

POLITECHNIKA



BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ



**INŻYNIERII
ZARZĄDZANIA**

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

Fizyka drewna

Kod przedmiotu: **IMS02846, IMN02846**

Ćwiczenie nr 2

CIEPLNE WŁAŚCIWOŚCI DREWNA

Opracował:

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2020

Wszystkie prawa zastrzeżone

Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.

Laboratorium „Fizyka drewna”

Ćw. Nr2 „Ciepłne właściwości drewna”

CEL ĆWICZENIA: Zapoznanie studentów z cieplnymi właściwościami drewna oraz metodami i techniką pomiaru tych właściwości.

1. Podstawy teoretyczne

Podstawowe wielkości cieplne charakteryzujące ciała stałe to ciepło właściwe i przewodność cieplna. Ciepło właściwe c wskazuje nam ile potrzebne jest ciepła do zmiany temperatury ciała w jednostkowej masie o jedną jednostkę:

$$c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T} \quad [\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{deg})], \quad (1)$$

gdzie: ΔQ – ilość ciepła dostarczonego [J];

m – masa ciała [kg];

ΔT – różnica temperatur [K], [°C].

Ilość ciepła Q pobranego przy ogrzaniu ciała od temperatury T_1 do temperatury T_2 (lub oddanego przy jego stygnięciu od T_2 do T_1) zależy od rodzaju ciała i jest proporcjonalna do jego masy m i różnicy temperatury:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T. \quad (2)$$

Przewodność cieplna (właściwa) jest to zdolność substancji do przewodzenia ciepła. W tych samych warunkach więcej ciepła przepłynie przez substancję o większej przewodności cieplnej. Inne nazwy tej wielkości fizycznej to: przewodnictwo cieplne, współczynnik przewodzenia ciepła, współczynnik przewodności cieplnej, współczynnik przewodnictwa cieplnego (symbol λ lub k).

Przewodność cieplną wyznaczamy ze wzoru:

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{t \cdot S \cdot \Delta T} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{deg}} \right],$$

gdzie: d - grubość przegrody;

S - pole przekroju, przez który przepływa ciepło;

t - czas przepływu;

Q - ilość ciepła przepływającego przez ciało;

ΔT – różnica temperatur w kierunku przewodzenia ciepła.

Ciała charakteryzuje też stała czasowa, która określa szybkość z jaką dane ciało nagrzewa się lub traci zgromadzone ciepło:

$$\tau = \frac{m \cdot c}{S \cdot \alpha} \quad [\text{s}],$$

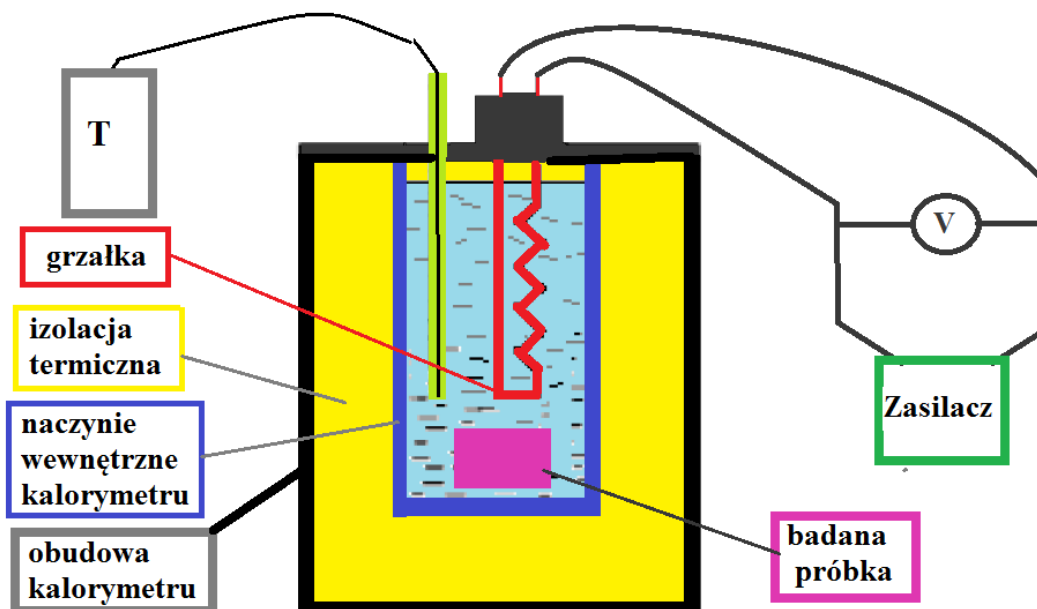
gdzie: α – współczynnik przejmowania ciepła.

