



Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „NEWTON”

Temat: Wyznaczanie ciepła właściwego metodą ostygnięcia.

Prawo ostygnięcia Newtona mówi, że szybkość stygnięcia tj. oddawania energii cieplnej do otoczenia jest proporcjonalna do różnicy temperatur ostygającego materiału i otoczenia:

$$-\frac{dQ}{dt} \sim (T_{\text{cieczy}} - T_{\text{otoczenia}})$$

Ciepło właściwe określa ilość energii, jaką należy wymienić z ciałem, aby zmienić temperaturę jednostki masy ciała (1 kilograma) o jeden stopień (1 K lub 1°C).

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

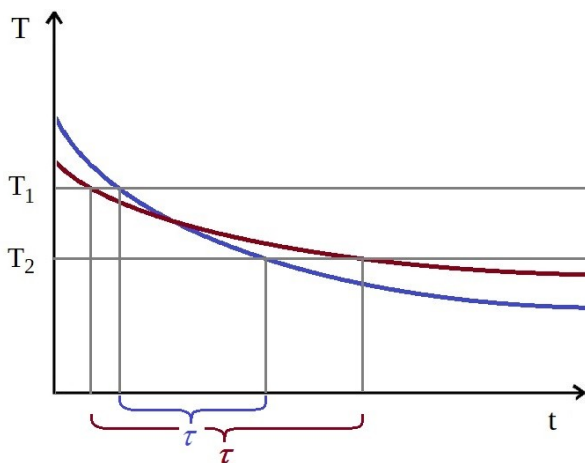
Ilość wymienionego ciepła można zapisać jako różniczkę: $dQ = m \cdot c \cdot dT$

Prawo ostygnięcia przyjmuje wtedy postać różniczkową:

$$-\frac{m \cdot c \cdot dT}{dt} = k(T_{\text{cieczy}} - T_{\text{otoczenia}})$$

gdzie: k jest stałą, związaną z warunkami ostygnięcia, a iloczyn $m \cdot c$ (masa razy ciepło właściwe) jest pojemnością cieplną.

Okazuje się więc, że szybkość ostygnięcia dT/dt jest odwrotnie proporcjonalna do pojemności cieplnej.



Oznaczmy czas ostygnięcia w danym zakresie temperatur jako $\tau = t(T_2) - t(T_1)$.

Przeprowadzając doświadczenie dla dwóch różnych cieczy, stygnących w takich samych warunkach, możemy zauważyć, że stosunek czasów ostygnięcia będzie dwóch cieczy będzie równy stosunkowi ich pojemności cieplnych:

$$\frac{\tau_{\text{wody}}}{\tau_{\text{cieczy}}} = \frac{m_{\text{wody}} \cdot c_{\text{wody}}}{m_{\text{cieczy}} \cdot c_{\text{cieczy}}}$$

Stąd, ciepło właściwe nieznanej cieczy c_c możemy wyznaczyć, jeśli znamy ciepło właściwe cieczy wzorcowej (np. wody):

$$c_{\text{cieczy}} = c_{\text{wody}} \frac{m_{\text{wody}} \cdot \tau_{\text{cieczy}}}{m_{\text{cieczy}} \cdot \tau_{\text{wody}}}$$

Uwaga. W powyższych rozważaniach:

$T, dT, \Delta T$ odnoszą się do temperatury i jej zmian, wyrażonych w kelwinach bądź stopniach Celsjusza, t, dt, τ odnoszą się do czasu wyrażonego w sekundach bądź minutach.

Pytania do przygotowania:

„NEWTON”

Temat: Wyznaczanie ciepła właściwego metodą ostygnięcia.

1. Podaj definicję ciepła i jego jednostkę.
2. Podaj definicję ciepła właściwego i podaj jego jednostkę.
3. Podaj przybliżoną wartość ciepła właściwego wody i oleju.
4. Ile energii cieplnej należy dostarczyć by ogrzać jeden kilogram wody o 10 K?
5. Wyjaśnij co to jest temperatura i podaj jej jednostkę w układzie SI.
6. Omówić skale temperatur Kelwina i Celsjusza.
7. Ile wynosi temperatura wrzenia wody w skali Celsjusza oraz w skali Kelwina?
8. Ile wynosi temperatura zamarzania wody w skali Celsjusza oraz w skali Kelwina?
9. Omówić skalę temperatur Fahrenheita.
10. Narysuj wykres zależności temperatury ciała ostygającego od czasu i podaj cechy funkcji eksponencjalnej.
11. Jakie są sposoby przekazywania energii?
12. Co to jest termometr? Omówić rodzaje termometrów.
13. Omówić zerową zasadę termodynamiki.
14. Omówić zasadę działania termopary.
15. Omów budowę termosu.

„NEWTON”

Temat: Wyznaczanie ciepła właściwego metodą ostygnięcia.

Baza teoretyczna

Ciepło właściwe to ilość energii, jaką należy wymienić z ciałem, aby zmienić temperaturę jednostki masy ciała (1 kilograma) o jeden stopień (1 K lub 1°C).

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

Prawo ostygnięcia Newtona mówi, że szybkość stygnięcia tj. oddawania energii cieplnej do otoczenia jest proporcjonalna do różnicy temperatur ostygającego materiału i otoczenia:

$$-\frac{m \cdot c \cdot dT}{dt} = k(T_{\text{cieczy}} - T_{\text{otoczenia}})$$

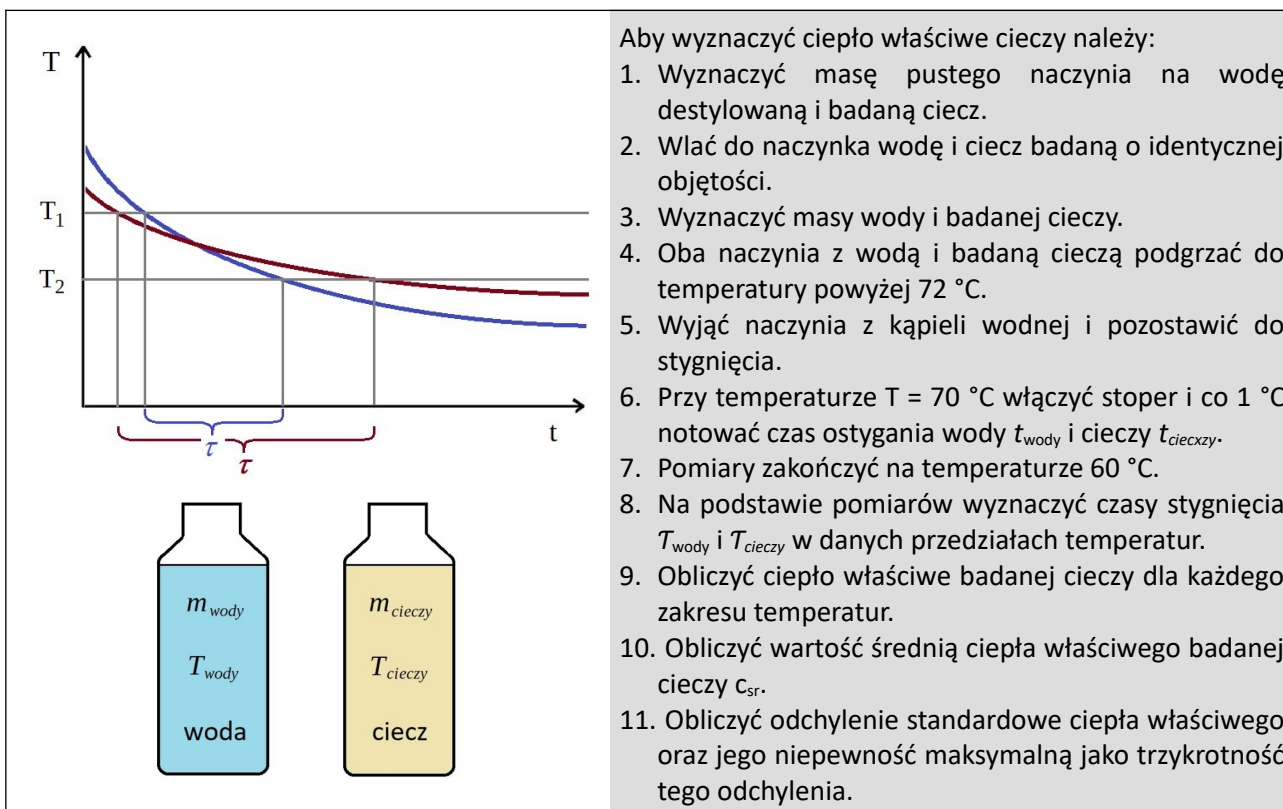
Wynika stąd, że szybkość ostygnięcia dT/dt jest odwrotnie proporcjonalna do pojemności cieplnej $m \cdot c$.

Dla dwóch różnych cieczy, stygnących w takich samych warunkach, stosunek czasów ostygnięcia w tych samych zakresach temperatur, będzie równy stosunkowi ich pojemności cieplnych:

$$\frac{\tau_{\text{wody}}}{\tau_{\text{cieczy}}} = \frac{m_{\text{wody}} \cdot c_{\text{wody}}}{m_{\text{cieczy}} \cdot c_{\text{cieczy}}}$$

Ciepło właściwe badanej cieczy, wyznaczmy metodą ostygnięcia ze wzoru $c_{\text{cieczy}} = c_{\text{wody}} \frac{m_{\text{wody}} \cdot \tau_{\text{cieczy}}}{m_{\text{cieczy}} \cdot \tau_{\text{wody}}}$, jeśli

wiemy, że ciepło właściwe wody to $c_{\text{wody}} = 4200 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$



Sprawozdanie

.....
Nazwisko i Imię

.....
Data

„NEWTON”

Temat: Wyznaczanie ciepła właściwego metodą ostygnięcia.

1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T	[°C]	70	69	68	67							
t_{wody}	[s]											
t_{cieczy}	[s]											

$$m_{wody} = \dots \qquad m_{cieczy} = \dots \qquad c_{wody} = 4200 \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

2. Obliczenia przykładowe (odnoszą się do pomiarów nr 3 i 4)

$$\tau_{wody}(68 \rightarrow 67) = t_{wody}(67) - t_{wody}(68) =$$

$$\tau_{cieczy}(68 \rightarrow 67) = t_{cieczy}(67) - t_{cieczy}(68) =$$

$$c_{cieczy} = c_{wody} \frac{m_{wody} \cdot \tau_{cieczy}}{m_{cieczy} \cdot \tau_{wody}} =$$

3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T	[°C]	70-69	69-68	68-67							
τ_{wody}	[s]										
τ_{cieczy}	[s]										
c_{cieczy}	[...]										

4. Oblicz:

Średnie ciepło właściwe badanej cieczy:

$$c_{\acute{s}r} =$$

Odchylenie standardowe ciepła właściwego:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (c_i - c_{\acute{s}r})^2}{N}} =$$

gdzie: c_i – wartość współczynnika dla kolejnego pomiaru,

$c_{\acute{s}r}$ – średnia wartość współczynnika załamania n ,

N – liczba pomiarów.

5. Podsumowanie

Wyznaczona średnia wartość ciepła właściwego badanej cieczy wynosi: $c_{\acute{s}r} = \dots$

Niepewność maksymalna wyznaczonego ciepła właściwego wynosi: $3 \cdot \sigma_c =$

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych: