot r_{in} = F_{uit} \cdot r_{uit}$

Katrollen

8** 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?

- dan moet je ook 1,0 m touw inhalen

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?

- dan moet je 2,0 m touw inhalen, want de kist hangt aan twee touwen

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?

- dan moet je 2,0 m touw inhalen, want de kist hangt aan twee touwen

d Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **vaste katrol** gebruikt?

- $F_z = m \cdot g \rightarrow F_z = 80 \cdot 9,81 = 784,8$ N
- $W_{in} = W_{uit} \rightarrow F_{in} \cdot s_{in} = F_{uit} \cdot s_{uit}$ met $s_{in} = s_{uit} = 1,0$ m
- $F_{in} \cdot 1 = 784,8 \cdot 1 \rightarrow F_{in} = 784,8$ N

e Hoeveel kracht je nodig hebt als je een **losse katrol** gebruikt?

- $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$
- $F_{\text{in}} \cdot s_{\text{in}} = F_{\text{uit}} \cdot s_{\text{uit}}$ met $s_{\text{in}} = 2,0 \text{ m}$ en $s_{\text{uit}} = 1,0 \text{ m}$
- $F_{\text{in}} \cdot 2 = 784,8 \cdot 1 \rightarrow F_{\text{in}} = \frac{784,8}{2} = 392,4 \text{ N}$

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

- $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 80 \cdot 9,81 = 784,8 \text{ N}$
- $F_{\text{in}} \cdot s_{\text{in}} = F_{\text{uit}} \cdot s_{\text{uit}}$ met $s_{\text{in}} = 2,0 \text{ m}$ en $s_{\text{uit}} = 1,0 \text{ m}$
- $F_{\text{in}} \cdot 2 = 784,8 \cdot 1 \rightarrow F_{\text{in}} = \frac{784,8}{2} = 392,4 \text{ N}$

9***

a Welke katrollen zijn los zijn en welke zijn vast?

- A $\rightarrow$ vaste katrol
- B $\rightarrow$ boven vast, onder los
- C $\rightarrow$ bovenste twee vast, onderste los

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

- $F_Z = m \cdot g \rightarrow F_Z = 60 \cdot 9,81 = 588,6 \text{ N}$
- beredeneer hoeveel meter touw je moet inhalen om de kist één meter omhoog te takelen
- deze lengte wordt verdeeld over het aantal touwen waaraan de kist is opgehangen
- A $\rightarrow$ 1 meter | B $\rightarrow$ 2 meter | C $\rightarrow$ 3 meter
- A $\rightarrow$ 588,6 N | B $\rightarrow \frac{588,6}{2} = 294,3 \text{ N}$ | C $\rightarrow \frac{588,6}{3} = 196,2 \text{ N}$

4.2 Energievormen

Chemische energie

1**

- a Hoeveel chemische energie is er nodig om 100 km te rijden?
- opzoeken 1,0 liter benzine heeft een verbrandingswarmte van $33 \cdot 10^9$ J
 - $1 \text{ liter} = \frac{1}{1000} \text{ m}^3 \rightarrow 5 \text{ liter} = \frac{5}{1000} = 0,005 \text{ m}^3$
 - $0,005 \cdot 33 \cdot 10^9 = 1,65 \cdot 10^8 \text{ J}$
- b Hoe groot is de gemiddelde kracht tijdens het rijden?
- $W = 0,3 \cdot 1,65 \cdot 10^8 = 4,95 \cdot 10^7 \text{ J}$
 - $W = 4,95 \cdot 10^7 \text{ J} \mid s = 100.000 \text{ m} \mid F = \dots \text{ N}$
 - $W = F \cdot s \rightarrow 4,95 \cdot 10^7 = F \cdot 100.000 \rightarrow F = 495 \text{ N}$

2**

- a Hoeveel energie levert het verbranden van 1500 m^3 aardgas?
- opzoeken $1,0 \text{ m}^3$ aardgas heeft een verbrandingswarmte van $32 \cdot 10^6$ J
 - $1500 \cdot 32 \cdot 10^6 = 4,8 \cdot 10^{10} \text{ J}$
- b Hoeveel euro bespaar je per jaar als je de verwarming 1 graad lager zet?
- besparing gas 7% van 1500 $\rightarrow 0,07 \cdot 1500 = 105 \text{ m}^3$
 - besparing euro's $105 \cdot 2,1 = 220,5 \text{ euro}$

3**

- a Hoeveel joule is 2200 kcal?
- opzoeken 1 calorie = 4,18 J $\rightarrow 1 \text{ kcal} = 1000 \text{ calorie} = 4180 \text{ J}$
 - $2200 \cdot 4180 = 9,196 \cdot 10^6 \text{ J}$
- b Stel dat je alleen gekookte aardappelen zou eten, hoeveel gram aardappel moet je dan op een dag eten om op gewicht te blijven?
- 100 gram heeft $346 \cdot 10^3 \text{ J} \rightarrow 1,0 \text{ kg}$ is $10 \times 100 \text{ g}$ geeft $346 \cdot 10^4 \text{ J}$
 - $\frac{9,196 \cdot 10^6}{346 \cdot 10^4} = 2,6578 \text{ kg per dag}$
- c Stel dat je alleen frites zou eten, hoeveel porties mag je dan maximaal op een dag eten als je op gewicht wilt blijven?
- 100 gram heeft $1205 \cdot 10^3 \text{ J} \rightarrow 250 \text{ gram}$ is $2,5 \times 100 \text{ g}$ geeft $3,0125 \cdot 10^6 \text{ J}$
 - $\frac{9,196 \cdot 10^6}{3,0125 \cdot 10^6} = 3,0523 \text{ porties frites per dag}$

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

- 250 gram frites geeft $3,0125 \cdot 10^6$ J

- dit is $\frac{3,0125 \cdot 10^6}{4180} = 720,694$ kcal

- je moet $\frac{720,694}{600} = 1,2$ uur hardlopen

- in 1,2 uur leg je $1,2 \cdot 12 = 14,4$ km af

Zwaarte energie

4**

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

- $F = F_z = 800 \cdot 9,81 = 7848$ N | $s = 15$ m | $W = \dots$ N·m

- $W = F \cdot s$

- $W = 7848 \cdot 15 = 117720$ N·m

b Bereken de zwaarte energie die de steen heeft gekregen.

- $m = 800$ kg | $g = 9,81$ m/s² | $h = 15$ m

- $E_z = m \cdot g \cdot h$

- $E_z = 800 \cdot 9,81 \cdot 15 = 117720$ J = $1,18 \cdot 10^5$ J

c Bereken hoe hoog de steen is opgetild.

- $E_z = 200.000$ J | $m = 800$ kg | $g = 9,81$ m/s² | $h = \dots$ m

- $E_z = m \cdot g \cdot h$

- $200000 = 800 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 25,48$ m

5***

a Bereken de hoogte die de kar heeft gekregen.

