

Termoregulacja

Cel ćwiczenia:

Zapoznanie się z mechanizmami termoregulacji u zwierząt.

Zagadnienia:

Zwierzęta zmienno- i stałocieplne i ich mechanizmy termoregulacyjne

Rola metabolizmu w termoregulacji u zwierząt stałocieplnych; gen *PGC 1α*

Odbieranie i przetwarzanie bodźców o zmianie temperatury

Ciepło i temperatura

Drogi wymiany ciepła

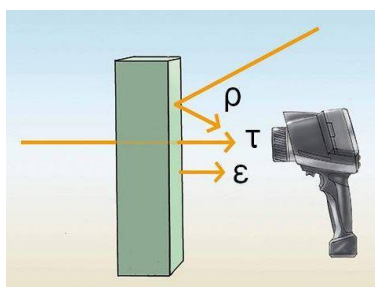
Współczynnik przewodnictwa cieplnego i pojemność cieplna

Promieniowanie podczerwone

Zasada działania termopary

Część I: Promieniowanie podczerwone

Każde ciało, które posiada temperaturę powyżej zera bezwzględnego, emituje promieniowanie podczerwone. Niektóre zwierzęta, np. węże, mają zdolność widzenia w podczerwieni. Za pomocą kamer termowizyjnych, tzw. pirometrów, możemy rejestrować obrazy w podczerwieni. Rejestrowany obraz zawsze składa się z 3 składowych promieniowania, widocznych na ryc. 1.: emisyjność (ϵ) to zdolność materiału do emitowania promieniowania podczerwonego, transmitancja (τ) to zdolność materiału do przepuszczania promieniowania podczerwonego oraz odbicie (ρ). Wybierając kamerę termowizyjną jako narzędzie do pomiaru temperatury, musimy zwrócić uwagę na to jaki jest stosunek emisyjności do odbicia promieniowania danego obiektu.



Ryc. 1. Składowe obrazy rejestrowane za pomocą kamery termowizyjnej.

Obiekty pomiarowe o wysokiej emisyjności ($\epsilon \geq 0.8$); mają niski współczynnik odbicia (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$; ich temperatury mogą być bardzo łatwo mierzone za pomocą kamery termowizyjnej

Obiekty pomiarowe z niskiej emisyjności ($\epsilon \geq 0.6$); posiadają wysoki współczynnik odbicia (ρ): $\rho = 1 - \epsilon$; pomiary temperatury za pomocą kamer termowizyjnych są możliwe, jednakże mogą być obarczone dużymi błędami; prawidłowe ustawienia temperatury odbitej ma znaczący wpływ na końcową wartość zmierzonej temperatury.

Większość organizmów żywych ma wysoki współczynnik emisyjności (0,96-1), natomiast niektóre metale, np. polerowane aluminium mogą mieć ten współczynnik bardzo niski (0,04).

Przebieg doświadczenia

1. Ślady termiczne. Dostępne są 4 rodzaje powierzchni: ceramiczna płytki, papier, folia aluminiowa oraz styropian. Powierzchnie należy rozłożyć na stole i zmierzyć ich temperaturę w niedotykanym miejscu. Jedna osoba przykładą dłoń do ceramicznej płytki na 10 sekund. Następnie co 5 sekund należy rejestrować temperaturę w najcieplejszym miejscu śladu cieplnego aż do jego całkowitego zaniku. Doświadczenie powtórzyć z pozostałymi powierzchniami. Przedstaw przebiegi temperatury w czasie dla wszystkich powierzchni oraz skomentuj obserwacje.

2. Przenikanie promieniowania podczerwonego przez różne materiały. W doświadczeniu należy sprawdzić, które z dostępnych materiałów są przenikalne dla promieniowania podczerwonego, a które je absorbują. W tym celu należy zasłaniać kolejno materiałami ciepły obiekt (np. rękę) nie dotykając powierzchni materiału (aby uniknąć przewodzenia ciepła). W doświadczeniu należy użyć: papieru, szkła, tworzywo sztuczne, gumy, wody. Uzupełnij tabelę i skomentuj zaobserwowane różnice.

