

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

Opgave 1

Elke winter opnieuw is het bij aanhoudend vriesweer de vraag of er dit jaar een Elfstedentocht kan worden gehouden. Je gaat in deze opgave onderzoeken hoe lang het duurt voordat de waterlaag van 1,0 cm direct onder een ijslaag bevriest.

De dikte van het ijs is een indicatie voor de begaanbaarheid van het ijs. Het hangt er uiteraard wel vanaf hoeveel mensen op het ijs gaan. Een enkele schaatser zou aan 4 à 5 cm genoeg hebben, maar voor een Elfstedentocht is een ijsdikte van 12 à 15 cm vereist.

In de winter ligt er op de Friese sloten en plassen een ijslaag van 8,0 cm. De temperatuur van de lucht boven het ijs is $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en de temperatuur van de water laag met een dikte van 1,0 cm direct onder het ijs is $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

De warmtestroom door het ijs zorgt ervoor dat het waterlaagje van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ onder het ijs gaat bevriezen.

a) **Bereken** de warmtestroom door $1,0\text{ m}^2$ ijs.

Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Om $1,0\text{ kg}$ water van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ te laten bevriezen moet $334 \cdot 10^3\text{ J}$ aan het water worden onttrokken.

b) **Bereken** hoe lang het minimaal duurt voordat de ijslaag van 8,0 cm is aangegroeid met 1,0 cm ijs.

c) **Leg uit** of de toename van de ijsdikte van 8,0 cm naar 9,0 cm even lang duurt als de toename van de ijsdikte van 9,0 cm naar 10 cm.



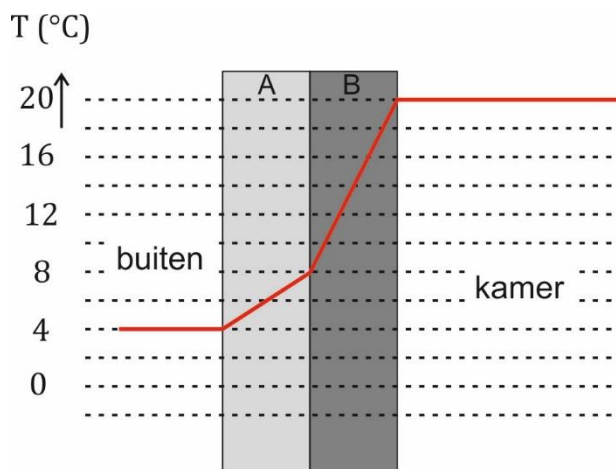
Opgave 2

In nevenstaande afbeelding is de doorsnede van een wand van een kamer getekend, met daarin de temperatuur als functie van de plaats. Binnen is het $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, buiten is het $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Deze temperaturen blijven zo lange tijd bestaan.

De wand bestaat uit 2 even dikke delen, echter van verschillende materialen.

Leg uit welk van de twee materialen het beste geleidt.



Opgave 3

Babybedjes worden vaak nog verwarmd met kruiken.

Meestal is dat een roestvrij stalen fles die gevuld is met heet water. Zie nevenstaande afbeelding.

De roestvrij stalen kruik uit nevenstaande afbeelding heeft een massa van 0,43 kg en is gevuld met 1,1 liter heet water.

's Nachts koelt de kruik met water af van 85 °C tot 35 °C.

a) **Bereken** hoeveel warmte de kruik met water dan heeft afgestaan.