Ciepło właściwe oraz przewodność cieplna są odpowiedzialne za to jak szybko dane ciało nagrzewa się lub traci zgromadzoną energię. Oczywiście wpływ na proces wymiany ciepła ma też powierzchnia ciała, jego masa oraz środowisko w jakim następuje wymiana ciepła. W tabeli 1 przedstawione zostały właściwości cieplne wybranych materiałów.

Tabela 1. Właściwości cieplne wybranych materiałów

Nazwa materiału		Gęstość (średnia) ρ	Współczynnik przewodzenia ciepła λ (warunki średnio wilgotne)	Ciepło właściwe c
		kg/m ³	W/(m · K)	J/(kg·K)
sosna i świerk	w poprzek włókien	550	0,16	2510
	wzdłuż włókien	550	0,30	2510
dąb	w poprzek włókien	800	0,22	2510
	wzdłuż włókien	800	0,40	2510
sklejka		600	0,16	2510
płyty pilśniowe	porowate	300	0,06	2510
	twarde	1000	0,18	2510
styropian		12	0,043	1460
woda		997,8	0,6	4190
mosiądz		8400–8700	110	388
stal		7500–7900	58	460
aluminium		2720	230	896

Do wyznaczania ciepła właściwego posługujemy się kalorymetrem (rys.1). Kalorymetr skonstruowany jest tak, aby ciała znajdujące się w nim były odizolowane termicznie od otoczenia. Składa się on z naczynia wewnętrznego, nazywanego często kalorymetrem właściwym i naczynia zewnętrznego, pełniącego rolę osłony adybatycznej, chroniącej kalorymetr właściwy przed wymianą ciepła z otoczeniem. Temperaturę we wnętrzu kalorymetru mierzymy termometrem. Przy takiej izolacji wnętrza kalorymetru od otoczenia, zgodnie z zasadą zachowania energii, ilość ciepła dostarczonego jest równa ilości ciepła pobranego.



Rys.1. Kalorymetr z układem zasilania: T – termometr, V – woltomierz do kontroli napięcia zasilania

W celu wyznaczenia ciepła właściwego niezbędne jest ułożenie równania bilansu cieplnego:

$$Q_{\text{strat}} = Q_{\text{zysku}} \quad (2)$$

W przypadku, gdy do kalorymetru wypełnionego wodą włożymy próbkę materiału (którego ciepło właściwe będziemy wyznaczać) o temperaturze o znacznie wyższej od temperatury wody w kalorymetrze to zgromadzone ciepło z próbki zostanie zużyte na pogrzanie wody i naczynia wewnętrznego kalorymetru. Ciepło strat wyniesie:

$$Q_{\text{strat}} = c_{\text{wp}} \cdot m_p \cdot (T_p - T_u), \quad (3)$$

gdzie: c_{wp} , m_p , T_p – odpowiednio: ciepło właściwe, masa i temperatura materiału próbki;

T_u – temperatura wody w kalorymetrze po zakończeniu procesu wymiany ciepła.

Ciepło zysku wyniesie:

$$Q_{\text{zysku}} = (c_{\text{wk}} \cdot m_k + c_{\text{ww}} \cdot m_w) \cdot (T_u - T_w), \quad (4)$$

gdzie: c_{ww} , m_w , – odpowiednio: ciepło właściwe i masa wody w kalorymetrze;

T_w - temperatura wody przed włożeniem próbki;

c_{wk} , m_k , – odpowiednio: ciepło właściwe i masa naczynia wewnętrznego kalorymetru.

Podstawiając równania (3) i (4) do równania (2) i przekształcając uzyskamy wyrażenie matematyczne do obliczenia wartości szukanego ciepła właściwego:

$$c_{wp} = \frac{(c_{wk} \cdot m_k + c_{ww} \cdot m_w)(T_u - T_w)}{m_p \cdot (T_p - T_u)}. \quad (5)$$

Drugim sposobem wyznaczania ciepła właściwego jest umieszczenie próbki w kalorymtrze z wodą. Po osiągnięciu stanu termicznie ustalonego należy włączyć zasilanie grzałki. Ciepło jest dostarczane przez prąd elektryczny, przepływający przez uzwojenie grzejne, umieszczone w grzałce, a pobierane przez substancje umieszczone w kalorymtrze. W równaniu bilansu ciepła, musimy uwzględnić, że kalorymtr właściwy też bierze udział w procesie wymiany ciepła. Ilość ciepła dostarczonego można obliczyć ze wzoru na pracę prądu elektrycznego:

$$Q_d = Q_{\text{strat}} = U \cdot I \cdot t = U^2 \cdot t / R, \quad (6)$$

gdzie: Q_d – ciepło dostarczone do układu przez grzałkę;

U – napięcie zasilania grzałki;

R – opór elektryczny grzałki;

t – czas pracy grzałki.

Ciepło zysku wyniesie:

$$Q_{\text{zysku}} = (c_{wk} \cdot m_k + c_{ww} \cdot m_w + c_{wp} \cdot m_p) \cdot (T_k - T_p), \quad (7)$$

gdzie: T_p - temperatura wody zmierzona w kalorymtrze przed włączeniem grzałki;

T_k – temperatura wody zmierzona w kalorymtrze po zakończeniu eksperymentu.

Podstawiając równania (6) i (7) do równania (2) i przekształcając uzyskamy wyrażenie matematyczne do obliczenia wartości szukanego ciepła właściwego:

$$c_{wp} = \frac{\frac{U^2}{R} t - (c_{wk} \cdot m_k + c_{ww} \cdot m_w)(T_k - T_p)}{m_p \cdot (T_k - T_p)}. \quad (8)$$

2. Przebieg pomiarów

W celu wyznaczenia ciepła właściwego badanego materiału według zależności (5) należy wykonać następujące czynności:

- a) zważyć badane próbki i zanotować wyniki w tabeli 2;
- b) zważyć wewnętrzne naczynie kalorymetru i zanotować wynik w tabeli 2;
- c) do naczynia wewnętrznego kalorymetru wlać około 200ml wody o temperaturze pokojowej;
- d) zważyć naczynie wewnętrzne kalorymetru z wodą i zanotować wynik w tabeli 2;
- e) wstawić naczynie wewnętrzne do kalorymetru i zmierzyć temperaturę wody T_w , wynik zanotować w tabeli 2;
- f) zagotować wodę i wlać do drugiego naczynia kalorymetrycznego;
- g) włożyć do gorącej wody badane próbki, wymieszać wodę i rozpocząć pomiar temperatury – po ustaleniu się temperatury zanotować T_p w tabeli 2;
- h) przenieść szybko za pomocą pencety próbkę nr1 do naczynia z zimną wodą i mieszając wodę w tym naczyniu rozpocząć pomiar temperatury, w momencie zaobserwowania braku wzrostu temperatury zanotować jej wartość T_u w tabeli 2;
- i) wyjąć próbkę z naczynia, wymieszać wodę i zanotować wartość temperatury T_w w tabeli 2 w komórce odpowiadającej pomiarowi nr1 próbki nr2;
- j) zmierzyć temperaturę gorącej wody T_p w naczyniu z próbkami i zanotować w tabeli 2 w komórce odpowiadającej pomiarowi nr1 próbki nr2;
- k) przenieść szybko za pomocą pencety próbkę nr2 do naczynia z zimną wodą i mieszając wodę w tym naczyniu rozpocząć pomiar temperatury, w momencie zaobserwowania braku wzrostu temperatury zanotować jej wartość T_u w tabeli 2;
- l) powtórzyć punkty i)-k) dla próbki nr 3;
- m) wykonać następne serie pomiarów (2,3,4);
- n) obliczyć wartości przewodności cieplnej badanych próbek, porównać z danymi literaturowymi oraz wyznaczyć błąd względny.

Tabela 2. Wyniki pomiarów

	jednostki	woda	kalorymetr + woda	kalorymetr	próbka		
					Nr1	Nr2	Nr3
ciepło właściwe	$\frac{J}{kg \cdot deg}$	4190	-----	896			
masa	kg						
Nr pomiaru	Rodzaj próbki	Temperatura			Ciepło właściwe C_{wp} $\frac{J}{kg \cdot deg}$		
		T_w	T_p	T_u			
		°C	°C	°C			
1	Nr1						
2							
3							
4							
Wartość średnia C_{wpsr}							
1	Nr2						
2							
3							
4							
Wartość średnia C_{wpsr}							
1	Nr3						
2							
3							
4							
Wartość średnia C_{wpsr}							
		C_{wlit}	C_{wpsr}	δ			
		$J/(kg \cdot deg)$		%			
Rodzaj próbki	Nr1						
	Nr2						
	Nr3						

Laboratorium „Fizyka drewna”

Ćw. Nr2 „Ciepne właściwości drewna”

Dodatkowe pomiary. Ciepło właściwe można wyznaczyć też z zależności (8) budując stanowisko pomiarowe przedstawione na rys. 1. Procedurę pomiarów i konfigurację stanowiska wyjaśni prowadzący ćwiczenia. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli 3. Porównać otrzymane wyniki z tabelą 2.

Tabela 3. Wyniki pomiarów ciepła właściwego

		woda	kalorymetr + woda	kalorymetr
ciepło właściwe J/(kg· deg)		4190		896
Masa kg				
Temperatura początkowa		T _w = °C		
Materiał.....		masakg	T _p =°C	
Czas [s]	Materiał..... masakg T _p =°C	Materiał..... masakg T _p =°C	Materiał..... masakg T _p =°C	

SPRAWOZDANIE POWINNO ZAWIERAĆ

1. Uwagi o przebiegu ćwiczenia.
2. Interpretację wyników pomiarów i przyczyn rozbieżności między wynikami pomiarów.
3. Analizę przyczyn błędów pomiarów.

4. PYTANIA KONTROLNE

1. Wymień metody pomiaru prędkości przepływu powietrza, narysuj budowę jednego z anemometrów i opisz zasadę działania.
2. Wyjaśnij zasadę i przyczyny błędów pomiaru prędkości przepływu prędkości powietrza metodą wskazaną przez prowadzącego ćwiczenie.
3. Porównaj wady i zalety dwóch wskazanych przez wykładowcę metod pomiaru prędkości przepływu powietrza.
4. Narysuj oraz opisz budowę i zasadę działania termorezystora oraz podaj jego wady i zalety.

LITERATURA

1. Kokociński W.: Drewno pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych, Poznań 2006.
2. Budownictwo ogólne, Materiały i wyroby budowlane, T. 1, Arkady, Warszawa 2010.
3. Kotwica J.: Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym, Arkady, Warszawa 2011.
4. Dziurzyń A.: Zarys fizykochemii drewna, Wydaw. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2016.

WYMAGANIA BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ◆ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ◆ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- ◆ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ◆ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ◆ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- ◆ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- ◆ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ◆ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ◆ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ◆ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.