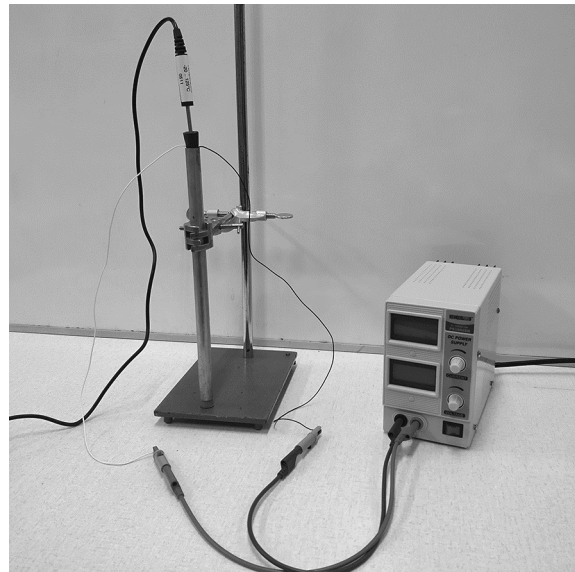


## Buisisolatie

Richard wil de verwarmingsbuizen in zijn huis gaan isoleren. Hij maakt een testopstelling om te meten hoe groot het effect van buisisolatie kan zijn. Hij vult een stuk koperen verwarmingsbuis met water. In het water hangt hij twee weerstanden om het water te verwarmen. Deze zijn aangesloten op een regelbare spanningsbron. Hij sluit de buis af met een kurk met een thermometer. Zie figuur 1.

figuur 1



Richard gebruikt twee parallel geschakelde weerstanden. Iedere weerstand heeft een opschrift: “27 Ω, max. 20 W”.

Voor het door een weerstand opgenomen vermogen geldt:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

- 4p 7 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid deze formule af met behulp van formules uit het tabellenboek.
  - Bereken de spanning die nodig is om de weerstanden te laten werken op het maximale vermogen volgens de opschriften.

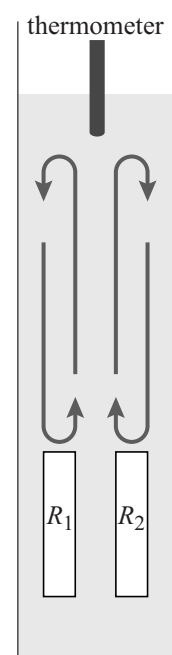
De buis bevat 26 g water van 18 °C. Het water in de verwarmingsbuizen in huis is 75 °C. Veronderstel dat er geen energieverlies is.

- 4p 8 Bereken de tijd die minimaal nodig is om het water in de proefopstelling te verwarmen tot 75 °C wanneer de twee weerstanden werken op het maximale vermogen volgens de opschriften.

De thermometer zit bovenin de buis. Alleen boven de weerstanden is er sprake van warmtetransport door stroming. Richard heeft de weerstanden niet helemaal onderin de buis geplaatst. Zie figuur 2.

- 1p 9 Geef een natuurkundige reden waarom de thermometer al eerder een temperatuur van 75°C aangeeft.

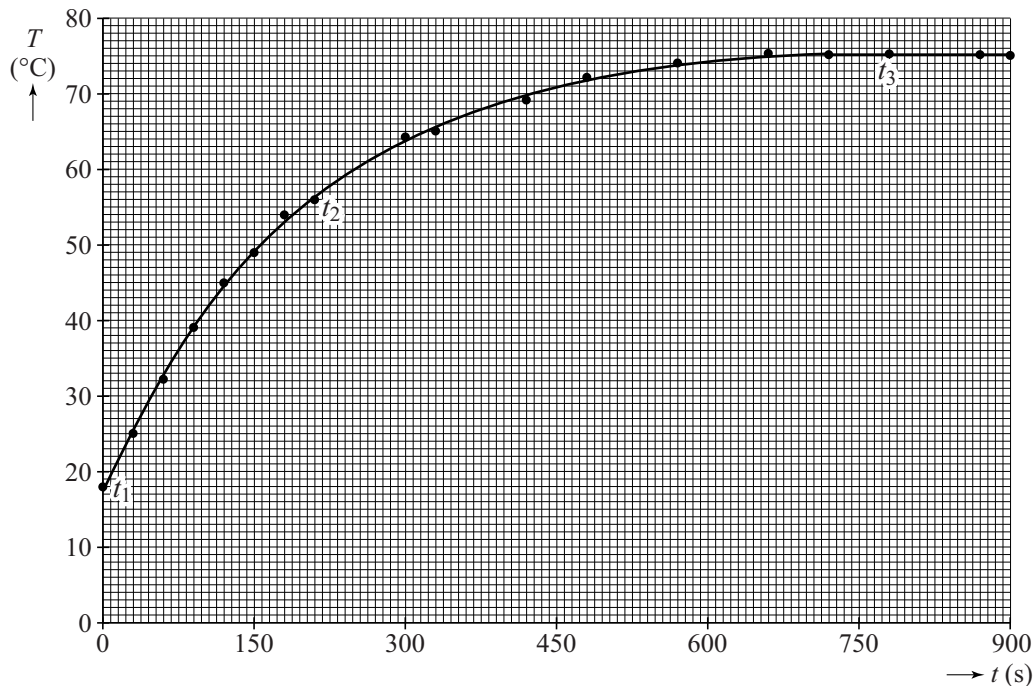
figuur 2



In werkelijkheid is er wel energieverlies.

Richard stelt de spanning zo in dat de eindtemperatuur van 75 °C precies wordt behaald en zet zijn metingen vervolgens uit in een diagram. Zie figuur 3.

**figuur 3**



In de grafiek zijn drie tijdstippen  $t_1$ ,  $t_2$  en  $t_3$  aangegeven. Aan de buis wordt een constant elektrisch vermogen  $P_{\text{elektrisch}}$  toegevoerd. Op de uitwerkbijlage staat een tabel. Het energieverlies per seconde aan de omgeving wordt  $P_{\text{verlies}}$  genoemd.

- 2p 10 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor ieder tijdstip  $t_1$ ,  $t_2$  en  $t_3$  met een kruisje aan of  $P_{\text{elektrisch}}$  groter is dan, even groot is als of kleiner is dan  $P_{\text{verlies}}$ .

Richard constateert dat de verwarmingsbuizen in zijn huis niet van koper maar van ijzer zijn. Hij vraagt zich af of dit verschil maakt voor het warmteverlies bij gelijk temperatuurverschil.

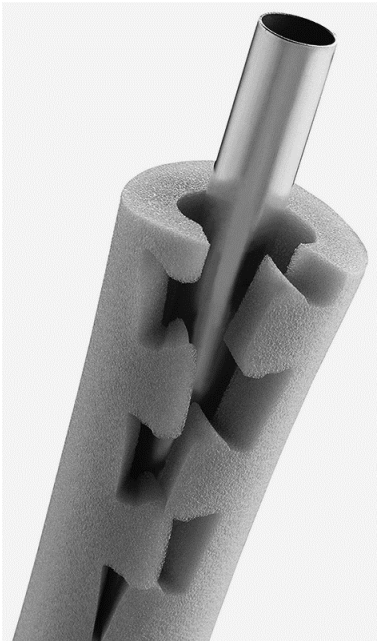
Voor de warmtestroom door de wand van een buis geldt:

$$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$$

- 2p 11 Leg met behulp van de formule uit of de warmtestroom bij een koperen buis groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de warmtestroom bij een identiek gevormde ijzeren buis.

Richard isoleert de dunne wand van de buis met een isolatielaag. Zie figuur 4. In figuur 5 staat een overzicht van de technische gegevens van de isolatielaag.

**figuur 4**



**figuur 5**

Technische gegevens	
Materiaal	PE schuim
Isolatiedikte	13 mm
Warmtegeleidingscoëfficiënt	$0,038 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$

Zonder isolatie is het energieverlies per seconde ( $P_{\text{verlies}}$ ) gelijk aan 27 W. De isolatie zorgt voor een kleiner energieverlies per seconde. Het temperatuurverschil over de isolatie is 57 °C. Het temperatuurverschil over de buis is verwaarloosbaar. Richard bepaalt dat de oppervlakte van de isolatie  $4,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  is.

- 3p 12 Bereken de factor waarmee  $P_{\text{verlies}}$  verkleind wordt door het gebruik van de buisisolatie.