

Practicum Soortelijke warmte (deel 1)

Eigenschappen van stoffen en materialen

Algemene beschrijving

Omschrijving

De temperatuur van een vloeistof kan worden verhoogd door er met een verwarmingselement elektrische energie aan toe te voegen. Deze waarneming brachten natuurkundigen in het midden van de negentiende eeuw tot de conclusie dat warmte een vorm van energie is. In dit experiment onderzoeken leerlingen de wiskundige relatie tussen verschillende grootheden die verband houden met de opwarmtijd van water. Er wordt gekeken naar de hoeveelheid energie die nodig is om de temperatuur van één kg water, één graad in temperatuur te laten stijgen; de soortelijke warmte. Er wordt ook rekening gehouden met het rendement van het verwarmen.

Leerdoelen inhoud

- Warmte is energie die wordt uitgewisseld tussen twee systemen die niet in thermisch evenwicht zijn. De energie stroomt van het systeem met een hoge temperatuur naar het systeem met de lage temperatuur.
- Twee objecten zijn in thermisch evenwicht (en hebben dus dezelfde temperatuur) als er geen warmte meer wordt uitgewisseld tussen beide objecten.
- De soortelijke warmte van een materiaal is de hoeveelheid energie die nodig is om één kg van de stof één graad in temperatuur te laten stijgen.

Leerdoelen vaardigheid

- Lijst met praktische vaardigheden
 - De leerling: transformeert resultaten in grafieken
 - stelt relaties vast tussen twee afhankelijke grootheden
 - Leert thermometers aflezen
 - Herhaalt het bouwen van schakelingen
- Lijst met natuurkundige vaardigheden
 - De leerling: stelt relaties vast tussen grootheden
 - stelt een wiskundige vergelijking op bij een combinatie van grafieken
 - kan een natuurkundige vergelijking koppelen aan eigen meetwaarden
 - Leert natuurkundig redeneren tussen model en metingen

Voorkennis

- Het vermogen van een apparaat is een maat voor hoeveel energie er per seconde wordt geleverd.
- Leerlingen weten hoe ze een Ampèremeter en Voltmeter moeten aansluiten en aflezen.
- Het vermogen is de spanning keer de stroomsterkte ($P = U \cdot I$).

Benodigdheden

- Joulemeter met verwarmingselement
- Spanningsbron
- Ampèremeter en Voltmeter met aansluitsnoeren
- Maatbeker (voor ongeveer 200 mL water)

Docentenhandleiding

- Water
- Stopwatch
- Thermometer
- Eventueel een weegschaal

Meetschema:

Groep	Volume (ml)	Waarin	Vermogen	T_{begin}	Wat
A	150 100	Joulemeter	P	Kamertemperatuur	Water
B	200	Joulemeter	P	0 °C Kamertemperatuur	Water
C	150	Joulemeter	0.25 P 0.5 P	Kamertemperatuur	Water
D	200	Bekerglas	P	Kamertemperatuur	Water Olie

Klassikale introductie van het practicum

- Start met het opwarmen van water in een waterkoker. Zeg de leerlingen dat je trek hebt in een kopje thee. Je hebt de waterkoker tot de nok toe gevuld dus het gaat nog wel even duren voordat je je thee kunt drinken. Vraag leerlingen of ze vooraf kunnen voorspellen hoe lang het gaat duren voordat het water kookt. Welke gegevens heb je nodig om deze vraag te beantwoorden?
- Laat leerlingen, op een whiteboard, een lijst maken met variabelen waar de opwarmtijd vanaf afhankelijk is (P (U en l), ΔT , m).
- Klassikale inventarisatie.
- Laat leerlingen, op een whiteboard, een conceptmap maken waarin ze weergeven welke invloed elke variabele heeft op de opwarmtijd (bijvoorbeeld: Als het vermogen toeneemt, neemt de kooktijd af).
- Klassikale inventarisatie.
- Leerlingen voeren per groepje een reeks observaties uit waarbij de relatie tussen ΔT en de andere variabelen (P en m) kwantitatief wordt onderzocht. Ze kunnen bijvoorbeeld de toegevoerde energie variëren bij dezelfde hoeveelheid water én de massa van het water variëren bij dezelfde hoeveelheid toegevoerde energie. Bij beide experimenten wordt een (T, t) -grafiek gemaakt (meet gedurende 3 minuten).
- Beschrijf de vorm van de grafieken. Wat kun je zeggen over het verband tussen ΔT en het vermogen P ? Wat kun je zeggen over het verband tussen ΔT en de hoeveelheid toegevoerde energie Q ? Wat kun je zeggen over het verband tussen ΔT en de massa m van het water? Stel een wiskundige vergelijking voor gebaseerd op je resultaten.
- Noteer de (T, t) -grafiek bij veranderend vermogen links op het whiteboard (geef daarbij aan welke grootheden constant zijn gehouden en welke waarde deze grootheden hebben), de (T, t) -grafiek bij veranderde massa midden op het whiteboard (geef daarbij aan welke grootheden constant zijn gehouden en welke waarde deze grootheden hebben) en de wiskundige vergelijking rechts op het whiteboard.

Aanrommelfase leerlingen

Invullen na uitproberen in de klas

Docentenhandleiding

Meting leerlingen

- Wijs leerlingen erop dat het handig is om het water tijdens het experiment te roeren.

Korte klassikale aanwijzingen

Invullen na uitproberen in de klas

Klassikale nabespreking

- Laat leerlingen elkaars borden bekijken. Welke overeenkomsten zijn er? Welke verschillen zijn er?
- Geef leerlingen de volgende formule: $Q = P \cdot t = c \cdot m \cdot \Delta T$. Laat ze controleren in hoeverre deze formule lijkt op de wiskundige vergelijking die ze zelf hebben afgeleid. Voldoet deze formule aan wat de leerlingen hebben onderzocht? De betekenis van c komt later.
- In dit experiment hebben leerlingen gezien dat temperatuurverandering evenredig is met de hoeveelheid toegevoerde warmte en omgekeerd evenredig met de massa van het water. Om temperatuurveranderingen te kunnen voorspellen, is het noodzakelijk om te specificeren hoeveel energie nodig is om, per kg stof, een temperatuurverandering van één graad te verkrijgen. Deze hoeveelheid staat bekend als de soortelijke warmte van het materiaal.
- Laat leerlingen de soortelijke warmte van water bepalen met hun resultaten: $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$.
- De soortelijke warmte van water is 4190 J/Kg/K. Bespreek waarom de gemeten waarde afwijkt van de werkelijke waarde.

Alternatieve aanpak:

- Laat leerlingen een grafiek maken van T tegen t
- Laat leerlingen bij elkaar gaan zoeken naar extra metingen die passen bij hun experiment
- Laat leerlingen ook die metingen in hun eigen grafiek verwerken
- Laat leerlingen nadenken over $y = a \cdot x + b$ en welke grootheden met wat overeenkomen
- Laat leerlingen nadenken over hoe hun gegevens a of b beïnvloeden en hoe dit samenhangt met het molecuulmodel
- In de kring alle ideeën verzamelen en combineren om een uitdrukking voor b en a af te leiden. De invloed van het “rendement” kan worden gekregen door onderzoek B(2) met D(1) te vergelijken.
- $b = T_b$ en $a = \frac{P \cdot \eta}{m \cdot c}$
- Herschrijf vervolgens bovenstaande formule als: $T - T_b = \Delta T = \frac{P \cdot \eta}{m \cdot c} \cdot t$ Gebruik als onderbouwing de uitkomst van experiment B.
- Stel vervolgens de vragen: Wat hoort bij het water? Wat hoort bij het apparaat? (denk aan de vergelijking joulemeter versus bekersglas).
- Herschrijf vervolgens de formule als: $m \cdot c \cdot \Delta T = Q = P \cdot \eta \cdot t$

Organisatie

- Benodigde tijd: 50 minuten (kan nog aangepast worden na uitvoeren in les)
 - Klassikale introductie: variabelen noteren en conceptmap (10 minuten)
 - Uitvoeren experiment + opmaken whiteboard (20-25 minuten)
 - Klassikale nabespreking (15-20 minuten)