- $E_z = 1000$ J | $m = 20$ kg | $h = \dots$ m

- $E_z = m \cdot g \cdot h$

- $1000 = 20 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 5,0968 = 5,1$ m

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

- 25 cm stijging per meter $\rightarrow$ voor iedere meter stijging leg je 4,0 m af

- $h = 5,0968$ m $\rightarrow s = 4 \cdot 5,0968 = 20,387$ m

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

- $W = E_k = 1000$ N·m | $s = 20,387$ m | $F = \dots$ N

- $W = F \cdot s$

- $1000 = F \cdot 20,387 \rightarrow F = 49,05 = 49$ N

Kinetische energie

6**

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

- km per uur $\rightarrow$ meter per seconde: deel door 3,6
- $v = \frac{160}{3,6} = 44,4444 \text{ m/s}$

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

- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_K = \frac{1}{2} \cdot 350.000 \cdot 44,444^2 \rightarrow E_K = 345679012 \text{ J} = 3,46 \cdot 10^8 \text{ J}$

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

- $v = \frac{80}{3,6} = 22,2222 \text{ m/s}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_K = \frac{1}{2} \cdot 350.000 \cdot 22,222^2 \rightarrow E_K = 86419753 = 8,64 \cdot 10^7 \text{ J}$

OOK GOED

- de snelheid is twee keer zo klein
- het kwadraat van de snelheid is vier keer zo klein
- $E_K = \frac{3,45679 \cdot 10^8}{4} = 8,64 \cdot 10^7 \text{ J}$

7***

a Bereken de kinetische energie van de bal tijdens het rollen.

- $s = 18,3 \text{ m} \mid t = 3,4 \text{ s} \mid v_{\text{gem}} = \dots \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 18,3 = v_{\text{gem}} \cdot 3,4 \rightarrow v_{\text{gem}} = 5,38235 \text{ m/s}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_K = \frac{1}{2} \cdot 4,5 \cdot (5,38235)^2 \rightarrow E_K = 65,18 \text{ J}$

b Hoe is de bowlingbal aan deze energie gekomen?

- bij het werpen van de bal is er arbeid verricht door de spierkracht
- deze arbeid is in de bal gebleven als kinetische energie

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

- $E_K = 65,1819 \text{ J} \mid s = 0,5 \text{ m} \mid F = \dots \text{ N}$
- $\Delta E_K = W = F \cdot s$
- $65,1819 = F \cdot 0,5 \rightarrow F = 130,364 = 130 \text{ N}$

8***

a Bereken de kinetische energie van de olietanker.

- $11,2 \text{ knopen} = 11,2 \cdot 1,852 = 20,7424 \text{ km/h}$
- $v = \frac{20,7424}{3,6} = 5,761778 \text{ m/s}$

- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $m = 280.000 \cdot 1000 \text{ kg} = 2,8 \cdot 10^8 \text{ kg}$
- $E_K = \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot 10^8 \cdot (5,761778)^2 \rightarrow E_K = 4,6477 \cdot 10^9 \text{ J}$

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

- in één seconde levert de man 600 J energie
- om $4,6477 \cdot 10^9 \text{ J}$ te leveren heeft hij $\frac{4,6477 \cdot 10^9}{600} = 7,7462 \cdot 10^6 \text{ s}$ nodig
- in 1 dag zitten $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86.400 \text{ s}$
- de man moet $\frac{7,7462 \cdot 10^6}{86400} = 89,655 = 90 \text{ dagen}$ (dag en nacht) duwen

9***

a Bereken de kinetische energie van de auto.

- $v = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m/s} \quad | \quad m = 1500 \text{ kg} \quad | \quad E_K = \dots \text{ J}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_K = \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot 25^2 = 4,6875 \cdot 10^5 \text{ J}$

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?

- $v = \frac{45}{3,6} = 12,5 \text{ m/s} \quad | \quad m = 1500 \text{ kg} \quad | \quad E_K = \dots \text{ J}$
 - $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
 - $E_K = \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot 25^2 = 1,171875 \cdot 10^5 \text{ J}$
 - $\frac{1,171875 \cdot 10^5}{4,6875 \cdot 10^5} = 0,25$
 - er is nog maar een kwart van de kinetische energie over $\rightarrow$ minder dan de helft
- OOK GOED
- $v_{\text{oud}} = 90 \text{ km/h} \quad | \quad v_{\text{nieuw}} = 45 \text{ km/h}$
 - $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
 - $v_{\text{nieuw}} = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{oud}} \rightarrow v_{\text{nieuw}}^2 = \frac{1}{4} \cdot v_{\text{oud}}^2$
 - er is nog maar een kwart van de kinetische energie over $\rightarrow$ minder dan de helft

c Leg uit waar de verdwenen E_K is gebleven.

- de verdwenen E_K is warmte geworden
- deze warmte ontstaat bij het remmen

d Leg uit of hierdoor E_K van de auto groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.

- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- de massa wordt kleiner en de snelheid blijft gelijk
- E_K wordt kleiner

10***

a Hoeveel arbeid heeft de motor verricht?

- $F = 1,0 \text{ N} \quad | \quad s = 0,80 \text{ m} \quad | \quad W = \dots \text{ N} \cdot \text{m}$
- $W = F \cdot s$
- $W = 1 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ N} \cdot \text{m}$

b Hoe groot is de eindsnelheid van het treintje?

- er is alleen kinetische energie want de trein rijdt niet omhoog
- $E_K = W = 0,8 \text{ J} \quad | \quad m = 0,2 \text{ kg} \quad | \quad v_{\text{eind}} = \dots \text{ m/s}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $0,8 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot v^2 \rightarrow v^2 = 8 \rightarrow v = 2,828 \text{ m/s}$

Zwaarte energie en kinetische energie

11***

a Hoe hoog vliegt de vogel boven de grond?

- $E_Z = 60 \text{ J} \quad | \quad m = 0,15 \text{ kg} \quad | \quad h = \dots \text{ m}$
- $E_Z = m \cdot g \cdot h$
- $60 = 0,15 \cdot 9,81 \cdot h \rightarrow h = 40,77 \text{ m}$

b Met welke snelheid vliegt de vogel?

- $E_{\text{totaal}} = E_Z + E_K \rightarrow 80 = 60 + E_K \rightarrow E_K = 20 \text{ J}$
- $E_Z = 20 \text{ J} \quad | \quad m = 0,15 \text{ kg} \quad | \quad v = \dots \text{ m/s}$
- $E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $20 = \frac{1}{2} \cdot 0,15 \cdot v^2 \rightarrow v^2 = 266,6667 \rightarrow v = 16,33 \text{ m/s}$

Veerenergie

12***

a Bereken de veerconstante van de veer.

- $u = 0,25 \text{ m} \quad | \quad E_{\text{veer}} = 3,0 \text{ J} \quad | \quad C = \dots \text{ N/m}$
- $E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} C \cdot u^2$
- $3 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot 0,25^2 \rightarrow C = 96 \text{ N/m}$

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

- $u = 0,40 \text{ m} \quad | \quad C = 96 \text{ N/m} \quad | \quad E_{\text{veer}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} C \cdot u^2 \rightarrow E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} \cdot 96 \cdot 0,4^2 = 7,68 \text{ J}$

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

- 25 cm uitrekken kost 3,0 J energie
- 50 cm uitrekken $\rightarrow$ u wordt twee keer zo groot
- u^2 wordt vier keer zo groot $\rightarrow E_{\text{veer}}$ wordt vier keer groter
- $E_{\text{veer}} = 4 \cdot 3 = 12 \text{ J}$

Wet van behoud van energie

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

- zwaarte energie wordt omgezet in kinetische energie
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ met $E_{\text{in}} = 0$ en $E_{\text{uit}} = 0$
- $E_Z = E_K \rightarrow m \cdot 9,81 \cdot 0,75 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ **m wegstrepen**
- $9,81 \cdot 0,75 = \frac{1}{2} \cdot v^2 \rightarrow v = 3,836 = 3,8 \text{ m/s}$

14** a Hoe hoog komt de bal.

- kinetische energie wordt omgezet in zwaarte energie
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ met $E_{\text{in}} = 0$ en $E_{\text{uit}} = 0$
- $E_K = E_Z \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot 8^2 = m \cdot 9,81 \cdot h$ **m wegstrepen**
- $32 = 9,81 \cdot h \rightarrow h = 3,26 \text{ m}$

b Met welke snelheid valt de bal op de grond?

- energie gaat niet verloren (wet van behoud van energie)
- de bal komt met dezelfde snelheid op de grond $\rightarrow 8,0 \text{ m/s}$

+ c Hoe hoog is het dak van de schuur?

- zwaarte energie wordt voor een deel omgezet in kinetische energie
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ met $E_{\text{in}} = 0$ en $E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{Z \text{ begin}} = E_{K \text{ eind}} + E_{Z \text{ eind}} \rightarrow m \cdot 9,81 \cdot 3,26 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 4^2 + m \cdot 9,81 \cdot h$ **m wegstrepen**
- $9,81 \cdot 3,26 = \frac{1}{2} \cdot 4^2 + 9,81 \cdot h \rightarrow 32 = 8 + 9,81 \cdot h$
- $24 = 9,81 \cdot h \rightarrow h = 2,45 \text{ m}$

15*** a Bereken E_{uit} (de arbeid van de wrijvingskracht).

- $E_{\text{uit}} = W = F_W \cdot s$
- $E_{\text{uit}} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ J}$

b Bereken de snelheid waarmee de steen op de grond valt.

- zwaarte energie wordt omgezet in kinetische energie plus warmte
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} + E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}}$ met $E_{\text{in}} = 0$ en $E_{\text{uit}} = 15 \text{ J}$
- $E_Z - E_{\text{uit}} = E_K$
- $2 \cdot 9,81 \cdot 5 - 15 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot v^2 \rightarrow v^2 = 98,1 - 15 = 83,1 \rightarrow v = 9,116 = 9,1 \text{ m/s}$

16** a Hoeveel is zijn zwaartepunt hierbij omhoog gegaan?

- $E = 1000 \text{ J} \mid v_{\text{eind}} = 0 \text{ m/s} \mid h_{\text{begin}} = 0 \text{ m} \mid h_{\text{eind}} = \dots \text{ m}$
- $E_{\text{eind}} = E_Z = m \cdot g \cdot h_{\text{eind}}$
- $1000 = 98 \cdot 9,81 \cdot h_{\text{eind}} \rightarrow h_{\text{eind}} = 1,04017 = 1,0 \text{ m}$

b Hoeveel kinetische energie had hij toen hij los kwam van de grond?

- $E_{\text{begin}} = E_K \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_Z$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \quad \text{met} \quad E_{\text{in}} = 0 \quad \text{en} \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{K \text{ begin}} = E_{Z \text{ eind}} = 1000 \text{ J}$

c Met welke snelheid kwam hij los van de grond?

- $\frac{1}{2} m \cdot v_{\text{begin}}^2 = E_{Z \text{ eind}} = 1000 \text{ J}$
- $\frac{1}{2} \cdot 98 \cdot v_{\text{begin}}^2 = 1000 \rightarrow v_{\text{begin}} = 4,51754 = 4,5 \text{ m/s}$

d Beredeneer met welke snelheid hij weer op de grond landt.

- als hij landt heeft hij evenveel kinetische energie bij het loskomen
- hij landt met een snelheid van 4,5 m/s

17****

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

- $E_{\text{begin}} = E_Z = m \cdot g \cdot h \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \quad \text{met} \quad E_{\text{in}} = 0 \quad \text{en} \quad E_{\text{uit}} = 0$
- $E_{\text{begin}} = E_{\text{eind}} \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \text{m wegstrepen}$
- $g \cdot h = \frac{1}{2} v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$
- $v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8,0} = 12,5 \text{ m/s}$

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

- omdat er geen wrijving is speelt de lengte van de helling geen rol
- $v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8,0} = 12,5 \text{ m/s}$

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

- $E_{\text{begin}} = E_Z = m \cdot g \cdot h \quad | \quad E_{\text{eind}} = E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
- $E_{\text{uit}} = F_W \cdot s \rightarrow E_{\text{uit}} = F_W \cdot 50$
- $E_{\text{begin}} + E_{\text{in}} - E_{\text{uit}} = E_{\text{eind}} \quad \text{met} \quad E_{\text{in}} = 0 \quad \text{en} \quad E_{\text{uit}} = F_W \cdot 50$
- $65 \cdot 9,81 \cdot 8 - F_W \cdot 50 = \frac{1}{2} 65 \cdot 10^2 \rightarrow 5101,2 - F_W \cdot 50 = 3250$
- $F_W \cdot 50 = 5101,2 - 3250 = 1851,2 \rightarrow F_W = \frac{1851,2}{50} = 37,024 = 37 \text{ N}$

4.3 Vermogen en rendement

Vermogen

1*

a Hoeveel arbeid heb je geleverd?

- $F = 90 \text{ N}$ | $s = 1000 \text{ m}$ | $W = \dots \text{ J}$
- $W = F \cdot s \rightarrow W = 90 \cdot 1000 = 90000 \text{ J}$

b Hoe groot is je vermogen?

- $W = 90000 \text{ J}$ | $t = 20 \cdot 60 = 1200 \text{ s}$ | $P = \dots \text{ W}$
- $E = P \cdot t$ met $E = W$
- $90000 = P \cdot 1200 \rightarrow P = 75 \text{ W}$

2*

a Hoeveel energie kost het kloppen van slagroom?

- 5 minuten = $5 \cdot 60 = 300 \text{ s}$
- $E = P \cdot t$
- $E = 450 \cdot 300 = 135.000 \text{ J}$

3**

a Hoelang duurt het verwarmen van de kamer als de kachel op stand 2 staat?

- $E = 5,0 \cdot 10^6 \text{ J}$ | $P = 1250 \text{ W}$ | $t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t$
- $5,0 \cdot 10^6 = 1250 \cdot t \rightarrow t = 4000 \text{ s}$

b Hoelang duurt het verwarmen van de kamer als beide standen aanstaan?

