



Stof	soortelijkewarmte
water	4,2 J/(g·°C)
ijs	2,2 J/(g·°C)
ijzer	0,46 J/(g·°C)

Stof	soortelijkewarmte
glas	0,93 J/(g·°C)
lichaam	3,47 J/(g·°C)
zwavelzuur	1,48 J/(g·°C)

Stof	verbrandingswarmte
aardgas	32 MJ/m ³

Opdracht 1 – Welke apparaten zetten energie als volgt om?

0,5p a. elektrische energie > warmte

Elektrische verwarming

0,5p b. elektrische energie > bewegingsenergie + warmte

Elektrische motor

0,5p c. bewegingsenergie > elektrische energie + warmte

Dynamo

0,5p d. chemische energie > bewegingsenergie + warmte

Benzine motor

2p **Opdracht 2** – Remco is dol op frikadellen. Hij verwarmt 0,8 kg frituurvet van 20 °C tot 180 °C. Hiervoor is 211200 joule warmte nodig. Bereken de soortelijke warmte van het frituurvet.

$$Q = 211200 \text{ J}$$

$$\Delta T = 180 - 20 = 160 \text{ °C}$$

$$m = 0,8 \text{ kg} = 800 \text{ g}$$

$$c = 211200 / (800 \times 160) = 1,65 \text{ J/g}\cdot\text{°C}$$

3p **Opdracht 3** – Bij Evita thuis hebben ze een oude cv-ketel met een rendement van 69 %. Het jaarlijkse aardgasverbruik bedraagt 2000 m³. Stel dat de ketel vervangen zou zijn door een ketel met een rendement van 89 %. Bereken hoeveel aardgas er dan in 1 jaar verbruikt zou zijn bij gelijkblijvend nuttig gebruik.

Oud:

$$E_{\text{nut}} = (E_{\text{tot}} \cdot \eta) / 100 \%$$

$$E_{\text{nut}} = 2000 \cdot 0,69 = 1380 \text{ m}^3$$

Nieuw:

$$E_{\text{tot}} = (E_{\text{nut}} / \eta) \cdot 100 \%$$

$$E_{\text{tot}} = 1380 / 0,89 = 1551 \text{ m}^3$$

3p **Opdracht 4** – Een HR-ketel heeft een rendement van 92 %. Van een bepaald huis met HR-ketel is bekend dat er in een jaar een warmteverlies is van 6144000 kJ. Hoeveel m³ aardgas werd er in dit jaar verstoekt?

$$E_{\text{Verlies}} = 100 - 92 = 8 \% \rightarrow 6144000 \text{ kJ}$$

$$E_{\text{tot}} = 100 \% \rightarrow 6144000 \cdot 100 / 8 = 76.800.000 \text{ kJ}$$

$$\text{Hoeveelheid aardgas} = 76.800 \text{ MJ} / 32 \text{ MJ} / \text{m}^3 = 2.400 \text{ m}^3$$

Opdracht 5 – Van 0,5 kg water (ijs) wordt de temperatuur en de toegevoerde warmte op verschillende tijdstippen bepaald. Zie figuur hiernaast.

- 1p a. Verklaar dat gedurende een periode het water niet in temperatuur stijgt ondanks warmtetoevoer.

Bij het smelten van ijs blijft de de temperatuur gelijk.

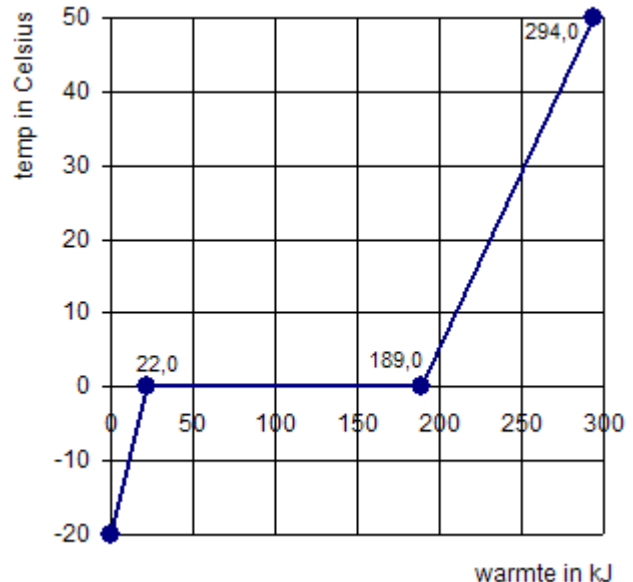
- 3p b. **Bereken** de grootste soortelijke warmte uit de grafiek hiernaast.

$$Q = 105 \text{ kJ} \quad (294 - 189)$$

$$\Delta T = 50$$

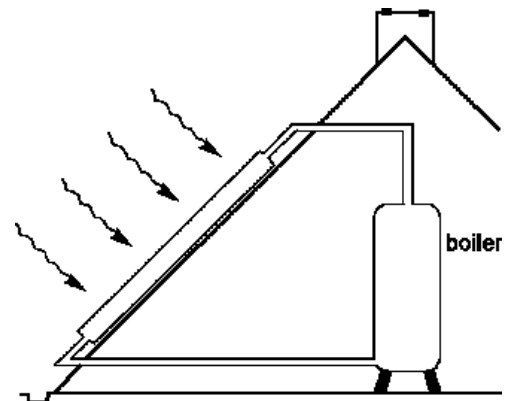
$$m = 500 \text{ gram}$$

$$c = 105000 / (500 \times 50) = 4,2 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$



