

Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „OSTYGANIE”

Szybkość oddawania energii cieplnej jest proporcjonalna do różnicy temperatur ostygającego materiału i otoczenia:

$$-\frac{dQ}{dt} \sim (T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA})$$

Ciepło właściwe (pojemność cieplna właściwa) określa ilość energii, jaką należy wymienić z ciałem, aby zmienić jego temperaturę o jeden stopień, w odniesieniu do jednostki masy.

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

Różniczkowa definicja ciepła właściwego: $dQ = mc dT$

Prawo ostygania przyjmuje więc postać różniczkową:

$$-\frac{mc dT}{dt} = k(T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA})$$

k – stała, związana z warunkami ostygania.

Po rozdzieleniu zmiennych stronami (T – temperatura z lewej; t – czas z prawej):

$$-\frac{dT}{(T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA})} = -\frac{k}{mc} dt$$

oraz, po obustronnym scałkowaniu:

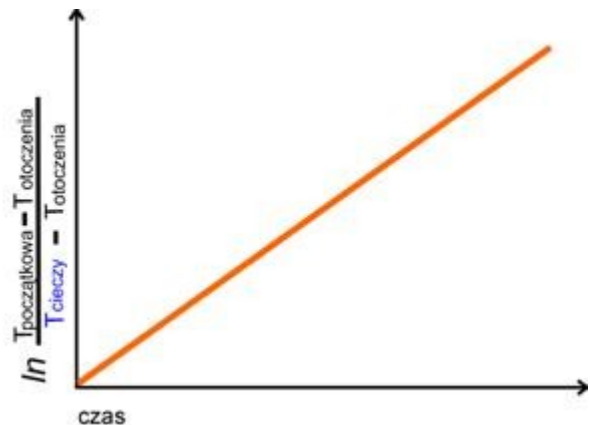
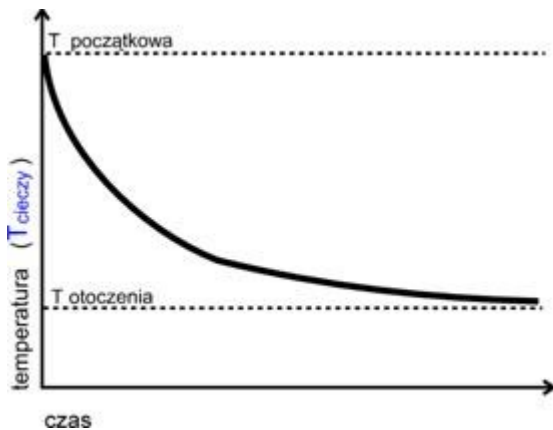
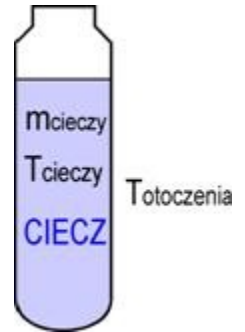
$$\ln(T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA}) = -\frac{k}{mc} t + const$$

Stałą całkowania ‘const’ identyfikujemy jako $\ln(T_{POCZĄTKOWA CIECZY} - T_{OTOCZENIA})$ i po podstawieniu otrzymujemy:

$$\ln \frac{T_{POCZĄTKOWA CIECZY} - T_{OTOCZENIA}}{T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA}} = \frac{k}{mc} t$$

Po skorzystaniu z definicji logarytmu otrzymuje się całkową postać prawa ostygania:

$$T_{CIECZY}(t) = (T_{POCZĄTKOWA CIECZY} - T_{OTOCZENIA}) e^{-\frac{k}{mc} t} + T_{OTOCZENIA}$$



Zagadnienia do przygotowania:

- ciepło (jako forma energii) i ciepło właściwe substancji,
- prawo ostygania: sens i postać całkowa,
- linearyzacja prawa ostygania (funkcja eksponencjalna i logarytm naturalny).

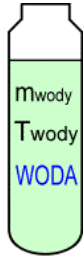
„OSTYGANIE”

Student 1: Wyznaczanie ciepła właściwego metodą ostygnięcia.

Student 2: Sprawdzanie zależności temperatury ostygającego ciała od czasu.

Baza teoretyczna

Zależność temperatury ciała od czasu jego ostygnięcia wyraża się zależnością:



Totoczenia

$$T_{CIECZY}(t) = (T_{POCZĄTKOWA CIECZY} - T_{OTOCZENIA}) e^{-\frac{k}{mc}t} + T_{OTOCZENIA}$$

którą można przekształcić do postaci zlinearyzowanej:

$$\ln \frac{T_{POCZĄTKOWA CIECZY} - T_{OTOCZENIA}}{T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA}} = \frac{k}{mc} t$$