- $E = 5,0 \cdot 10^6 \text{ J}$ | $P = 2000 \text{ W}$ | $t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t$
- $5,0 \cdot 10^6 = 2000 \cdot t \rightarrow t = 2500 \text{ s}$

c Hoeveel energie gebruikt de kachel dan per uur?

- $P = 750 \text{ W}$ | $t = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t$
- $E = 750 \cdot 3600 \rightarrow E = 2,7 \cdot 10^6 \text{ J}$

4**

a Hoeveel meter is de last in 5,0 seconde omhoog getild?

- $E = P \cdot t \rightarrow E = 7500 \cdot 5 = 37500 \text{ J}$
- $F = F_z = m \cdot g \rightarrow F = 1000 \cdot 9,81 = 9810 \text{ N}$
- $W = F \cdot s \rightarrow 37500 = 9810 \cdot s \rightarrow s = 3,82263 = 3,8 \text{ m}$

b Welke snelheid heeft de last bij het optillen?

- $s = 3,82263 \text{ m} \quad | \quad t = 5,0 \text{ s} \quad | \quad v_{\text{gem}} = \dots \text{ m/s}$
- $s = v_{\text{gem}} \cdot t \rightarrow 3,82263 = v_{\text{gem}} \cdot 5 \rightarrow v_{\text{gem}} = 0,764526 = 0,76 \text{ m/s}$

5***

a Hoeveel chemische energie heeft het waxinelichtje?

- $15 \text{ gram} = 0,015 \text{ kg}$
- verhoudingstabel:

kilogram	1	0,015
joule	$40 \cdot 10^6$	x
- kruislings vermenigvuldigen: $x = 0,015 \cdot 40 \cdot 10^6 = 6,0 \cdot 10^5 \text{ J}$

b Hoe groot is het vermogen van de vlam van het waxinelichtje?

- $E = 6,0 \cdot 10^5 \text{ J} \quad | \quad t = 4 \cdot 60 \cdot 60 = 1,44 \cdot 10^4 \text{ s} \quad | \quad P = \dots \text{ W}$
- $E = P \cdot t$
- $6,0 \cdot 10^5 = P \cdot 1,44 \cdot 10^4 \rightarrow P = 41,666 = 41,7 \text{ W}$

6***

a Hoe groot is het vermogen van het paard?

- in 1 seconde legt het paard 3,0 meter af
- de arbeid in 1 seconde is $W = F \cdot s \rightarrow W = 250 \cdot 3 = 750 \text{ J}$
- $E = P \cdot t$ met $E = W$
- $750 = P \cdot 1 \rightarrow P = 750 \text{ W}$

b Leg uit waarom de naam paardenkracht misleidend is.

- paardenkracht is een eenheid van vermogen en is helemaal geen kracht

Kilowattuur (kWh)

7***

a Hoeveel kWh elektrische energie levert een zonnepanel van 1 m^2 per jaar?

- $P = 200 \text{ W} = 0,20 \text{ kW} \quad | \quad t = 850 \text{ uur} \quad | \quad E = \dots \text{ kWh}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 0,2 \cdot 850 = 170 \text{ kWh per jaar}$

b Hoeveel moet de totale oppervlakte zijn van de zonnepanelen?

- één m^2 levert 170 kWh per jaar
- om 3400 kWh op te wekken zijn $\frac{3400}{170} = 20 \text{ m}^2$ aan zonnepanelen nodig

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

- de zonnepanelen wekken 3400 kWh per jaar op
- de besparing per jaar is $3400 \cdot 0,40 = 1360 \text{ euro}$

8*****a** Hoeveel joule energie is in deze accu opgeslagen?

- $500 \text{ Wh} = 0,50 \text{ kWh}$ en $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $500 \text{ Wh} = 0,5 \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J}$

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

- 100 Wh voor 12 km
- met 500 Wh kom je $5 \cdot 12 = 60 \text{ km}$

c Hoeveel kracht levert de elektromotor gemiddeld bij het fietsen?

- $E = 100 \text{ Wh} = 0,10 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ J}$ | $s = 12 \text{ km} = 12000 \text{ m}$ | $F = \dots \text{ N}$
- $W = F \cdot s \rightarrow 3,6 \cdot 10^5 = F \cdot 12000 \rightarrow F = 30 \text{ N}$

9*****a** Hoeveel kWh is het gemiddelde aardgasverbruik in Nederland.

- $1300 \cdot 32 \cdot 10^6 = 4,16 \cdot 10^{10} \text{ J}$ per jaar
- dit is $\frac{4,16 \cdot 10^{10}}{3,6 \cdot 10^6} = 1,15556 \cdot 10^4 \text{ kWh}$ per jaar

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

- één m^3 aardgas geeft $32 \cdot 10^6 \text{ J} = \frac{32 \cdot 10^6}{3,6 \cdot 10^6} = 8,88889 \text{ kWh}$
- de aardgasprijs per kWh is $\frac{2,1}{8,88889} = 0,236 \text{ euro}$
- verwarmen met elektriciteit is twee keer zo duur als verwarmen met aardgas

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

- met een warmtepomp wordt verwarmen met elektriciteit 4 keer zo goedkoop
- verwarmen met een warmtepomp is twee keer zo goedkoop als verwarmen met aardgas

10*****a** Hoeveel uur draait een windmolen per jaar?

- $E = 6,6 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ | $P = 3,0 \cdot 10^6 \text{ W} = 3,0 \cdot 10^3 \text{ kW}$ | $t = \dots \text{ h}$
- $E = P \cdot t$ **E in kWh, P in kW en t in uur**
- $6,6 \cdot 10^6 = 3 \cdot 10^3 \cdot t \rightarrow t = 2200 \text{ uur per jaar}$

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

- één windmolen levert $6,6 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ per jaar
- dit is genoeg voor $\frac{6,6 \cdot 10^6}{3,0 \cdot 10^3} = 2200$ gezinnen

- c Hoeveel moderne windmolens zijn er nodig om de elektriciteit voor al de ze gezinnen met windmolens op te wekken?
- één windmolen lever elektriciteit voor 2200 gezinnen
 - er zijn $\frac{4,84 \cdot 10^6}{2200} = 2200$ windmolens nodig

Rendement

11**

a Hoeveel arbeid levert de motor van de scooter?

- $E_{\text{nut}} = W = F \cdot s$
- $E_{\text{nut}} = 100 \cdot 25.000 = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J}$

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

- van scooter gebruikt $4,0 \cdot 10^6 \text{ J}$ energie waarvan $2,5 \cdot 10^6 \text{ J}$ nuttig is
- $\frac{2,5 \cdot 10^6}{4,0 \cdot 10^6} \cdot 100\% = 62,5\%$ wordt nuttig gebruikt

12***

a Hoeveel energie neemt de waterpomp per seconde op?