Materiał	Promieniowanie podczerwone przenika przez materiał	Promieniowanie podczerwone jest absorbowane
Papier		
Szkło		
Tworzywo sztuczne		
Guma		
Woda		

3. Temperatura różnych części ciała. Należy zmierzyć za pomocą kamery termowizyjnej temperaturę różnych części ciała u 5 osób: głowy pokrytej włosami, oczodołów, języka, czoła, szyi, dłoni. Obserwacje uśrednić, policzyć błąd standardowy i przedstawić na wykresie. Skomentować zaobserwowane różnice.

Część II: Ciepło

Jednym z procesów, które biorą udział w termoregulacji, jest **oddychanie**. Proces ten jest szczególnie ważny u zwierząt, które nie mogą oddawać ciepła na innej drodze, np. poprzez parowanie potu. Dzięki **kalorymetrii** możemy zmierzyć ilość ciepła wydzielonego i pochłoniętego w procesach fizycznych, chemicznych i biologicznych, m.in. podczas oddychania. W poniższym ćwiczeniu istotne będą takie pojęcia jak: 1) Ciepło – wielkość fizyczna określająca zmianę energii wewnętrznej układu wywołaną cieplnym przepływem energii [J]; 2) Ciepło właściwe - jest ilością ciepła potrzebną do ogrzania dowolnego ciała o jeden Kelwin. Jednostką ciepła właściwego jest $[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$; 3) Ciepło przemiany fazowej (ciepło topnienia lub ciepło parowania) - ilość energii, którą w postaci ciepła należy dostarczyć substancji, aby uległa ona przemianie fazowej.

Doświadczenie opiera się na fakcie, że wdychane powietrze ma zwykle temperaturę otoczenia, natomiast wewnątrz dróg oddechowych ogrzewa się do fizjologicznej temperatury ciała i nasycza się parą wodną. W czasie zajęć wyznaczane będzie ciepło pobrane z organizmu w wyniku procesu ogrzewania powietrza.

Przebieg doświadczenia 1

1. Zważyć kalorymetr 1 i kalorymetr 2, wartości zanotować w tabeli (m_{k1} i m_{k2}).
2. W kalorymetrze 1 umieścić siatkę z tworzywa sztucznego i wypełnić kalorymetr lodem (lód musi być suchy i zmrożony). Kalorymetr zamknąć pokrywą z umieszczonym węzłem. Kalorymetr pozostawić na 10 min.
3. Po upływie 10 min wyjąć siatkę z kalorymetru 1, otrząsnąć z nadmiaru wody i przełożyć do kalorymetru 2.
4. Kalorymetr 2 zamknąć szczelnie pokrywą z węzłem i przez 10 minut wydychać powietrze do kalorymetru za pomocą ustnika. Oddech powinien być jak najbardziej zbliżony do normalnego. Wydychać powietrze do kalorymetru przez 10 min.

- W międzyczasie zważyć kalorymetr 1 wraz z wytopioną wodą (m_{kw1}).
- Po upływie 10 minut wyjąć siatkę z kalorymetru 2, otrząsnąć z nadmiaru wody i zużyty lód usunąć do zlewu.
- Zważyć kalorymetr 2 wraz z wytopioną wodą (m_{kw2}).

Analiza wyników

- Uzupełnić tabelę.

kalorymetr 1			kalorymetr 2			m_{wp}	T_0	T_c	T_p	c_t
m_{k1}	m_{kw1}	m_{w1} ($m_{k1} - m_{kw1}$)	m_{k2}	m_{kw2}	m_{w2} ($m_{k2} - m_{kw2}$)					
						3,3g	0°C	36,6°C		332 kJ*kg ⁻¹

m_{wp} – masa pary wodnej skroplonej podczas wydychania powietrza; T_0 – temperatura topnienia lodu; T_c – temperatura ciała; T_p – temperatura powietrza; c_t – ciepło topnienia wody.

- Całkowite ciepło stracone przez wydychanie powietrza obliczyć ze wzoru:

$$Q_1 = (m_{w2} - m_{w1} - m_{wp})c_t$$

- Ciepło Q_1 jest równe ciepłu, jakie straciłby organizm przez oddychanie, gdyby odbywało się ono w temperaturze topnienia lodu $T_0 = 0^\circ\text{C}$. Doświadczenie przeprowadzamy w temperaturze pokojowej. Obliczyć ciepło Q wydzielone przez organizm poprzez wydychanie w temperaturze pokojowej T_p na podstawie proporcji:

$$Q = Q_1 \frac{T_c - T_p}{T_c - T_0}$$

Przebieg doświadczenia 2

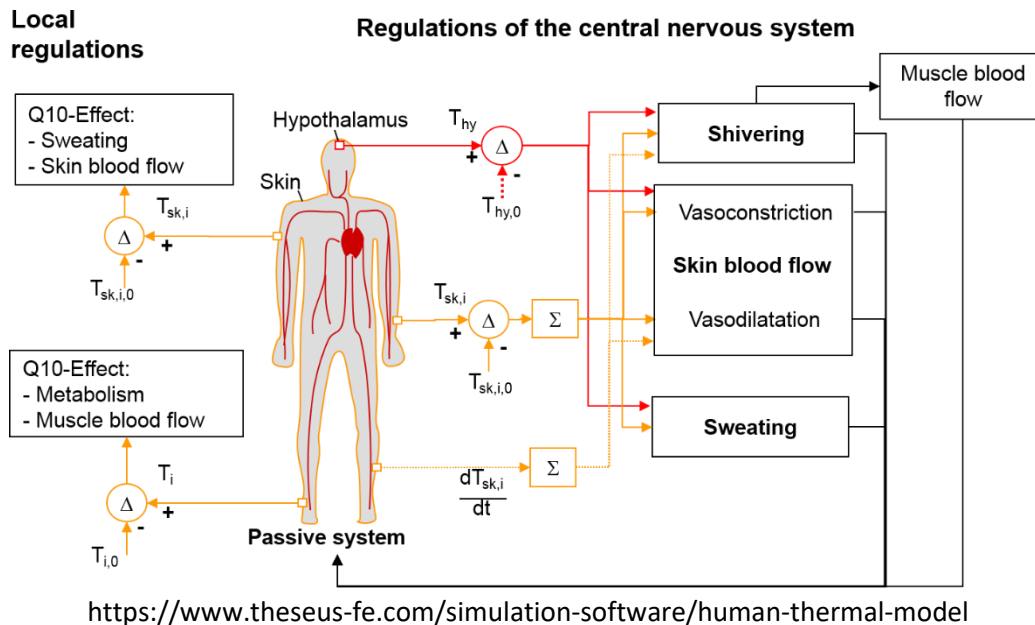
- Otwórz symulację https://javalab.org/en/boiling_point_en/. W symulacji możesz dostarczyć ciepło do próbki wody a zmiany temperatury tej próbki w czasie są prezentowane na wykresie. Dla dowolnej próbki wody (o dowolnej masie) oblicz ilość ciepła przekazywaną do układu w ciągu 1 s. Skorzystaj z poniższych wskazówek.
- Ciepło topnienia lub parowania możesz policzyć według wzorów

$$Q = m * c_t$$

$$Q = m * c_p$$
- Przyjmij, że ciepło właściwe dla wody w stanie ciekłym wynosi około 4200 [J/kg*K], dla stanu stałego (lód) i gazowego (para wodna) wartość ta jest o połowę mniejsza i wynosi kolejno 2100 [J/kg*K] oraz 2000 [J/kg*K]. Ciepło topnienia wynosi 332 kJ/kg a ciepło parowania 2 257 kJ/kg

Termoregulacja u zwierząt zmiennocieplnych

Termoregulacja organizmów stałocieplnych jest złożonym procesem, jednakże można ją sprowadzić do poniższego diagramu:



Procesy termoregulacyjne, zachodzące u zwierząt stałocieplnych, zależą silnie od parametrów środowiska. Wśród tych parametrów najważniejszym jest temperatura otoczenia, ale bardzo istotne są również parametry takie jak wilgotność i prędkość powietrza, czy tempo metabolizmu/aktywność prowadzona przez organizm.

