



Ciepłota i jej ruch

Czy ciepło potrafi się ruszać?

Promieniowanie

Przewodzenie

Konwekcja

Przewodność cieplna



Współczynnik
przenikania ciepła

Wnikanie

Przenikanie

Ciepło właściwe

Pojemność cieplna

Ruch ciepła

Ruch ciepła czyli wymiana ciepła to pojęcie obejmujące cały kompleks zasad i rodzajów przenoszenia ciepła między ciałami lub wewnątrz ciała.

Aby nastąpił ruch ciepła musi zaistnieć różnica temperatur.



<https://www.coppercolorado.com/>



<https://geographical.co.uk/nature/climate/item/3296-sun-block>

Ruch ciepła

Głównym zagadnieniem do wyznaczenia przy ruchu ciepła jest obliczenie ilości przenoszonej energii cieplnej Q [J] i jednocześnie obliczenie powierzchni wymiany ciepła A [m²].

Ilość ciepła można definiować poprzez:

- strumień cieplny Q_h [J/s]
- gęstość strumienia cieplnego q [W/m²]



<https://www.pngegg.com/pl/png-dhpib>

Ruch ciepła

$$\text{Strumień ciepły } Q_h = \frac{dQ}{dt} \text{ [J/s]=[W]}$$

$$\text{Gęstość strumienia ciepłego } q = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta Q_h}{\Delta A} \right) \text{ [W/m}^2\text{]}$$

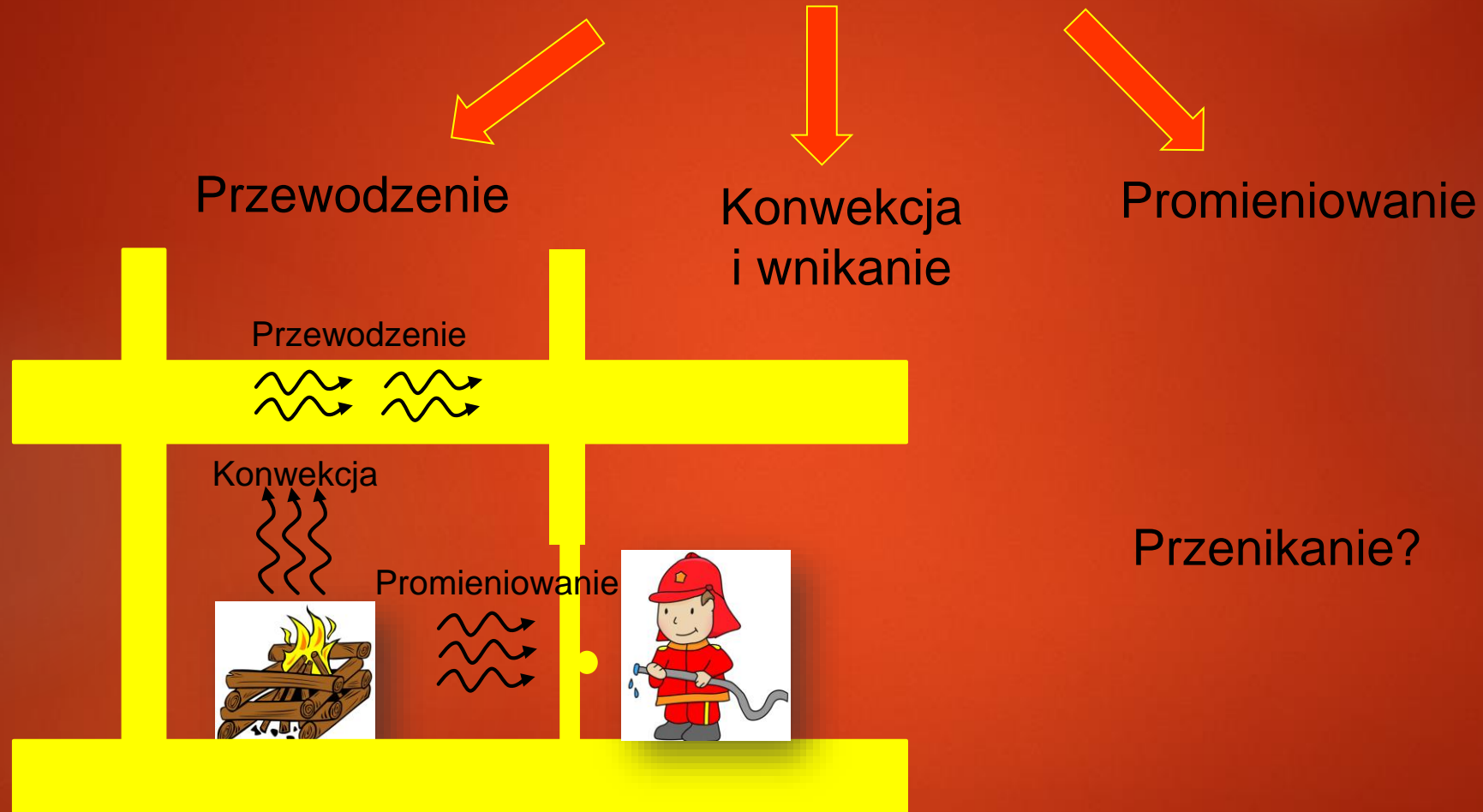
Gdy gęstość strumienia jest stała na danej powierzchni, czyli mamy ustalony ruch ciepła to możemy to zapisać w postaci:

$$q = \frac{Q_h}{A}$$



<https://www.pngegg.com/pl/png-dhpib>

Sposoby przekazywania ciepła



<https://publicdomainvectors.org/pl/wektorow-swobodnych/Ognisko-wektor-clipart/12334.html>
<http://www.euoprymusek.pl/2020/02/23/poznajemy-zawody-strazak/>



Przewodzenie

Przewodzenie - proces wymiany ciepła między ciałami o różnej temperaturze pozostającymi ze sobą w bezpośrednim kontakcie.

Proces prowadzi do wyrównania temperatury między ciałami.

Przyczyną tego procesu jest **różnica** temperatur między ciałami.

Gęstość strumienia cieplnego jest proporcjonalna do gradientu mierzonego wzdłuż kierunku przepływu ciepła.

Opisuje to prawo Fouriera dla przypadku przewodzenia jednokierunkowego.

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad \lambda \text{ [W/mK]}$$

Współczynnik przewodzenia ciepła - wyznacza ile ciepła przepływa przez jednostkę przekroju w ciągu jednostki czasu przy spadku temperatury równym jedności na drodze jednostki grubości warstwy

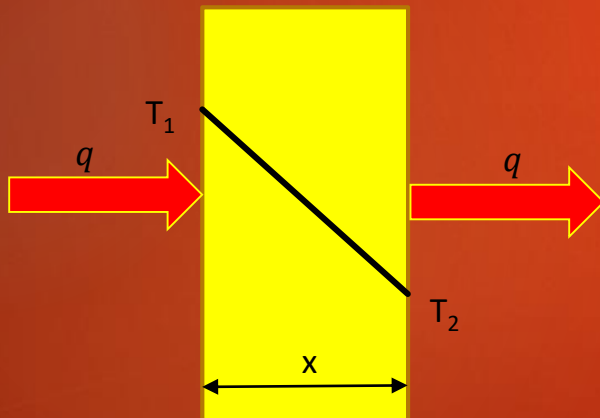
Przewodzenie

Przewodzenie ciepła można określić za pomocą poniższego przykładu.

Przez znaną ściankę o grubości x , która jest zbudowana z materiału o współczynniku przewodzenia ciepła λ przechodzi ciepło.

Znane są również temperatury powierzchni tej ścianki T_1 i T_2

Jest to przykład przewodzenia ciepła przez ściany zewnętrzne budynku.



$$q = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

$$q * x = \lambda * (T_1 - T_2)$$

$$q * dx = -\lambda * dT$$

$$q = \frac{\lambda}{x} * (T_1 - T_2)$$

$$\int_0^x q * dx = \int_{T_1}^{T_2} -\lambda * dT$$

$$Q_h = \frac{\lambda}{x} * A * (T_1 - T_2)$$

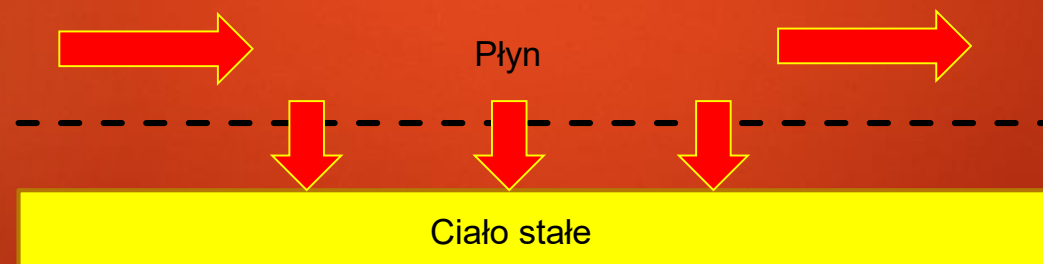
Konwekcja i wnikanie

W rzeczywistości często występuje ruch ciepła pomiędzy ścianką ciała stałego a płynem przepływającym koło niej.

Ruch ciepła w płynie odbywa się przez konwekcję, jednak w pobliżu ścianki istnieje pewna warstwa gdzie następuje przewodzenie.

Konwekcja to przenoszenie ciepła prądami występującymi w płynie.

Wnikanie ciepła to ruch ciepła, który zawiera zarówno konwekcję jak i przewodzenie w warstwie przyściennej.





Konwekcja i wnikanie

Taki rodzaj ruchu ciepła opisuje równanie Newtona

$$q = \alpha * (T_{pow} - T_p)$$

$$Q_h = \alpha * A * (T_{pow} - T_p)$$

α - jest to współczynnik wnikania ciepła [W/m²K]

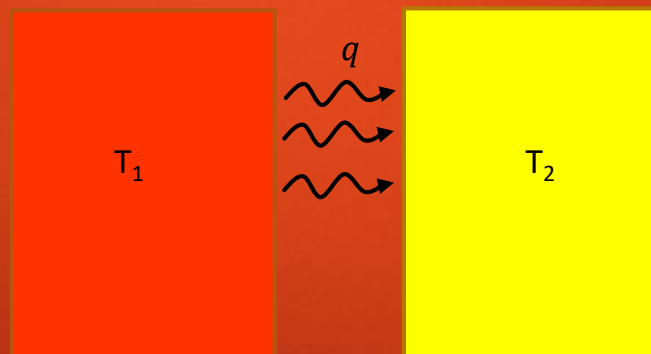
Współczynnik ten wskazuje ile ciepła wnika od płynu do ciała stałego w jednostkowym czasie przy danej różnicy temperatur.

Promieniowanie

Promieniowanie termiczne jest to wysyłanie przez ciało o wysokiej temperaturze fal elektromagnetycznych.

Temperatura ta musi być większa od 0 °Kelwina.

W wyniku tego promieniowania następuje zamiana energii cieplnej ciała na fale elektromagnetyczne, które na swojej drodze ruchu napotykać inne przeszkody, które pochłaniają te fale i zamieniają w energię wewnętrzną.





Promieniowanie

Taki rodzaj ruchu ciepła opisuje równanie:

$$Q_{h(1-2)} = C_0 * A * \varnothing_{1-2} * \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

C_0 - stała promieniowania ciała doskonale czarnego

\varnothing_{1-2} - współczynnik odchylenia własności ciała od własności ciała doskonale czarnego

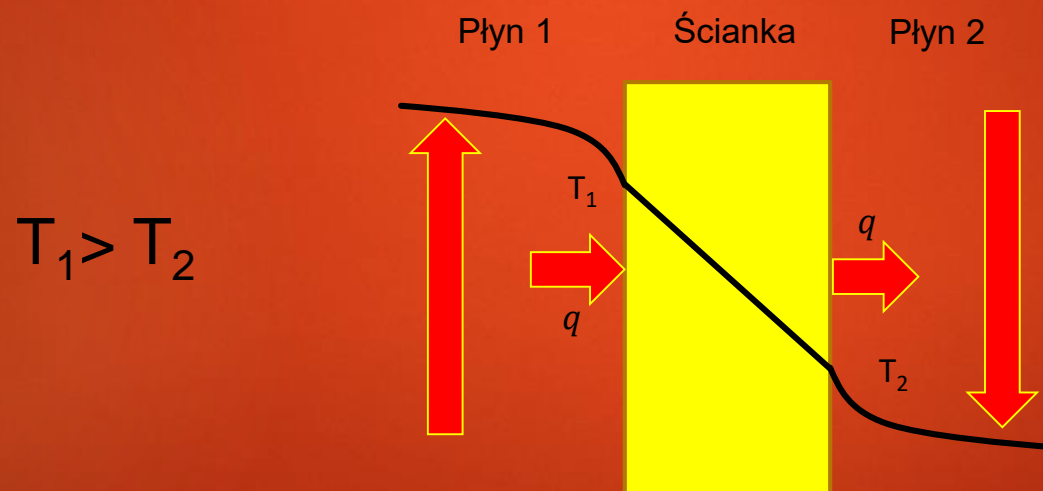
T_1 i T_2 - temperatury

A – pole powierzchni

Przenikanie

Jest to zagadnienie złożone składające się z przewodzenia, konwekcji i wnikania.
Jest najczęściej występującym rodzajem ruchu ciepła
w środowisku naturalnym.

Jako przykład można podać ruch ciepła przez przegrodę, po której lewej stronie
znajduje się ciepły płyn, a po prawej stronie zimny.





Współczynnik przenikania ciepła

Współczynnik przenikania ciepła U – określa przenikanie ciepła przez przegrody. Dla płaskiej powierzchni określa ile ciepła przechodzi przez przegrodę o jednostkowym polu powierzchni gdy różnica temperatur wynosi jedną jednostkę temperatury.

$$U = \frac{q}{A * \Delta T}$$

$$[U] = \frac{W}{m^2 * K}$$

U - współczynnik przenikania ciepła

q – ilość ciepła w jednostce czasu

ΔT – różnica temperatur po obu stronach przegrody

A – pole powierzchni przegrody



Przewodność cieplna

Przewodność cieplna λ – określa zdolność substancji do przewodzenia ciepła. Dla prostego ciała w ustalonych warunkach ilość przekazanego ciepła jest zależna od substancji, jest proporcjonalna do przekroju powierzchni ciała, różnicy temperatur, czasu przepływu ciepła
i odwrotnie proporcjonalna do grubości ciała.

$$\lambda = \frac{Q}{t} * \frac{x}{A * \Delta T}$$

Q – ilość ciepła przepływającego przez ciało

t – czas przepływu

λ – współczynnik przewodnictwa cieplnego

ΔT – różnica temperatur

A – pole przekroju powierzchni

x – grubość ciała



Przewodność cieplna

Jednostką współczynnika przewodzeni ciepła w układzie SI jest:

$$\left[\frac{J}{m \cdot s \cdot K} \right] = \left[\frac{W}{m \cdot K} \right] = \left[\frac{kg \cdot m}{s^3 \cdot K} \right]$$

Materiał	Przewodność cieplna W/(m·K)
grafen	4840–5300
diament	900–2320
srebro	429
miedź	370–400
złoto	317
stopy aluminium	200
mosiądz	110
nikiel	90,7
stal	58

Materiał	Przewodność cieplna W/(m·K)
woda	0,6
drewno	0,2
słoma	0,05-0,08
perlit	0,040-0,047
ekspandowany	0,040-0,047
wełna szklana	0,030–0,042
wełna mineralna	0,035–0,045
styropian	0,036
powietrze (nieruchome)	0,025
aerożel	0,017



Pojemność cieplna

Każda substancja pod wpływem wzrostu temperatury zachowuje się inaczej. Różnią się one pod względem potrzebnej ilości ciepła do wzrostu temperatury określonej masy substancji. Stosunek ilości energii cieplnej do przyrostu temperatury ciała nazywa się pojemnością cieplną.

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

ΔQ – ilość ciepła dostarczonego do ciała

ΔT – przyrost temperatury

Wartość ta zależy od masy ciała, jego składu chemicznego, stanu termodynamicznego oraz procesu jakim ciepło jest dostarczane.



Ciepło właściwe

Pojemność cieplna przypadająca na jednostkę masy substancji nazywa się ciepłem właściwym.

Jest to ilość ciepła potrzebna do pogrzenia ciała o masie 1 kg o 1 K.

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

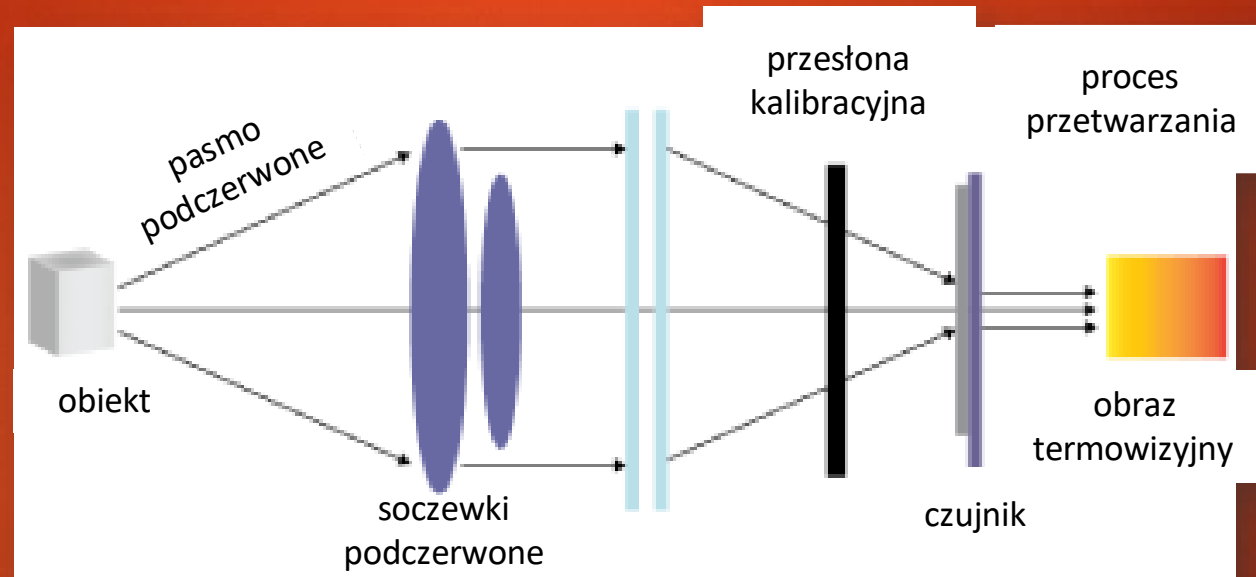
ΔQ – ilość ciepła dostarczonego do ciała

ΔT – przyrost temperatury

m – masa ciała

Pomiary kamerą termowizyjną

Kamera termowizyjna generuje obraz w oparciu o różnice temperatur. Wykorzystuje promieniowanie podczerwone w wybranym zakresie fal elektromagnetycznych detektora podczerwieni zainstalowanym w kamerze termowizyjnej.



Kamera termowizyjna dokonuje pomiarów i zobrazowania promieniowania podczerwonego pochodzącego z obiektu.

https://www.dipol.com.pl/kamery_termowizyjne_w_monitoringu_bib750.htm

Pomiary kamerą termowizyjną

Na kolejnych slajdach przedstawiono przykładowe pomiary przy wykorzystaniu kamery termowizyjnej RayCam 1888.

Kamera ta jest przydatna do wstępnej analizy obrazów termowizyjnych.



https://catalog.chauvin-arnoux.co.uk/uk_en/c-a-1888-raycam.html

Specyfikacja kamery:

Detektor 384 x 288

Czułość termiczna 0.08 °C at 30 °C

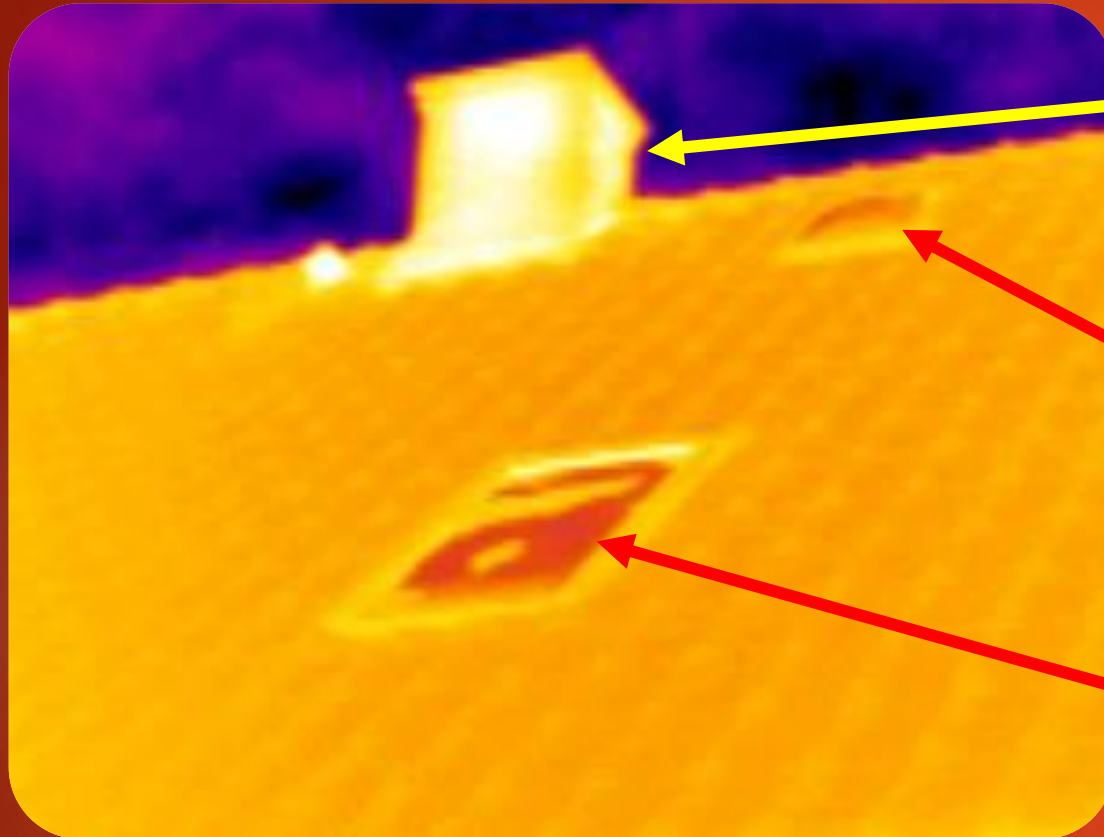
Zakres pomiarowy - 20 °C to + 600 °C

Archiwizacja do 1000 obrazów na karcie MiniSD

3.5-calowy wyświetlacz

Zabezpieczenie IP 54

Przykłady pomiarów



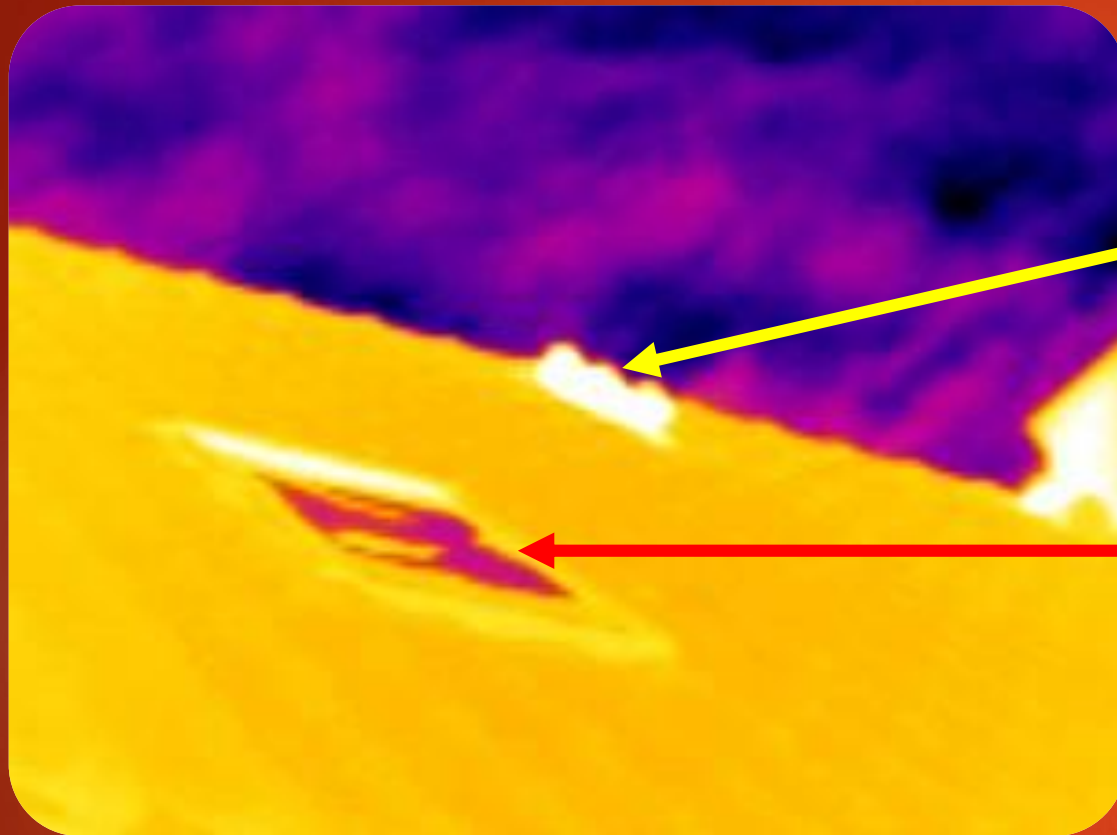
Działający komin, widoczna wyższa temperatura

Wyłaz dachowy, temperatura zbliżona do połączi dachowej

Zalegający śnieg na oknie dachowym, widoczna różnica temperatur

Komin i okno dachowe

Przykłady pomiarów

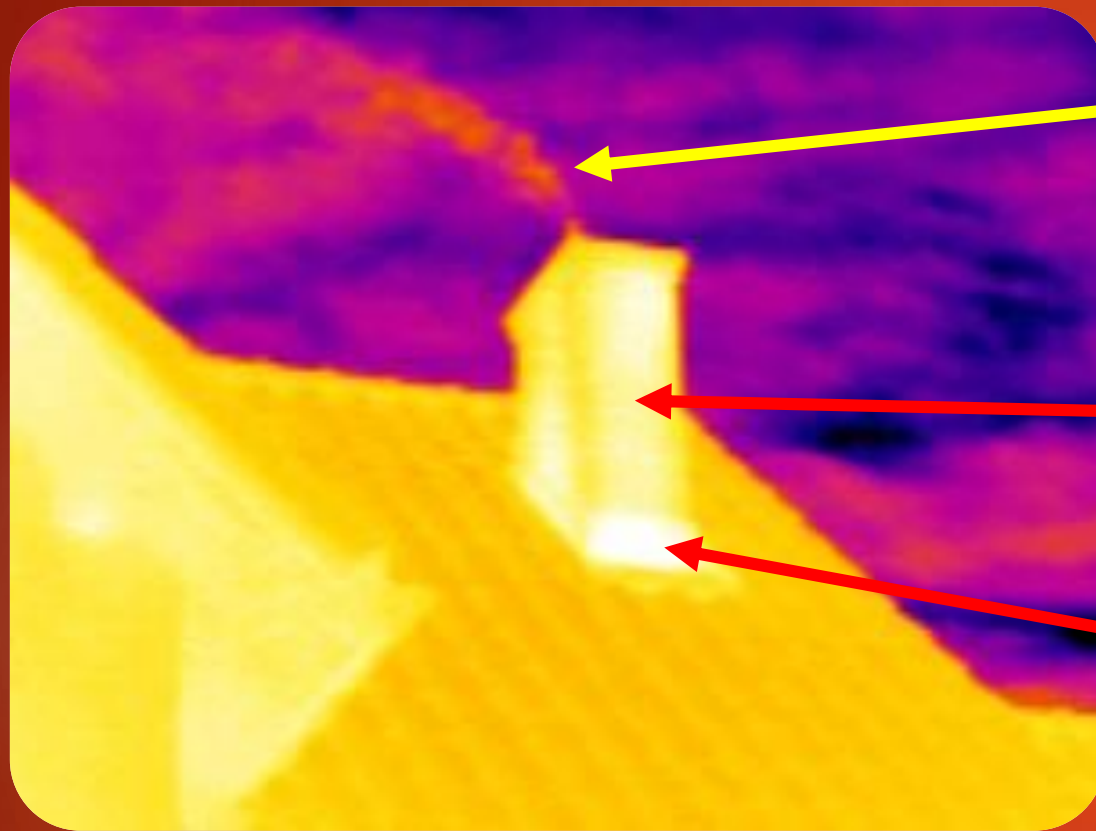


Działające kominki wentylacyjne, widoczna wyższa temperatura

Zalegający śnieg na oknie dachowym, widoczna różnica temperatur

Kominki wentylacyjne
i okno dachowe

Przykłady pomiarów



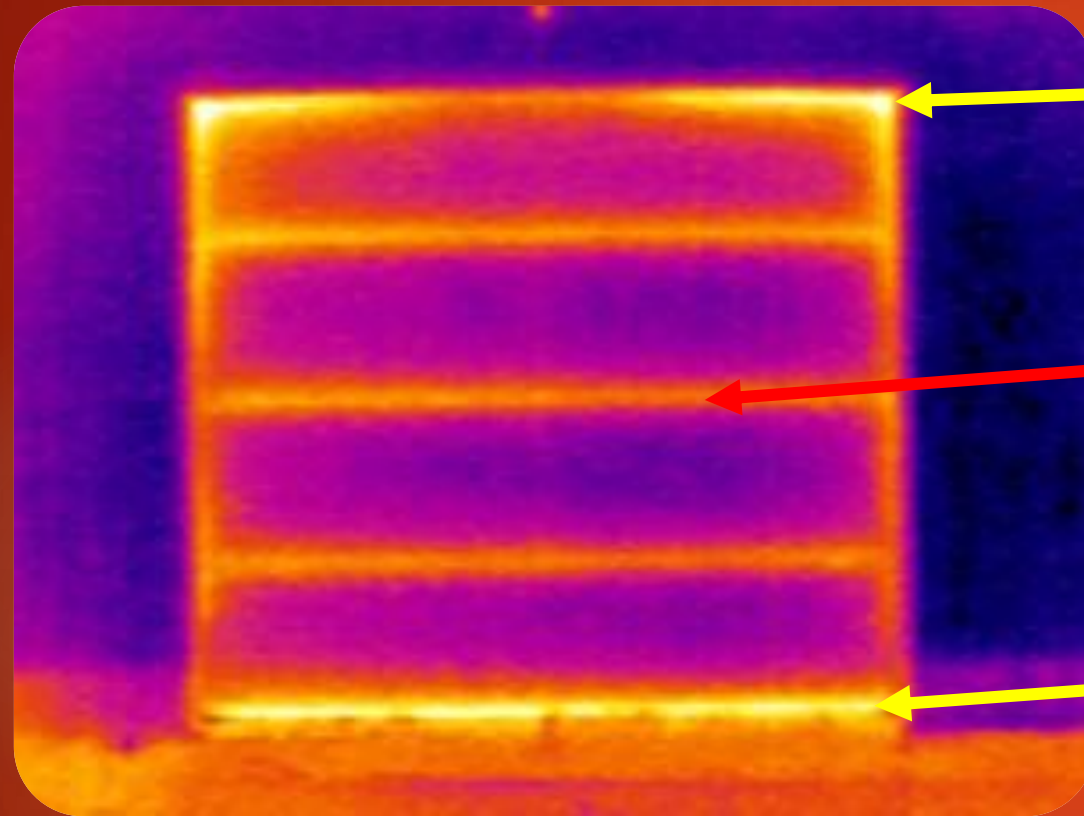
Dym wydobywający się z komina, widoczna wyższa temperatura