- $E_{\text{in}} = 3,0 \cdot 10^6 \text{ J} \quad | \quad t = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ s}$
- $P = \frac{E}{t} \rightarrow P_{\text{in}} = \frac{3,0 \cdot 10^6}{1800} = 1667 \text{ W}$

b Hoeveel arbeid levert de waterpomp per seconde?

- $m = 25 \cdot 10^3 \text{ kg} \quad | \quad h = 6,0 \text{ m} \quad | \quad t = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ s} \quad | \quad P_{\text{nut}} = \dots \text{ W}$
- $E_{\text{nut}} = E_Z = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{\text{nut}} = 25 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 6 = 1,4715 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 1,4715 \cdot 10^6 = P \cdot 1800 \rightarrow P_{\text{nut}} = 817,5 \text{ W}$

c Hoeveel procent van de elektrische energie wordt nuttig gebruikt?

- $P_{\text{nut}} = 817,5 \text{ W} \quad | \quad P_{\text{in}} = 1667 \text{ W}$
- $\frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}} = \frac{817,5}{1667} \cdot 100\% = 49\%$

13****

a Hoelang heeft Simon nodig om boven te komen?

- hoogte per minuut: $90 \cdot 0,2 = 18 \text{ m}$
- $\frac{72}{18} = 4,0$ minuten heeft Simon nodig

b Hoeveel nuttige energie hebben Simons spieren geleverd?

- $m = 50 \text{ kg} \quad | \quad h = 72 \text{ m} \quad | \quad E_{\text{nut}} = \dots \text{ J}$
- $E_{\text{nut}} = E_Z = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{\text{nut}} = 50 \cdot 9,81 \cdot 72 = 35316 \text{ J}$

c Hoeveel vermogen hebben de spieren van Simon?

- $E = 35316 \text{ J}$ | $t = 4 \cdot 60 = 240 \text{ s}$ | $P = \dots \text{ W}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 35316 = P \cdot 240 \rightarrow P = 147,15 \text{ W}$

d Hoeveel energie hebben Simons spieren gebruikt?

- $E_{\text{nut}} = 35316 \text{ J}$
- $E_{\text{in}} = 4 \cdot E_{\text{nut}}$
- $E_{\text{in}} = 4 \cdot 35316 = 1,41264 \cdot 10^5 \text{ J}$

e Is één pizzapunt genoeg om de verbruikte energie weer aan te vullen?

- totaal verbruikte energie: $2 \cdot 1,41264 \cdot 10^5 = 2,82528 \cdot 10^5 \text{ J}$
- één pizza is $4 \cdot 250 = 1000 \text{ kcal} \rightarrow \frac{1}{8} \text{ pizza} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ kcal}$
- $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J} \rightarrow 125 \text{ kcal} = 125000 \cdot 4,184 = 5,23 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $5,23 \cdot 10^5 \text{ J}$ is meer dan $2,82528 \cdot 10^5 \text{ J}$ dus één pizzapunt ($\frac{1}{8}$ pizza) is genoeg

4.4 Warmte

Warmte

- 1****
- a** Waar bevindt zich de inwendige energie?
 - overall binnen in het voorwerp
 - b** Waaruit bestaat inwendige energie?
 - uit "veerenergie" en uit kinetische energie van alle atomen
 - c** Wat veroorzaakt temperatuur?
 - de kinetische energie van de atomen
 - d** Wat is het verschil tussen warmte en temperatuur?
 - warmte is arbeid die als inwendige energie wordt opgeslagen
 - temperatuur geeft aan hoe hard de atomen trillen

Fase overgangen

- 2****
- a** Hoe heet de overgang van de vaste fase naar de gasfase.
 - sublimeren
 - b** Hoe heet de overgang van de gasfase naar de vaste fase?
 - rijpen
- 3****
- a** Leg uit hoe hierbij sneeuw ontstaat.
 - waterdamp is de gasfase van water en als dit snel afkoelt rijpt het en ontstaat er sneeuw
 - b** Bij welke fase-overgang ontstaat er hagel?
 - als vloeibaar water afkoelt en stolt
 - c** Bij welke fase-overgang ontstaat er sneeuw?
 - als gasvormig water afkoelt en rijpt
- 4****
- a** Leg uit waar het water is gebleven.
 - het water is verdampt (vloeibaar → gas)
 - b** Geef twee manieren om het proces van drogen te versnellen.
 - de temperatuur verhogen
 - de lucht laten stromen door te ventileren, zodat de gevormde waterdamp snel wordt afgevoerd en niet kan condenseren tot water

5**

a Leg uit waardoor dit wordt veroorzaakt.

- waterdamp koelt af tot waterdruppels

b Hoe heet dit proces?

- condenseren

6**

a Leg uit hoe deze strepen ontstaan.

- waterdamp uit de vliegtuigmotor condenseert eerst tot water en stolt daarna tot ijs
- er ontstaan kleine ijskristallen die zichtbaar zijn als witte strepen

b Leg uit waarom deze strepen na een poosje weer verdwijnen.

- de ijskristallen verspreiden en sublimeren na een tijdje (vast → gas)

7**

a Leg uit of de temperatuur waarbij water stolt hoger of lager wordt door het oplossen van zout.

- het kost meer moeite om van de vloeibare naar de vaste fase te gaan
- de temperatuur waarbij zout water stolt is lager

b Noem een toepassing van dit verschijnsel in het dagelijkse leven.

- in de winter wordt er zout op de weg gestrooid zodat het water bij een lagere temperatuur stolt en er dus minder makkelijk ijs ontstaat

Dichtheid

8**

a Bereken de massa van het blokje.

- $\rho = 2,70 \text{ g/cm}^3$ | $V = 16 \text{ cm}^3$ | $m = \dots \text{ g}$

- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V$

- $m = 2,7 \cdot 16 = 43,2 \text{ gram}$

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

- de dichtheid is een eigenschap van een stof
- het maakt niet uit hoe groot het volume is
- geen van beiden hebben gelijk

9**

a Beredeneer zonder berekening welke van de blokjes het zwaarst weegt.

- opzoeken dichtheid → tin: $\rho = 7,31 \text{ g/cm}^3$ | zink: $\rho = 7,2 \text{ g/cm}^3$
- zelfde volume
- blokje tin weegt het zwaarst

b Bereken de massa van de blokjes.

- tin: $\rho = 7,31 \text{ g/cm}^3$ | $V = 12 \text{ cm}^3$ | $m = \dots \text{ g}$

- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,31 \cdot 12 = 87,7 \text{ gram}$
- zink: $\rho = 7,2 \text{ g/cm}^3 \mid V = 12 \text{ cm}^3 \mid m = \dots \text{g}$
- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,2 \cdot 12 = 86,4 \text{ gram}$

10***

a Welke van de blokjes weegt het zwaarst?

- opzoeken dichtheid $\rightarrow$ goud: $\rho = 19,3 \text{ g/cm}^3 \mid$ ijzer: $\rho = 7,87 \text{ g/cm}^3$
- stel volume goud is $1 \text{ cm}^3 \rightarrow m = 19,3 \text{ gram}$
- volume ijzer is $2 \cdot 1 = 2 \text{ cm}^3 \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,87 \cdot 2 = 15,74 \text{ gram}$
- het blokje goud weegt het zwaarst

b Bereken de massa van blokje 2.

- volume ijzer is $2 \cdot 3 = 6 \text{ cm}^3$
- $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 7,87 \cdot 6 = 47,22 \text{ gram}$

11**

a Bereken de massa van de staaf in gram.

- $V = 200 \text{ cm}^3 \mid \rho = 7,87 \text{ g/cm}^3 \mid m = \dots \text{gram}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V$
- $m = 7,87 \cdot 200 = 1574 \text{ gram}$

b Hoeveel kg is deze staaf?

- er zitten 1000 gram in 1 kg
- $1574 \text{ gram} = 1,574 \text{ kg}$

c Bereken het volume van deze staaf.

- $\rho = 7,87 \text{ g/cm}^3 \mid m = 5,0 \text{ kg} = 5000 \text{ g} \mid V = \dots \text{cm}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$
- $V = \frac{5000}{7,87} = 635 \text{ cm}^3$

12**

a Hoe lang is het balkje?

- $b = 1,5 \text{ cm} \mid h = 3 \text{ cm} \mid V = 27 \text{ cm}^3 \mid \ell = \dots \text{cm}$
- $V = \text{breedte} \times \text{hoogte} \times \text{lengte}$
- $27 = 1,5 \cdot 3 \cdot \ell \rightarrow \ell = \frac{27}{4,5} = 6 \text{ cm}$

b Hoeveel massa heeft het balkje?

- $\rho = 8,96 \text{ g/cm}^3 \mid V = 27 \text{ cm}^3 \mid m = \dots \text{gram}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 8,96 \cdot 27 = 242 \text{ gram}$

13*****a** Bereken de lengte van deze plank.

- alles omrekenen naar centimeter
- $7 \text{ mm} = 0,7 \text{ cm}$
- $1,5 \text{ dm}^3 = 1500 \text{ cm}^3$ **vermenigvuldig met 1000**
- $V = b \cdot h \cdot \ell \rightarrow 1500 = 12 \cdot 0,7 \cdot \ell \rightarrow \ell = 179 \text{ cm}$

b Bereken de massa van deze plank.

- $\rho_{\text{eikenhout}} = 0,78 \text{ g/cm}^3 \mid V = 1500 \text{ cm}^3 \mid m = \dots \text{ kg}$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 0,78 \cdot 1500 = 1170 \text{ gram} = 1,17 \text{ kg}$

c Bereken het volume van deze andere plank.

- twee keer zo dik en twee keer zo breed $\rightarrow$ het volume wordt 4 keer zo groot
- $4 \cdot 1,5 \text{ dm}^3 = 6 \text{ dm}^3 = 6000 \text{ cm}^3$

d Bereken de massa van deze andere plank.

- het volume is 4 keer zo groot dus de massa is ook 4 keer zo groot
- $m = 4 \cdot 1,17 = 4,68 \text{ kg}$

14*****a** Bereken de massa van deze draad.

- alle maten in centimeter: $r = 0,15 \text{ cm} \mid \ell = 1500 \text{ cm} \mid V = \dots \text{ cm}^3$
- inhoud cilinder: $V = \pi r^2 \cdot \ell$
- $V = \pi \cdot 0,15^2 \cdot 1500 = 106,029 \text{ cm}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 8,96 \cdot 106,029 = 950,018 \text{ gram} = 0,950 \text{ kg}$

b Bereken de dichtheid van deze draad.

- de dichtheid is een stoffeigenschap en hangt niet af van de vorm of van het volume
- de dichtheid blijft $8,96 \text{ g/cm}^3$

c Bereken de massa van deze draad.

- twee keer zo dik $\rightarrow r = 0,30 \text{ cm}$
 - twee keer zo lang $\rightarrow \ell = 3000 \text{ cm}$
 - $V = \pi r^2 \cdot \ell \rightarrow V = \pi \cdot 0,3^2 \cdot 3000 = 848,23 \text{ cm}^3$
 - $m = \rho \cdot V \rightarrow m = 8,96 \cdot 848,23 = 7600,14 \text{ gram} = 7,6 \text{ kg}$
- MERK OP** de draad heeft precies 8 keer zoveel massa

15*****a** Bereken de straal van deze cilinder.

- $m = 1000 \text{ g} \mid \rho = 2,70 \text{ g/cm}^3 \mid V = \dots \text{ cm}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} \rightarrow V = \frac{1000}{2,70} = 370,37 \text{ cm}^3$
- $V = \pi r^2 \cdot \ell \rightarrow 370,37 = \pi r^2 \cdot 10 \rightarrow r^2 = \frac{370,37}{\pi \cdot 10} = 11,79 \rightarrow r = 3,434 \text{ cm}$

16****a** Bereken de massa van een granieten aanrechtblad met bovenstaande afmetingen.

- $\ell = 310 \text{ cm} \mid b = 60 \text{ cm} \mid d = 4,5 \text{ cm} \mid V = \dots \text{ cm}^3$
- $V = \ell \cdot b \cdot d \rightarrow V = 310 \cdot 60 \cdot 4,5 \rightarrow V = 83700 \text{ cm}^3$ *alle maten in cm*
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 2,7 = \frac{m}{83700} \rightarrow m = 2,7 \cdot 83700 = 225990 \text{ gram}$
- $m = \frac{225990}{1000} = 225,99 = 226 \text{ kg}$

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

- $d = 5 \text{ cm} \mid b = 10 \text{ cm} \mid \ell = 20 \text{ cm} \mid V = \dots \text{ cm}^3$
- $V = \ell \cdot b \cdot d \rightarrow V = 20 \cdot 10 \cdot 5 \rightarrow V = 1000 \text{ cm}^3$ *alle maten in cm*
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 1,8 = \frac{m}{1000} \rightarrow m = 1800 \text{ g} \rightarrow m = \frac{1800}{1000} = 1,8 \text{ kg}$
- 500 kg maximaal: $\frac{500}{1,8} = 277,778$
- maximaal 277 stenen *naar beneden afronden*

18*****a** Bereken het volume van de verf.

- $m = 6,0 \text{ kg} = 6000 \text{ g} \mid \rho = 2,4 \text{ g/cm}^3 \mid V = \dots \text{ cm}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow 2,4 = \frac{6000}{V} \rightarrow V = \frac{6000}{2,4} = 2500 \text{ cm}^3$

b Bereken de dikte van de aangebrachte verflaag in millimeter.

- $V = 2500 \text{ cm}^3 \mid A = 5 \text{ m}^2 = 50000 \text{ cm}^2 \mid d = \dots \text{ cm}$
- volume is oppervlakte keer dikte $V = A \cdot d$
- $2500 = 50000 \cdot d \rightarrow d = 0,05 \text{ cm} \rightarrow d = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ mm}$

4.5 Transport van warmte

Warmtegeleiding

1**

- a De temperatuur van het blad is gelijk aan die van de poten.
- **waar** → warmte stroomt van plaatsen met een hoge T naar de plaatsen met een lage temperatuur
 - na een tijd verdwijnt hierdoor het temperatuurverschil
- b Wat je met je handen voelt zegt niets over de temperatuur, omdat je zenuwen daar ongevoelig voor zijn.
- **niet waar** → je handen zijn gevoelig voor temperatuur.
- c Metaal voelt altijd kouder aan dan hout.
- **niet waar** → metaal neemt veel sneller warmte op dan hout
 - bij $T_{\text{metaal}} < 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ worden je handen snel afgekoeld, waardoor het koud aanvoelt
 - bij $T_{\text{metaal}} > 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ worden je handen snel opgewarmd, waardoor het warm aanvoelt
- d Ook als de temperatuur in het lokaal hoger is dan $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ voelen de poten kouder aan dan het blad.
- **niet waar** → dan zullen de poten juist warmer aanvoelen dan het houten blad

2**

- a Leg uit waarom je hand niet verbrandt als je het broodje aanraakt en wel als je de wand aanraakt.
- de metalen ovenwand geeft veel sneller warmte af dan een broodje
 - handen worden door metaal met $T = 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ heel snel opgewarmd
 - bij een broodje met $T = 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ duurt het opwarmen van je handen langer

3**

- a Leg uit waarom de dubbele wand ervoor zorgt dat de thee langer warm blijft.
- de thee blijft langer warm omdat er minder warmte naar de omgeving gaat
- b Leg uit waarom de thee in beker A sneller afkoelt dan de thee in beker B.
- de thee in beker A koelt sneller af omdat het oppervlak met de lucht groter is
- c Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erover blaast.
- als je blaast voer je koude lucht aan, waardoor het temperatuurverschil tussen de thee en de lucht groter is
 - door een groter temperatuurverschil stroomt er per seconde meer warmte naar de lucht
- d Leg uit waarom de thee sneller afkoelt als je erin roert.
- als je roert voer je hete thee aan waardoor het temperatuurverschil tussen de thee en de lucht groter is
 - bij een groter temperatuurverschil stroomt er per seconde meer warmte naar de lucht

Warmtestroming

4**

- a** Leg uit waarom warmtestroming niet mogelijk is in een vaste stof.
- in een vaste stof kunnen atomen niet over een grote afstand bewegen
- b** Leg uit of warmtestroming door een wand mogelijk is.
- atomen of moleculen kunnen niet door een wand en warmtestroming is daarom niet mogelijk
- c** Leg uit hoe je warmtestroming kan verminderen.
- door ervoor te zorgen dat de atomen of moleculen minder goed kunnen bewegen
- d** Leg uit hoe je warmtestroming kan vermeerderen.
- door te roeren of een ventilator aan te zetten

5**

- a** Leg uit dat het dons ervoor zorgt dat er minder warmtestroming is.
- door het dons kan de lucht niet makkelijk bewegen
 - warmtestroming wordt hierdoor moeilijker
- b** Leg uit dat er warmtegeleiding door de lucht tussen het dons plaatsvindt.
- moleculen in de lucht botsen tegen elkaar
 - hierdoor dragen de moleculen kinetische energie aan elkaar over

6**

- a** Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtegeleiding naar de lucht.
- omdat het contactoppervlak met de lucht groot is gaat er per seconde veel warmte van de radiator naar de lucht
- b** Leg waarom deze vorm van de radiator zorgt voor veel warmtestroming van de lucht.
- omdat de lucht makkelijk tussen de buizen kan stromen wordt de verwarmde lucht snel afgevoerd
- b** Leg dit uit.
- de lucht kan nu moeilijker tussen de buizen stromen waardoor de warmtestroming afneemt

Warmtestraling

7**

- a** Leg uit waarom er buiten geen radiator wordt gebruikt en binnen wel.
- een radiator verwarmt de lucht door warmtegeleiding en warmtestroming
 - buiten zal de warme lucht wegstromen van het terras en dan heb je er niets aan
 - bij warmtestraling wordt niet de lucht verwarmd en wel de mensen op het terras

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

- $P = 15 \cdot 2000 = 30000 \text{ W}$ | $t = 6 \cdot 60 \cdot 60 = 21600 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 30000 \cdot 21600 = 6,48 \cdot 10^8 \text{ J}$

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

- energie in kWh: $E(\text{kWh}) = \frac{6,48 \cdot 10^8}{3,6 \cdot 10^6} = 180 \text{ kWh}$
- dit kost $180 \cdot 0,4 = 72$ euro per dag

8**

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

- tussen de zon en de aarde zit lege ruimte, zodat warmtegeleiding en warmtestroming niet mogelijk zijn
- alleen warmtestraling kan door de lege ruimte van de zon naar de aarde gaan en zorgt voor de opwarming en de afkoeling van de aarde

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

- als de aarde gemiddeld meer warmte ontvangt dan het uitzendt neemt de temperatuur toe
- als de aarde gemiddeld minder warmte ontvangt dan het uitzendt neemt de temperatuur af
- als de gemiddelde temperatuur constant is moet de aarde evenveel warmte ontvangen als uitzenden

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

- de aarde straalt infrarood licht uit
- dit licht verdwijnt niet in de ruimte maar wordt teruggekaatst
- de aarde ontvangt niet alleen warmte van de zon maar ook de teruggekaatste warmte
- de aarde ontvangt meer warmte dan het uitzendt waardoor de gemiddelde temperatuur van de aarde toeneemt

4.6 Warmte opnemen en warmte afstaan

1**

a Hoeveel warmte heeft het blokje opgenomen?

- $m = 50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$ | $\Delta T = 80 - 20 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- opzoeken magnesium $c = 1026 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 1026 \cdot 0,05 \cdot 60 = 3078 \text{ J}$

b Hoeveel warmte heeft het blokje opgenomen?

- opzoeken dichtheid magnesium $\rho = 1,74 \text{ g/cm}^3$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 1,74 \cdot 50 = 87 \text{ gram} = 0,087 \text{ kg}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 1026 \cdot 0,087 \cdot 60 = 5355,72 \text{ J}$

2**

a Hoeveel warmte heeft het water opgenomen?

- $1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3 \rightarrow m = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ gram} = 1,0 \text{ kg}$
- $c = 4180 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ | $m = 1 \text{ kg}$ | $\Delta T = 100 - 10 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4180 \cdot 1 \cdot 90 = 3,762 \cdot 10^5 \text{ J}$

b Hoeveel minuten duurt het voordat het water kookt?

- $E = 3,762 \cdot 10^5$ | $P = 2100 \text{ W}$ | $t = \dots \text{ s}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 3,762 \cdot 10^5 = 2100 \cdot t \rightarrow t = 179,14 \text{ s}$
- $t = \frac{179,14}{60} = 2,98571 = 3,0 \text{ minuten}$

3**

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

- $10 \text{ liter} = 10000 \text{ cm}^3 \rightarrow m = 1 \cdot 10000 = 10000 \text{ gram} = 10 \text{ kg}$
- $c = 4180 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ | $m = 10 \text{ kg}$ | $\Delta T = 85 - 10 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4180 \cdot 10 \cdot 75 = 3,135 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 3,135 \cdot 10^6 = 2200 \cdot t \rightarrow t = 1425 \text{ s}$

b Welke temperatuur heeft het water na 15 minuten?