$a_{wody} = \frac{k}{m_{wody} \cdot c_{wody}} \quad \text{oraz} \quad a_{oleju} = \frac{k}{m_{oleju} \cdot c_{oleju}}$ <p>zatem $c_{oleju} = \frac{m_{wody} \cdot a_{wody}}{m_{oleju} \cdot a_{oleju}} c_{wody}$</p>	
<p>Zatem, aby wyznaczyć ciepło właściwe oleju należy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykonać pomiary masy oleju i wody - wykonać pomiary zależności temperatury ostygających cieczy od czasu, - na jednym arkuszu sporządzić wykresy zależności: $\ln \frac{T_{POCZĄTKOWA CIECZY} - T_{OTOCZENIA}}{T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA}} \quad \text{od czasu } t$ - odczytać wartości nachyleń obydwu wykresów a_{wody} i a_{oleju} oraz obliczyć wartość ciepła właściwego oleju c_{oleju} korzystając z tablicowej wartości c_{wody} 	<p>Zatem, aby sprawdzić zależność temperatury ostygającego ciała (oleju) od czasu, należy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykonać pomiary zależności temperatury ostygającego oleju od czasu, - sporządzić wykres: $\ln \frac{T_{POCZĄTKOWA CIECZY} - T_{OTOCZENIA}}{T_{CIECZY} - T_{OTOCZENIA}} \quad \text{od czasu } t$ - zanalizować jego liniowość.

„OSTYGANIE”

Student 1: Wyznaczanie ciepła właściwego metodą ostygnięcia.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	[s]										
T_{WODY}	[°C]										
T_{OLEJU}	[°C]										

$m_{\text{oleju}} = \dots$

$m_{\text{wody}} = \dots$

$T_{\text{OTOCZENIA}} = \dots$

$\Delta t = \dots$

$\Delta T_{\text{WODY}} = \Delta T_{\text{OLEJU}} = \dots$

$\Delta T_{\text{OTOCZENIA}} = \dots$

III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 3)

$$A = \ln \frac{T_{\text{POCZĄTKOWA WODY}} - T_{\text{OTOCZENIA}}}{T_{\text{WODY}} - T_{\text{OTOCZENIA}}} = \dots$$

$$B = \ln \frac{T_{\text{POCZĄTKOWA OLEJU}} - T_{\text{OTOCZENIA}}}{T_{\text{OLEJU}} - T_{\text{OTOCZENIA}}} = \dots$$

$$\Delta A = \frac{\Delta T_{\text{WODY}} + \Delta T_{\text{OTOCZENIA}}}{T_{\text{POCZĄTKOWA WODY}} - T_{\text{OTOCZENIA}}} + \frac{\Delta T_{\text{WODY}} + \Delta T_{\text{OTOCZENIA}}}{T_{\text{WODY}} - T_{\text{OTOCZENIA}}} = \dots$$

$$\Delta B = \frac{\Delta T_{\text{OLEJU}} + \Delta T_{\text{OTOCZENIA}}}{T_{\text{POCZĄTKOWA OLEJU}} - T_{\text{OTOCZENIA}}} + \frac{\Delta T_{\text{OLEJU}} + \Delta T_{\text{OTOCZENIA}}}{T_{\text{OLEJU}} - T_{\text{OTOCZENIA}}} = \dots$$

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	[s]										
A	[...]										
B	[...]										
ΔA	[...]										
ΔB	[...]										

$\Delta t = \dots$

III.4. Wykres

+ obliczenie a_{wody} i a_{oleju} (nachylenia prostych „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie a'_{wody} i a'_{oleju} (nachylenia prostych odchylnych – jedna w górę druga w dół)

+ korzystając z tablicowej wartości c_{wody} obliczenie $c_{\text{oleju}} = \frac{m_{\text{wody}} \cdot a_{\text{wody}}}{m_{\text{oleju}} \cdot a_{\text{oleju}}} c_{\text{wody}}$ oraz c'_{oleju} i Δc_{oleju}

IV. Podsumowanie

Wyznaczona wartość ... wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

„OSTYGANIE”

Student 2: Sprawdzanie zależności temperatury ostygającego ciała od czasu.

I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

II. Przebieg ćwiczenia

II.1. Przebieg czynności

II.2. Szkic układu pomiarowego

III. Wyniki

III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	[s]										
T_{OLEJU}	[°C]										

$$\Delta t = \dots \quad T_{OTOCZENIA} = \dots$$

$$\Delta T_{OLEJU} = \dots \quad \Delta T_{OTOCZENIA} = \dots$$

III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 12)

$$B = \ln \frac{T_{POCZĄTKOWA OLEJU} - T_{OTOCZENIA}}{T_{OLEJU} - T_{OTOCZENIA}} = \dots$$

$$\Delta B = \frac{\Delta T_{OLEJU} + \Delta T_{OTOCZENIA}}{T_{POCZĄTKOWA OLEJU} - T_{OTOCZENIA}} + \frac{\Delta T_{OLEJU} + \Delta T_{OTOCZENIA}}{T_{OLEJU} - T_{OTOCZENIA}} = \dots$$

III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	[s]										
B	[...]										
ΔB	[...]										

$$\Delta t = \dots$$

III.4. Wykres

IV. Podsumowanie

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

Ewentualnie: Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.