Działający komin, widoczna wyższa temperatura

Obróbka blacharska komina, widoczna wyższa temperatura

Komin i wylot ciepłego powietrza

Przykłady pomiarów



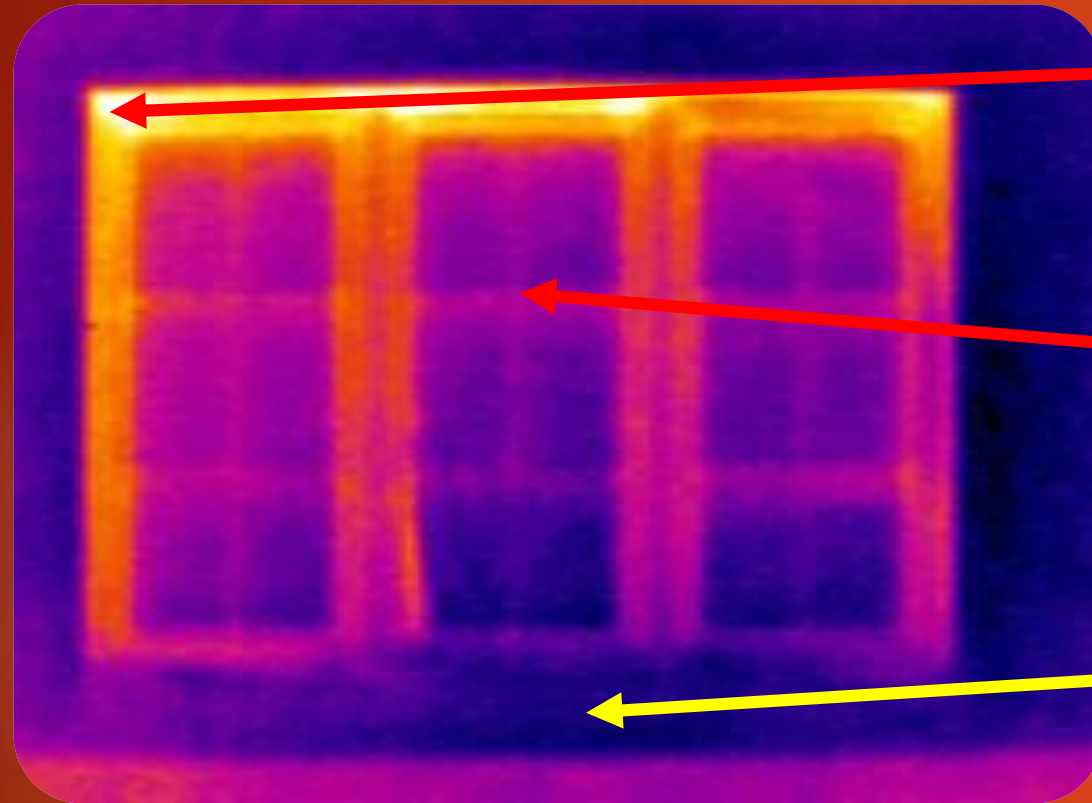
Niedoszczelnienie naroży,
widoczna wyższa temperatura

Niedoszczelnienie połączenia
segmentów bramy, widoczna
wyższa temperatura

Niedoszczelnienie progu,
widoczna wyższa temperatura

Brama garażowa

Przykłady pomiarów



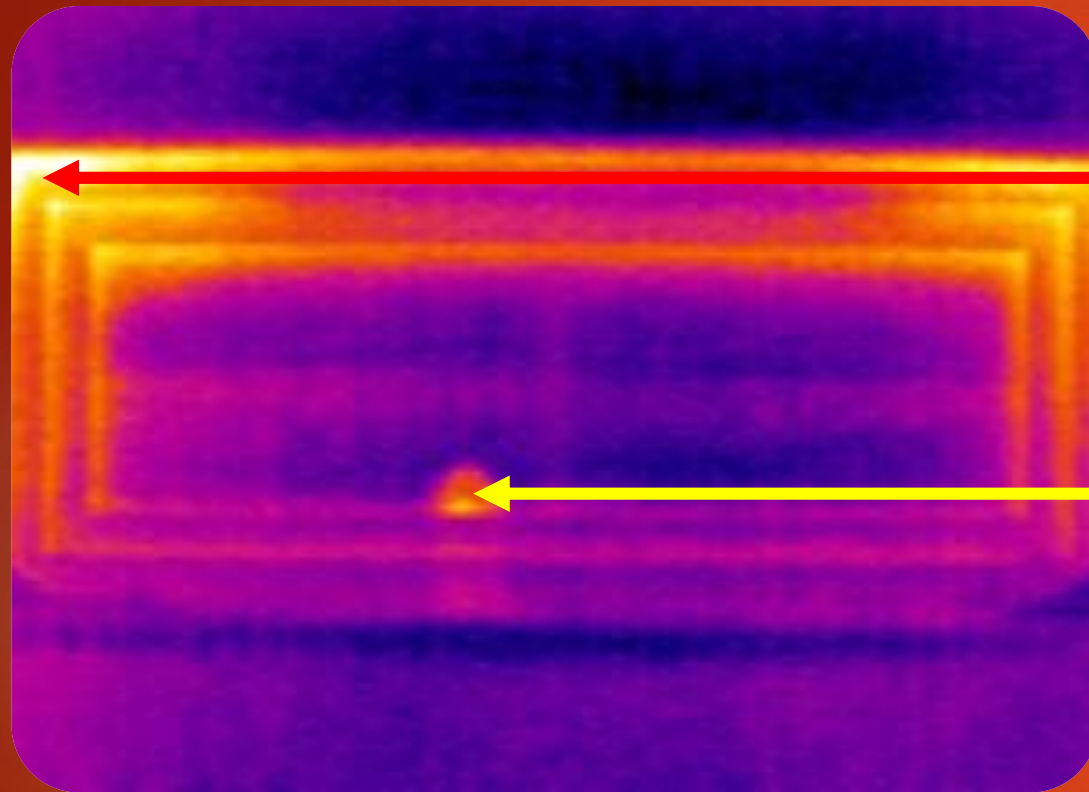
Niedoszczelnienie naroży,
widoczna wyższa temperatura