- $P = 2200 \text{ W}$ | $t = 15 \cdot 60 = 900 \text{ s}$ | $E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 2200 \cdot 900 = 1,98 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $Q = 1,98 \cdot 10^6 \text{ J}$ | $c = 4180 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ | $m = 10 \text{ kg}$ | $\Delta T = \dots \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 1,98 \cdot 10^6 = 4180 \cdot 10 \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = 47,3684 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{\text{nieuw}} = T_{\text{oud}} + \Delta T \rightarrow T_{\text{nieuw}} = 10 + 47,3684 = 57 \text{ }^\circ\text{C}$

4****a** Bepaal de soortelijke warmte van stof A.

- stof A: het kost 50.000 J om $50 - 10 = 40$ °C te verwarmen
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 50000 = c \cdot 0,5 \cdot 40 \rightarrow c = 2500 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

b Bepaal de soortelijke warmte van stof B.

- stof B: het kost 50.000 J om $35 - 10 = 25$ °C te verwarmen
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 50000 = c \cdot 0,5 \cdot 25 \rightarrow c = 4000 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

5*****a** Bereken de temperatuur van de pan met water na 1 minuut op het fornuis.

- $P = 3000 \text{ W} \mid t = 60 \text{ s} \mid E = \dots \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow E = 3000 \cdot 60 = 1,8 \cdot 10^5 \text{ J}$
- $Q_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m \cdot \Delta T$ met $c_{\text{water}} = 4180 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$
- $Q_{\text{pan}} = c_{\text{rvs}} \cdot m \cdot \Delta T$ met $c_{\text{rvs}} = 460 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$
- $E = Q_{\text{water}} + Q_{\text{pan}}$
- $1,8 \cdot 10^5 = 4180 \cdot 2,5 \cdot \Delta T + 460 \cdot 1,5 \cdot \Delta T$ ΔT buiten haakjes halen
- $1,8 \cdot 10^5 = (4180 \cdot 2,5 + 460 \cdot 1,5) \cdot \Delta T = 11140 \cdot \Delta T$
- $\Delta T = \frac{1,8 \cdot 10^5}{11140} = 16,158 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{\text{nieuw}} = T_{\text{oud}} + \Delta T \rightarrow T_{\text{nieuw}} = 10 + 16,158 = 26,158 = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$

b Bereken hoelang het duurt voordat het water kookt.

- $E = Q_{\text{water}} + Q_{\text{pan}}$ met $\Delta T = 100 - 10 = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $Q = 4180 \cdot 2,5 \cdot 90 + 460 \cdot 1,5 \cdot 90 \rightarrow Q = 1,0026 \cdot 10^6 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 1,0026 \cdot 10^6 = 3000 \cdot t \rightarrow t = 334,2 \text{ s}$

OOK GOED

- in 1 minuut stijgt de temperatuur met 16,158 °C
- verhoudingstabel:

°C	16,158	90
s	60	x

- $x = \frac{60 \cdot 90}{16,158} = 334,2 \text{ s}$

6*****a** Hoelang duurt het opwarmen minimaal?

- $c_{\text{water}} = 4180 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \mid m = 0,175 \text{ kg} \mid \Delta T = 90 - 15 = 75 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $Q_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4180 \cdot 0,175 \cdot 75 = 54862,5 \text{ J}$
- $E = P \cdot t \rightarrow 54862,5 = 350 \cdot t \rightarrow t = 156,75 \text{ s}$

b Geef hiervoor twee redenen.

- het kopje neemt ook warmte op
- tijdens het opwarmen gaat er warmte naar de omgeving

7****

a Bereken hoeveel warmte het water heeft opgenomen.

- $m = 0,100 \text{ kg}$ | $\Delta T = 29 - 15 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- warmte opgenomen door het water $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ met $c = 4180 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4180 \cdot 0,1 \cdot 14 = 5852 \text{ J}$

b Bereken de temperatuur van de vlam.

- warmte afgestaan door het ijzer $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ met $c = 460 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$
- $m = 0,025 \text{ kg}$ | $\Delta T = T_{\text{vlam}} - 29 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q_{\text{afstaan}} = Q_{\text{opnemen}}$
- $5852 = 460 \cdot 0,025 \cdot (T_{\text{vlam}} - 29) \rightarrow T_{\text{vlam}} - 29 = 508,87 \rightarrow T_{\text{vlam}} = 537,87 \text{ }^\circ\text{C}$

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

- tussen het moment dat je het blokje uit de vlam haalt en in het water stopt is er een beetje warmte naar de omgeving gegaan
- de werkelijke temperatuur is hoger dan wat je hebt berekend

8****

a Hoeveel warmte produceert het verwarmingselement in 10 minuten?

- $E = P \cdot t \rightarrow E = 75 \cdot 10 \cdot 60 = 45000 \text{ J}$

b Hoeveel warmte is er door de thermosfles opgenomen?

- aflezen $\Delta T = 48 - 15 = 33 \text{ }^\circ\text{C}$ in 10 minuten
- $Q_{\text{water}} = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{melk}} = 4180 \cdot 0,30 \cdot 33 = 41382 \text{ J}$
- $Q_{\text{tot}} = Q_{\text{water}} + Q_{\text{fles}} \rightarrow 45000 = 41382 + Q_{\text{fles}} \rightarrow Q_{\text{fles}} = 3618 \text{ J}$

9****

a Bereken hoeveel warmte het kopje heeft opgenomen.

- kopje: $\Delta T = 76 - 20 = 56 \text{ }^\circ\text{C}$
- per graad is 25 J nodig
- $Q_{\text{kopje}} = 25 \cdot 56 = 1400 \text{ J}$

b Bereken hoeveel warmte de melk heeft opgenomen.

- melk: $c = 3900 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ | $m = 0,005 \text{ kg}$ | $\Delta T = 76 - 4 = 72 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q = \dots \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q_{\text{melk}} = 3900 \cdot 0,005 \cdot 72 = 1404 \text{ J}$

c Bereken hoeveel milliliter koffie er in het kopje zit.

- het kopje en de melk nemen samen $1400 + 1404 = 2804 \text{ J}$ op
- $Q_{\text{afstaan}} = Q_{\text{opnemen}}$
- $c = 4180 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ | $\Delta T = 80 - 76 = 4,0 \text{ }^\circ\text{C}$ | $Q_{\text{koffie}} = 2804 \text{ J}$
- $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 2804 = 4180 \cdot m \cdot 4 \rightarrow m = 0,1677 \text{ kg} = 167,7 \text{ gram}$
- $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3 \rightarrow m = 167,7 \text{ gram} \rightarrow V = 167,7 \text{ cm}^3 = 167,7 \text{ ml}$