

# Wstęp cw 26

April 2025

## Wstęp teoretyczny

### Pojęcia ciepła i temperatury

**Ciepło** jest formą przekazywania energii wewnętrznej pomiędzy układami w wyniku różnicy temperatur. W przeciwieństwie do pracy, ciepło nie jest związane z uporządkowanym ruchem makroskopowym cząstek, lecz z mikroskopowymi procesami wewnętrznymi. **Temperatura** jest skalarną wielkością fizyczną określającą stan termiczny ciała i jest miarą średniej energii kinetycznej ruchu termicznego cząsteczek tworzących substancję. Jednostką temperatury w układzie SI jest kelwin (K).

### Zasada zachowania energii w odniesieniu do ciepła. Bilans cieplny

Zasada zachowania energii głosi, że energia nie może być tworzona ani niszczone — może jedynie zmieniać formę. W kontekście procesów cieplnych oznacza to, że suma przekazanych ilości ciepła między wszystkimi składnikami układu izolowanego musi wynosić zero:

$$\sum_i Q_i = 0$$

gdzie  $Q_i$  to ilość ciepła wymieniona przez  $i$ -ty składnik układu.

Dla układu składającego się z badanego ciała, wody i kalorymetru bilans cieplny przyjmuje postać:

$$m_c c_c (T_c - T_k) + m_w c_w (T_p - T_k) + m_k c_k (T_p - T_k) = 0$$

gdzie:  $m$  — masa,  $c$  — ciepło właściwe,  $T$  — temperatura, a indeksy  $c$ ,  $w$ ,  $k$  odpowiadają kolejno badanemu ciału, wodzie i kalorymetrowi, natomiast  $T_p$  i  $T_k$  oznaczają temperaturę początkową i końcową.

### Kalorymetria

**Kalorymetria** to dział fizyki zajmujący się pomiarem ilości ciepła wymienianego podczas procesów fizycznych i chemicznych. Podstawowym urządzeniem wykorzystywanym w tych pomiarach jest **kalorymetr** — naczynie zapewniające minimalną wymianę ciepła z otoczeniem. Uwzględnienie pojemności cieplnej kalorymetru jest niezbędne dla poprawnego przeprowadzenia bilansu cieplnego.

### Pojemność cieplna ciał stałych, ciepło właściwe i jego zależność od temperatury

**Pojemność cieplna**  $C$  ciała określa ilość ciepła potrzebną do zmiany temperatury całego ciała o jednostkę temperatury:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

**Ciepło właściwe**  $c$  definiuje się jako ilość ciepła potrzebną do zmiany temperatury jednostki masy substancji o jednostkę temperatury:

$$c = \frac{Q}{m \Delta T}$$

Ciepło właściwe ciał stałych w ogólności zależy od temperatury, zwłaszcza w zakresie niskich temperatur (kilkadzieiesiąt K). W temperaturze pokojowej dla większości metali ciepło właściwe można jednak traktować jako stałe.

## Prawo Dulonga i Petita

**Prawo Dulonga i Petita** stwierdza, że dla większości ciał stałych w temperaturze pokojowej molowa pojemność cieplna wynosi około:

$$C_m \approx 3R$$

gdzie  $C_m$  to molowa pojemność cieplna, a  $R$  to stała gazowa ( $R \approx 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ). Przekłada się to na przybliżoną wartość ciepła właściwego metali:

$$c \approx \frac{3R}{M}$$

gdzie  $M$  to masa molowa substancji. Prawo to wynika z klasycznego modelu drgań atomów w sieci krystalicznej i obowiązuje w temperaturach dużo wyższych od temperatury Debye'a.

## Idealny i rzeczywisty przebieg wymiany ciepła w kalorymetrze — metoda interpolacji

W idealnym przypadku wymiana ciepła między ciałem a wodą zachodzi natychmiastowo, bez strat do otoczenia. W rzeczywistości proces trwa pewien czas i w jego trakcie zachodzi częściowa wymiana ciepła z otoczeniem oraz zmiana temperatury wody i ciała.

Aby zminimalizować błędy pomiarowe wynikające z nieidealności procesu, stosuje się **metodę interpolacji**: sporządza się wykres temperatury w funkcji czasu przed wrzuceniem ciała oraz po wrzuceniu, a następnie ekstrapoluje się te przebiegi do chwili zetknięcia ( $t = 0$ ), wyznaczając interpolowane wartości temperatury odpowiadające hipotetycznie nieskończonego szybkiego przebiegowi wymiany ciepła.