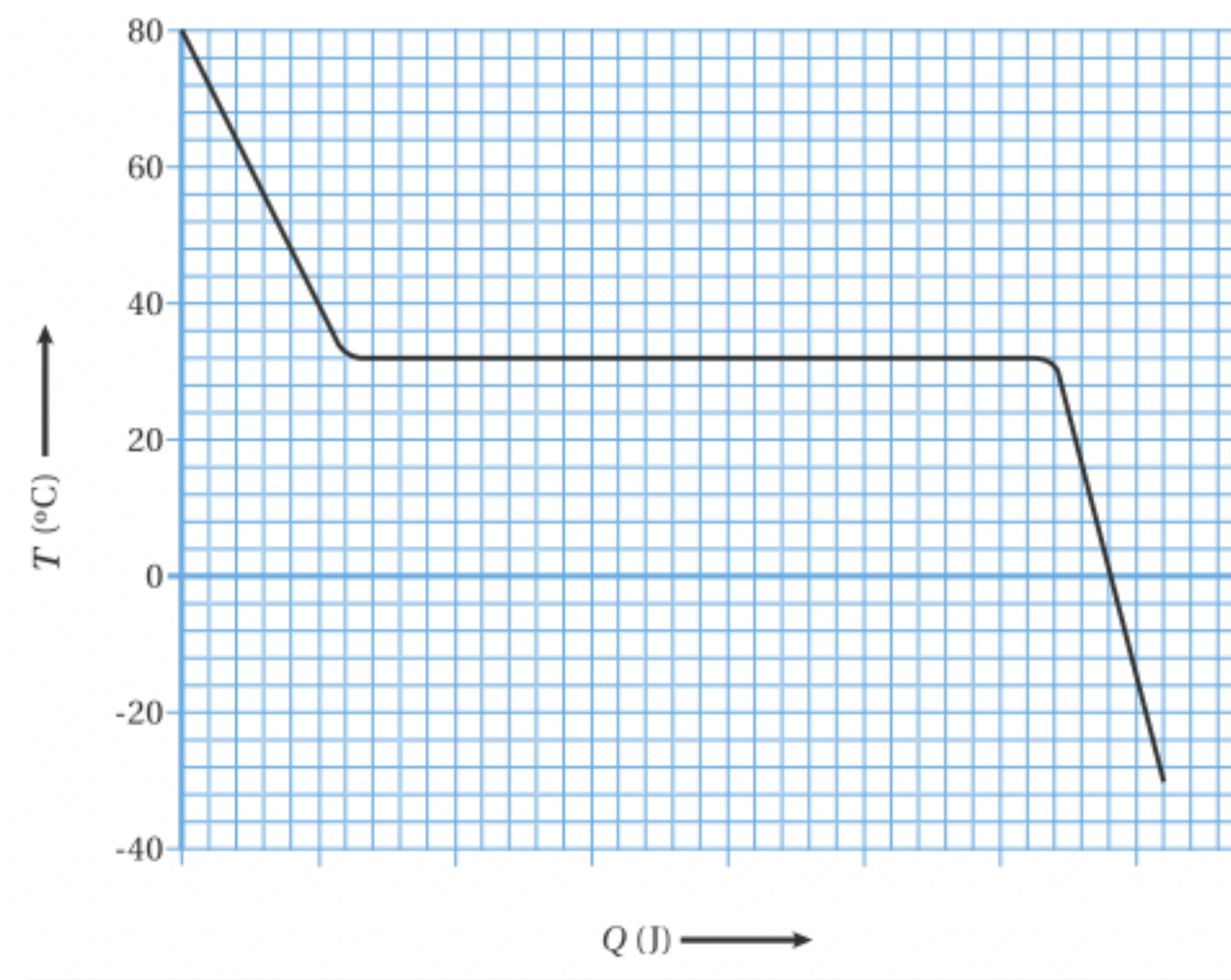


- 19 Auto's met een koude motor starten moeilijker dan auto's met een warme motor. Om de koude start van een auto te verbeteren, experimenteren fabrikanten met het opslaan van warmte. De afgegeven warmte tijdens een autorit wordt voor een deel opgeslagen in natriumsulfaat, ook wel glauberzout genoemd. Als de auto lange tijd stilstaat, zal deze nu minder koud zijn als je de motor weer wilt starten.

Tijdens een koude nacht in Scandinavië koelt 10 kg glauberzout af van 80 °C tot -30 °C. In figuur 4.20 is de temperatuur van het glauberzout uitgezet tegen de afgegeven warmte.

De soortelijke warmte van het glauberzout in de vloeistoffase is $1,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.



Figuur 4.20

De grafiek bestaat uit drie delen: het afkoelen van de vloeistof, het stollen en het afkoelen van de vaste stof.

- Bij welk van deze processen wordt de meeste warmte afgegeven?
Licht je antwoord toe.
- Bereken de hoeveelheid warmte die het glauberzout afgeeft tot het gaat stollen.
- Bepaal de soortelijke warmte van het glauberzout in de vaste fase.
- Leg uit of dit gebruik van glauberzout een bijdrage is aan energiebesparing.

Opgave 19

- a Welk proces de meeste warmte afgeeft, lees je af in figuur 4.20 van het leerboek.

De hoeveelheid energie die vrijkomt tijdens het stollen is ongeveer vijf keer zo groot als de hoeveelheid energie die vrijkomt tijdens het afkoelen van de vaste stof of van de vloeistof. Dus tijdens het stollen wordt de meeste energie afgegeven.

- b De hoeveelheid warmte die het glauberzout afgeeft tot het gaat stollen bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.
Het temperatuurverschil in K is gelijk aan het temperatuurverschil in °C.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = 1,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 80 - 32 = 48 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 48 \text{ K}$$

$$Q = 1,2 \cdot 10^3 \times 10 \times 48 = 5,76 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{Afgerond: } Q = 5,8 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

- c De soortelijke warmte van glauberzout in de vaste fase bereken je met de formule voor de soortelijke warmte.
De hoeveelheid warmte leid je af met behulp van figuur 4.20 van het leerboek en de schaal van de horizontale as.
De schaal van de horizontale as bepaal je met de grafiek tijdens het afkoelen van de vloeibare fase.

Q bij het afkoelen van de vloeistof is $5,76 \cdot 10^5 \text{ J}$.
In figuur 4.20 komt dat overeen met 6,0 schaaldelen.

$$\text{Een schaaldeel} = \frac{5,76 \cdot 10^5}{6,0} = 0,96 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Q bij het afkoelen van de vaste stof is gelijk aan 4,0 schaaldelen.
Dus $Q = 4,0 \times 0,96 = 3,84 \cdot 10^5 \text{ J}$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = 3,84 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$\Delta T_{\text{Celsius}} = 32 - (-30) = 62 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{\text{kelvin}} = 62 \text{ K}$$

$$3,84 \cdot 10^5 = c \times 10 \times 62$$

$$c = 6,193 \cdot 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Afgerond: } c = 6,2 \cdot 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}.$$

- d Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:
- De auto heeft een grotere massa. Dan kost het rijden zelf meer energie. Dus levert gebruik van glauberzout geen bijdrage aan energiebesparing.
 - Tijdens de rit wordt warmte opgeslagen die later weer gebruikt wordt. Dus levert gebruik van glauberzout een bijdrage aan energiebesparing.
 - Bij de start gebruikt de motor minder energie. Dus levert gebruik van glauberzout een bijdrage aan energiebesparing.
 - De motor slijt minder. Daardoor gaat de auto langer mee. Dus levert gebruik van glauberzout een bijdrage aan energiebesparing.
 - De auto heeft een grotere massa. Er wordt ook energie opgeslagen die later weer gebruikt wordt. Het is zo niet na te gaan of het een besparing is of niet.