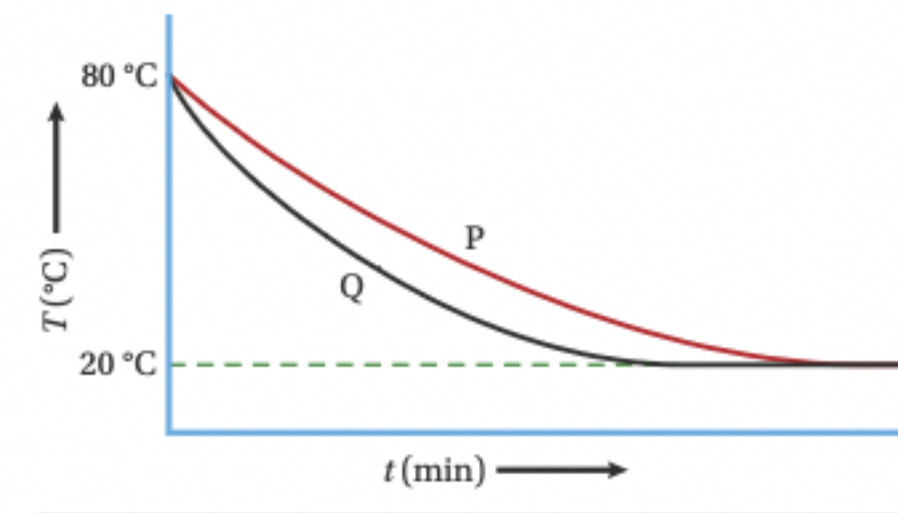


23 Naomi en Hannah laten tijdens een practicum twee bekers met water afkoelen. De temperatuur van het water in beide bekers is  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Eén beker is hoog en smal, de andere is laag en breed. Beide bekers zijn gemaakt van hetzelfde materiaal en bevatten evenveel water. Naomi en Hannah meten de temperatuur van het water als functie van de tijd. In het diagram van figuur 5.30 staan de grafieken van hun resultaten.

- Hoe zie je aan het diagram dat het water in beide bekers dezelfde begintemperatuur had?
- Leg uit waardoor beide lijnen in het begin steiler omlaag lopen dan aan het eind.
- Leg uit bij welke beker lijn P hoort.
- Leg uit dat het water in beide bekers dezelfde eindtemperatuur krijgt.



Figuur 5.30

Daarna doen ze een proef met een beker melk. Deze beker is precies hetzelfde als de hoge en brede beker met water. De temperatuur van de melk is  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ze laten de beker afkoelen.

- Beredeneer met behulp van gegevens uit BINAS of de beker met melk sneller, langzamer of even snel afkoelt als de beker met water.

#### Opgave 23

- De twee grafieklijnen beginnen in hetzelfde punt.
- Een steilere lijn geeft aan dat de temperatuur per seconde meer daalt dan bij een minder steile lijn.  
De temperatuur daalt per seconde meer als er per seconde meer warmte wordt afgestaan aan de omgeving.  
Dat is het geval als het temperatuurverschil met de omgeving het grootst is.  
  
In het begin is het temperatuurverschil met de omgeving het grootst en wordt per seconde de meeste warmte afgestaan. Dus dan loopt een grafiek het steilst.  
Lijn P is in het begin minder steil dan lijn Q. Dus bij P is de warmteafgifte per seconde in het begin kleiner dan bij lijn Q.  
De warmteafgifte per seconde is kleiner als het contactoppervlak van het water met de lucht kleiner is.  
  
Het contactoppervlak met lucht is het kleinst bij het hoge, smalle kopje.  
Grafieklijn P hoort bij het hoge, smalle kopje.
- Als de temperatuur van het water gelijk is aan de omgevingstemperatuur is er geen temperatuurverschil meer.  
Dan is er (netto) geen warmtetransport meer.
- De snelheid van afkoelen beredeneer je met de formule voor soortelijke warmte.  
De massa beredeneer je met de formule voor dichtheid.

De hoeveelheid warmte beredeneer je met de formule voor de warmtestroom.

De bekers zijn precies hetzelfde, dus de warmtestroom door de wand is bij beide bekers hetzelfde.

De dichtheid van melk is ongeveer  $1,03 \cdot 10^3\text{ kg m}^{-3}$  en die van water  $0,9982 \cdot 10^3\text{ kg m}^{-3}$ .  
Dus in beide bekers zit ongeveer dezelfde massa aan vloeistof.

De soortelijke warmte van melk is  $3,9 \cdot 10^3\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$  en die van water  $4,18 \cdot 10^3\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ .  
De soortelijke warmte van melk is kleiner dan die van water.  
Bij dezelfde uitstroom van warmte is de temperatuurdaling van melk groter dan die van water.  
Dus melk koelt sneller af dan water.