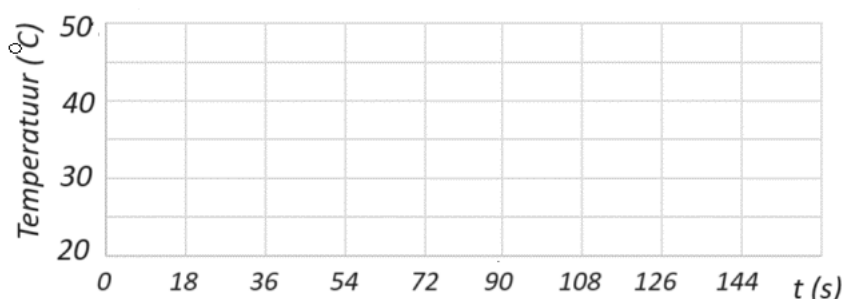
Docentenhandleiding

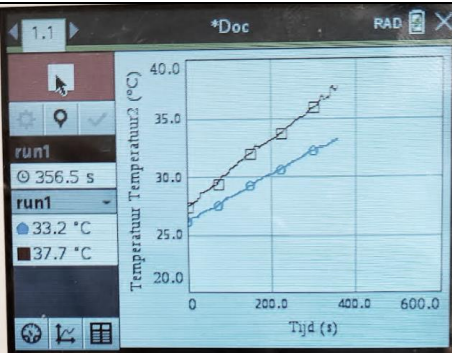
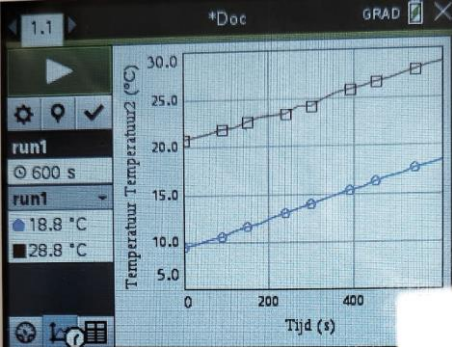
- Als er te weinig tijd is voor een gedegen nabespreking, kan de bepaling van de soortelijke warmte van water ook als huiswerk gegeven worden.
- Leerlingen werken in groepjes van drie personen.
- Voor een efficiënte start van de experimenten is het handig om de benodigde hoeveelheden water/olie al klaar te zetten.
- Voor het experiment met water van 0°C is het van belang dat het water (in een bekersglas) op tijd in een bakje met ijs wordt gezet.
- Voor het goed kunnen trekken van conclusies is het van belang dat de olie en alle water dezelfde begintemperatuur heeft (behalve het water van 0°C).
- Neem als olie een olie met sterk van water verschillende soortelijke warmte.
- Om te controleren of de leerlingen het concept soortelijke warmte en warmteoverdracht hebben begrepen, kan het experiment P2 Soortelijke warmte (deel 2) worden gedaan.

Voorbeeld resultaten

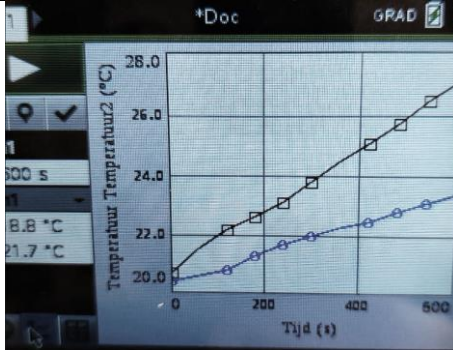
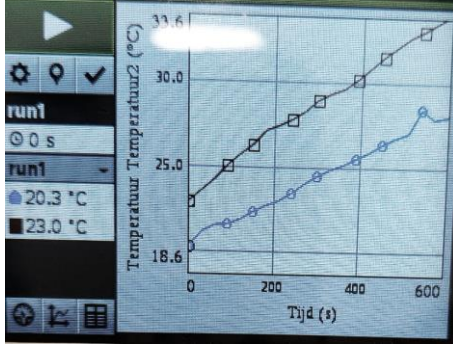
Geef een overzicht van de verwachte tabellen (met voorbeelddata), grafieken etc.

Komt na uitproberen in de les



Experiment		Omschrijving
A		100 en 150 ml
B		Kamertemperatuur en 0°C

Docentenhandleiding

<p>C</p>		<p>$P_1=0,5 P$ $P_2=0,25 P$</p>
<p>D</p>		<p>Olie en water</p>