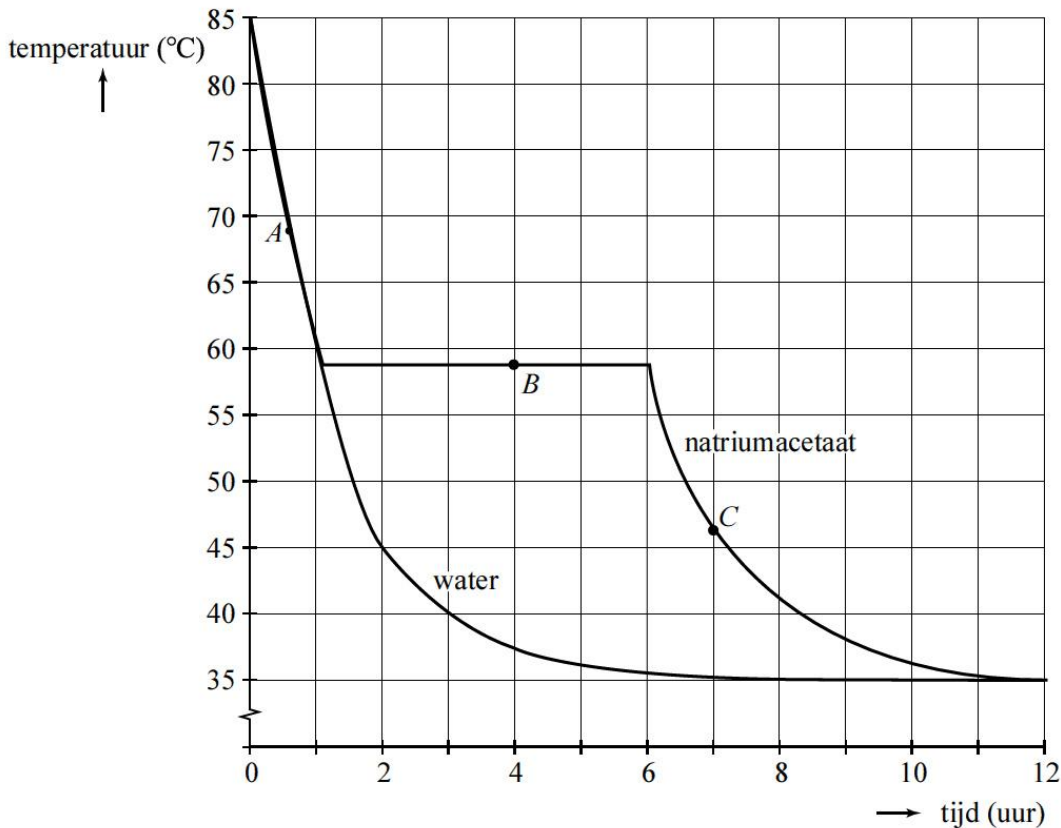
In ziekenhuizen zijn kruiken niet gevuld met water maar met natriumacetaat. In de tabel hieronder staan enkele stoffeigenschappen van natriumacetaat en water.



	smeltpunt (°C)	smeltwarmte* (Jkg ⁻¹)	dichtheid bij 70 °C (kgm ⁻³)
water	0	$3,34 \cdot 10^5$	$0,978 \cdot 10^3$
natriumacetaat	58	$2,89 \cdot 10^5$	$1,45 \cdot 10^3$

* De smeltwarmte van een stof is de hoeveelheid energie die nodig is om 1 kg van die stof volledig te laten smelten. Deze warmte komt vrij als de stof stolt.

Om de warmteafgifte van een kruik gevuld met natriumacetaat te vergelijken met een identieke kruik gevuld met water, wordt tijdens het afkoelen van beide kruiken een (temperatuur,tijd)-diagram opgemeten. Zie onderstaande afbeelding.



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

- b) Geef in de tabel op de uitwerkbijlage met kruisjes aan in welke fase(n) het natriumacetaat zich bevindt bij A, B en C.
- c) Geef in de tabel op de uitwerkbijlage met kruisjes aan of de kruik wel of geen warmte afstaat bij A, B en C.

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

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

Hierin is:

- c de soortelijke warmte in J/kg°C; ρ de dichtheid in kg/m³;
- V het volume in m³;
- ΔT het temperatuurverschil in °C.

d) Leid dit verband af met behulp van formules uit BiNaS.

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

e) **Leg uit** of de soortelijke warmte van natriumacetaat bij 70 °C groter, kleiner of gelijk is aan de soortelijke warmte van water. Gebruik in je antwoord ook het (temperatuur,tijd)-diagram.

In een ziekenhuis worden kruiken opgewarmd in een kruikenmoeder. In dit apparaat zitten negen schachten (openingen) waarin de kruiken passen. Zie nevenstaande afbeelding.

De kruikenmoeder is helemaal gevuld met water dat wordt verwarmd met een elektrisch verwarmingselement.

f) **Leg uit** hoe het warmtetransport van het element naar een de kruiken in zijn werk gaat.

Om een kruik op te warmen is 7,0·10⁵ J aan energie nodig. Het element in de kruikenmoeder heeft een vermogen van 1,2 kW.

g) **Bereken** hoeveel minuten er minimaal nodig zijn om negen kruiken tegelijk op te warmen.



	vast	vloeibaar	gasvormig
A			
B			
C			

	kruik staat warmte af	kruik staat geen warmte af
A		
B		
C		