Ćwiczenie polega na analizie modelu matematycznego temperatury komfortu człowieka w zależności od zmieniających się warunków. Model dostępny jest pod linkiem: <https://comfort.cbe.berkeley.edu/phs>

Przebieg ćwiczenia:

- Wybierz zakładkę EN-16798. W tej części symulacji komfort termiczny będzie wyznaczany wg normy termicznej obowiązującej w Unii Europejskiej.
- Z listy nad wykresem po prawej stronie wybierz “Relative humidity vs air temperature” jako sposób wyświetlania danych.
- Zauważ, że na osi X temperatura jest wyrażona jako “Dry-bulb temperature”, czyli temperatura suchego termometru. W prawej, górnej części wykresu znajdują się skróty różnych parametrów, których hiperlinki prowadzą do właściwych haseł w Wikipedii.
 - Czym jest “dry-bulb temperature” i dlaczego jest tutaj stosowana?
 - Czym jest “wet-bulb temperature” i jakie dodatkowe informacje niesie za sobą ta wartość?
 - Korzystając z danych na wykresie (zauważ, że parametry w prawym, górnym rogu zmieniają się zgodnie z położeniem kursora) wykreśl zależność temperatury mokrego termometru (t_{wb}) od względnej wilgotności (rh) dla dwóch wybranych temperatur powietrza mierzonych suchym termometrem.
 - Opisz obserwacje. W jaki sposób i dlaczego temperatura mokrego termometru zmienia się wraz z wilgotnością? Czy ta zależność zmienia się wraz ze zmianą temperatury suchego termometru? Dlaczego?
- Zmieniając wartości parametrów w lewym panelu wypisz parametry, które wpływają na przesuwanie się zakresu temperatury komfortu:
- Wykonaj symulację komfortu termicznego człowieka w pomieszczeniu:
 - temperatura powietrza $t_{db} = 20^\circ\text{C}$,
 - Średnia temperatura promieniowania (człowiek jest sam w pomieszczeniu i nie ma innych źródeł promieniowania): mean radiant temp. = 20°C
 - Prędkość powietrza: 0,1 m/s
 - Względna wilgotność: 50%
 - Człowiek wykonuje pracę przed komputerem: metabolic rate: 1.1
 - Człowiek jest ubrany w koszulę i spodnie: dynamic clothing insulation: 0.61

- Jaki jest zakres komfortu termicznego dla tej osoby i czy przy obecnych parametrach jest ona w zakresie komfortu?

- B) Jeżeli w pomieszczeniu znajdzie się więcej osób, które emitują promieniowanie i mean radiant temp. = 30°C, to jak zmieni się zakres komfortu termicznego i czy przy tych parametrach osoba będzie w temperaturze komfortu?
- C) Wróć z powrotem do mean radiant temp. = 20°C. Jak zmieni się zakres komfortu termicznego, jeżeli osoba będzie spacerować po pomieszczeniu?
6. Przejdź do zakładki PHS. Ta symulacja pozwala przewidzieć maksymalny czas, który człowiek może spędzić w środowisku o zadanych parametrach bez uszczerbku na zdrowiu (zwróć uwagę na legendę wykresu). Wykonaj wykres zależności maksymalnego czasu przebywania w określonych warunkach od względnej wilgotności powietrza dla temperatur 30 i 35 (pamiętaj, aby zmienić też wartość mean radiant temp.), uwzględniając prędkość powietrza 0,1 m/s, clothing level: 0,36 oraz metabolic rate 2,6 (marsz).
Wyciągnij wnioski: