

33 Voor het verwarmen van een babybedje gebruik je een kruik.
Zo'n kruik bestaat uit een roestvrijstalen fles gevuld met heet water. Zie figuur 5.43.
In ziekenhuizen zijn de kruiken gevuld met natriumacetaat in plaats van water. In tabel 5.9 staan enkele stofeigenschappen van water en natriumacetaat.

	Smeltpunt (°C)	Smeltwarmte (10 ⁵ J kg ⁻¹)	Dichtheid bij 70 °C (10 ⁵ kg m ⁻³)
Water	0	3,34	0,978
Natriumacetaat	58	2,89	1,45

Tabel 5.9



De smeltwarmte van een stof is de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 kg van die stof volledig te laten smelten. Deze warmte komt weer vrij als de stof stolt.
Om de warmteafgifte van een kruik gevuld met water te vergelijken met eenzelfde kruik gevuld met natriumacetaat, maak je tijdens het afkoelen van beide kruiken een (temperatuur, tijd)-diagram. Zie figuur 5.44.

In de grafiek van de kruik gevuld met natriumacetaat zijn drie punten A, B en C aangegeven.

- a Geef voor de drie punten aan of het natriumacetaat daar vast, vloeibaar of gasvormig is.
- b Geef voor de drie punten aan of de kruik met natriumacetaat daar wel of geen warmte afstaat.

In het eerste uur van de meting van figuur 5.44 geldt voor de afgegeven warmte het volgende verband:

$$Q = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$$

In het eerste uur van de meting blijkt de kruik gevuld met natriumacetaat evenveel warmte per seconde te verliezen als de kruik gevuld met water.

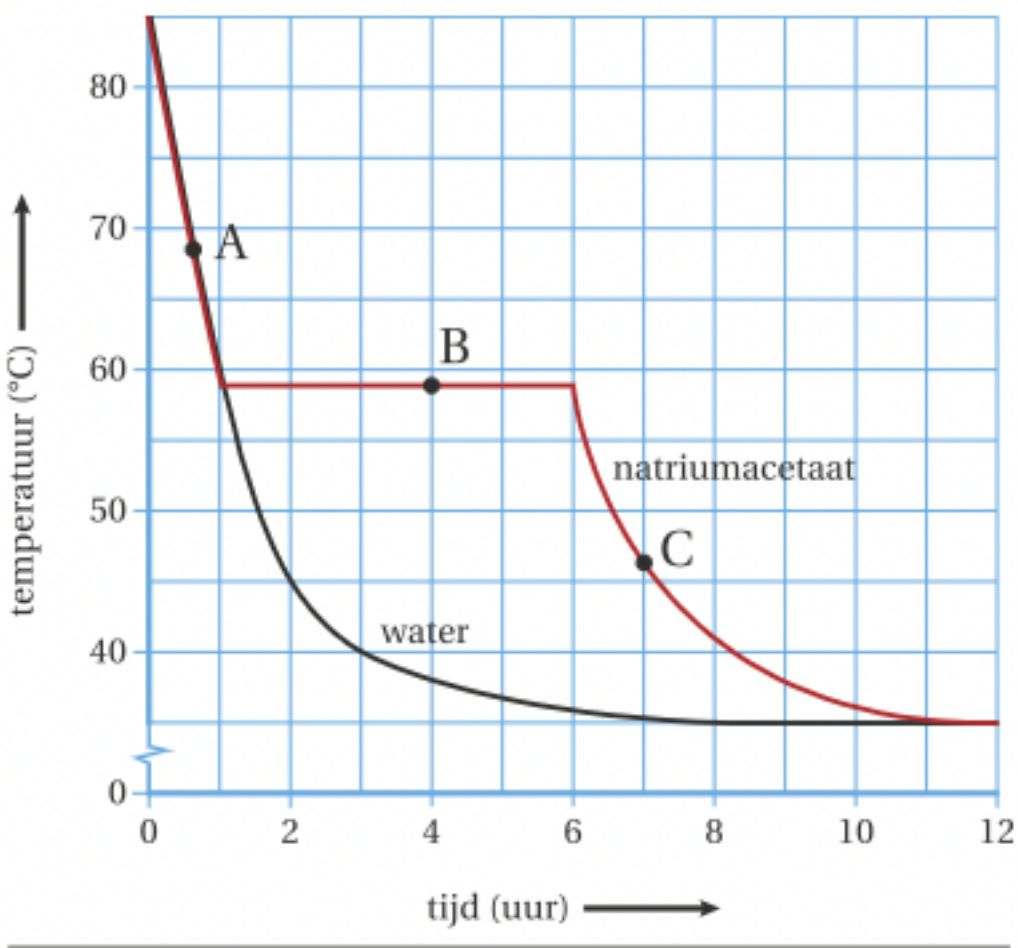
- c Leg uit of de soortelijke warmte van natriumacetaat bij 70 °C groter dan, kleiner dan of gelijk is aan de soortelijke warmte van water. Gebruik in je antwoord ook de grafiek van figuur 5.44.

Voor het opwarmen van kruiken gebruikt het ziekenhuis een kruikenmoeder zoals in figuur 5.45. In dit apparaat zitten twaalf openingen (schachten) waarin de kruiken precies passen. De kruikenmoeder is helemaal gevuld met water, dat wordt verwarmd met een elektrisch verwarmingselement.

- d Wat is de belangrijkste vorm van warmtetransport van het verwarmingselement naar elke schacht?

Om een kruik op te warmen is 7,0·10⁵ J aan warmte nodig. Het verwarmingselement in de kruikenmoeder levert 1,2 kW aan warmte.

- e Bereken hoelang het duurt om alle twaalf kruiken tegelijk op te warmen.



Figuur 5.44



Figuur 5.45

- Opgave 33**
- a Bij A vloeibaar
Bij B gedeeltelijk vloeibaar en gedeeltelijk vast
Bij C vast
 - b Bij A wel
Bij B wel
Bij C wel
 - c De warmteafgifte is in het eerste uur voor beide kruiken gelijk.
Dus $Q_{\text{water}} = Q_{\text{natriumacetaat}}$.
 $(c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T)_{\text{water}} = (c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T)_{\text{natriumacetaat}}$
Het volume V is voor beide kruiken gelijk.
Bij 70 °C overlappen de grafieken van water en natriumacetaat elkaar.
Het temperatuurverschil ΔT is voor beide stoffen gelijk.
Er geldt dus $(c \cdot \rho)_{\text{water}} = (c \cdot \rho)_{\text{natriumacetaat}}$.
Volgens tabel 5.4 in het leerboek is de dichtheid van natriumacetaat groter dan de dichtheid van water.
Dus de soortelijke warmte van natriumacetaat is kleiner dan de soortelijke warmte van water.
 - d Stroming.
 - e De tijd die het duurt om alle kruiken tegelijk op te warmen bereken je met de formule voor de warmtestroom.

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$
$$P = 1,2 \text{ kW} = 1,2 \text{ kJ/s} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ J s}^{-1}$$
$$\Delta Q = 12 \times 7,0 \cdot 10^5 \text{ J} = 84 \cdot 10^5 \text{ J}$$
$$1,2 \cdot 10^3 = \frac{84 \cdot 10^5}{\Delta t}$$
$$\Delta t = 7,0 \cdot 10^3 \text{ s}$$