Opdracht 6 - Op het dak van een huis bevindt zich een zonnecollector. Hiermee wordt water uit een voorraadvat (boiler) verwarmd. Zie de figuur waarin een dergelijke installatie sterk vereenvoudigd is weergegeven. Het geheel is zo goed geïsoleerd dat de warmte die aan de omgeving wordt afgestaan te verwaarlozen is. Het warmtetransport in het systeem vindt plaats ten gevolge van het stromen van het water. Op een bepaalde dag wordt gestart met koud water van 15 °C in collector en boiler. De zon schijnt die dag 5,5 uur, waarbij met een gemiddeld vermogen van 700 W warmte aan het water wordt overgedragen. In het systeem bevindt zich 80 liter (=80 kg) water.

- 1p a. Geef in de figuur met pijlen de stroomrichting van het water aan en *verklaar je antwoord!*



Warm water heeft een lagere dichtheid dus zal die omhoog Gaan. In de boiler zal het warme water het koude wegduwen

- 2p b. Bereken hoeveel warmte deze zonnecollector levert in die 5,5 uur.

$$P = 700 \text{ W}$$

$$t = 5,5 \times 3600 = 19800 \text{ s}$$

$$Q = P \times t = 13.860.000 \text{ J}$$

- 3p c. Bereken de eindtemperatuur van het water in de boiler.

$$\Delta T = Q / (m \cdot c)$$

$$\Delta T = 13.860.000 / (80.000 \cdot 4.2) = 41,25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{temperatuur wordt warmer, dus } 15 + 41,25 = 56,25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Opgave 7 - Tijdens hardlopen 'verbranden' de spieren voedingsstoffen en zetten de energie die daarbij vrijkomt om in arbeid en warmte. Uit onderzoek blijkt dat een goed getrainde marathonloper op deze manier per seconde 1,50 kJ omzet in 0,30 kJ arbeid en 1,20 kJ warmte. Deze energieomzetting is in de figuur hieronder schematisch weergegeven.



- 2p a. Bereken het rendement waarmee de spieren van deze marathonloper energie uit voedsel omzetten in arbeid.

$$\eta = E_{\text{nut}} / E_{\text{tot}} \times 100\% = 0,30 / 1,50 \times 100\% = 20 \%$$

De normale lichaamstemperatuur van de atleet is 36,9 °C. Door de warmte die vrijkomt, loopt zijn lichaamstemperatuur op naar 39,5 °C. Het blijkt dat een marathonloper bij deze lichaamstemperatuur optimaal presteert. Door in te lopen (de warming up) zorgt de atleet ervoor dat zijn temperatuur al bij de start 39,5 °C is. De (gemiddelde) soortelijke warmte van het lichaam is 3,47 J/(g·°C). De massa van de atleet is 74,8 kg.

- 2p b. Bereken hoeveel warmte de looper moet ontwikkelen om op een temperatuur van 39,5 °C te komen.

$$\Delta T = 39,5 - 36,9 = 2,6 \text{ °C}$$

$$m = 74,8 \text{ kg} = 74800 \text{ gram}$$

$$c = 3,47$$

$$Q = 74800 \times 3,47 \times 2,6 = 674845,6 \text{ J}$$

- 2p c. Bereken de tijd, in minuten, die hij minimaal moet inlopen.

$$P_{\text{warmte}} = 1200 \text{ J}$$

$$t = Q / P_{\text{warmte}} = 674845,6 / 1200 = 562 \text{ s}$$

Of

$$E_{\text{tot}} = Q / \eta = 674845,6 / 0,80 = 843557 \text{ J}$$

$$t = E_{\text{tot}} / P_{\text{tot}} = 843557 / 1500 = 562 \text{ s}$$

- 3p **Opgave 8** - Adriaan vult een warmtemeter met 193 gram zwavelzuur van 50 °C. Hij legt een koud blokje ijzer (van 7 °C) in de warmtemeter met zwavelzuur. Het zwavelzuur en het blokje ijzer hebben uiteindelijk eenzelfde eindtemperatuur van 47 °C. Bereken de massa van het blokje ijzer.

Zwavelzuur

IJzer

$$m = 193 \text{ g}$$

$$Q_{\text{ijzer}} = 856,92 \text{ J} (= Q_{\text{zwavelzuur}})$$

$$c_{\text{zwavelzuur}} = 1,48 \text{ J/g} \cdot \text{°C}$$

$$c_{\text{ijzer}} = 0,46 \text{ J/g} \cdot \text{°C}$$

$$\Delta T = 47 - 50 = -3 \text{ °C}$$

$$\Delta T = 47 - 7 = 40 \text{ °C}$$

$$Q = 193 \times 1,48 \times -3$$

$$m_{\text{ijzer}} = Q / (c \times \Delta T)$$

$$Q = -856,92 \text{ J}$$

$$m_{\text{ijzer}} = 46,6 \text{ g}$$