Szprosy w oknach, widoczna
wyższa temperatura

Prawidłowe doszczelnienie
parapetu, widoczna taka sama
temperatura jak elewacji

Okno

Przykłady pomiarów

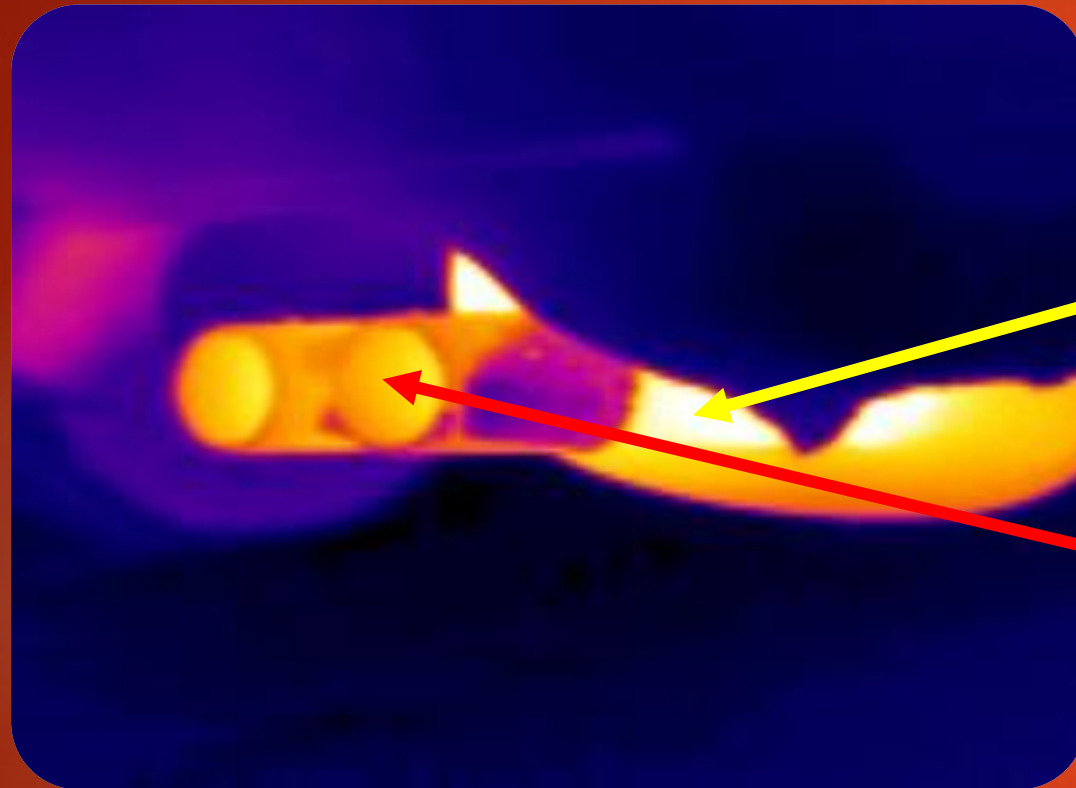


Niedoszczelnienie naroży,
widoczna wyższa temperatura

Nieszczelność uszczelki,
widoczna wyższa temperatura

Okno

Przykłady pomiarów

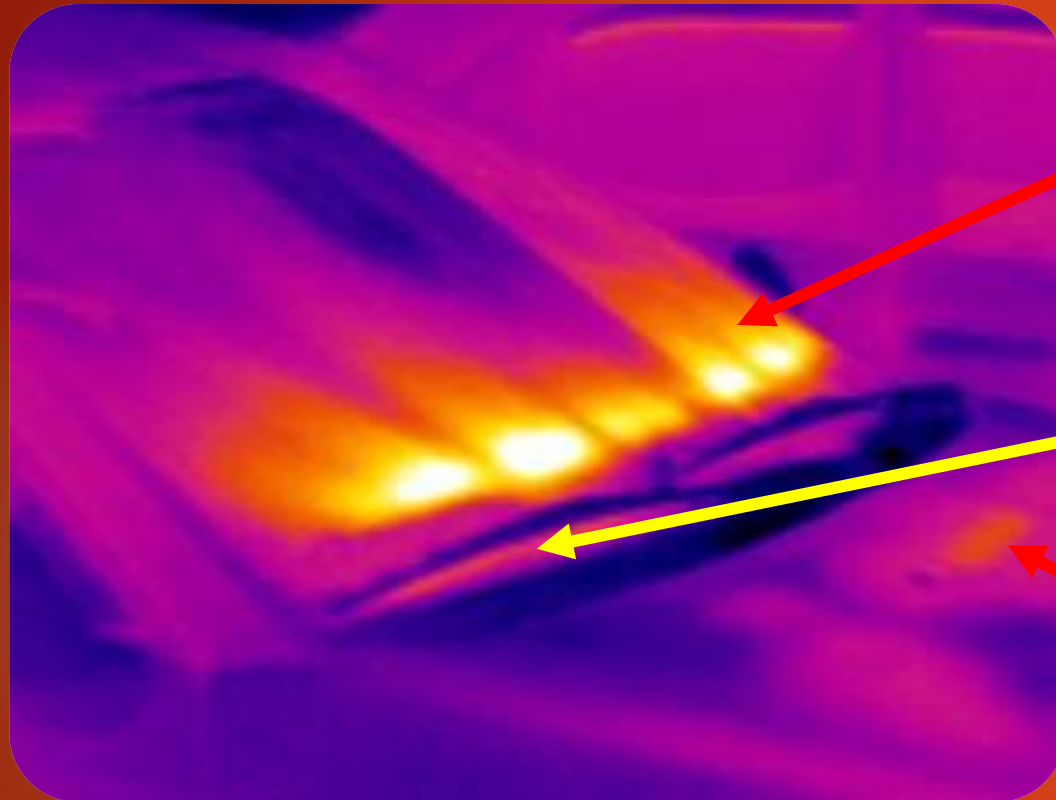


Tłumik końcowy, widoczna wyższa temperatura

Wylot z układu wydechowego, widoczna wyższa temperatura

Układ wydechowy samochodu

Przykłady pomiarów



Ogrzewane podszybie samochodu

Nawiew gorącego powietrza
wewnątrz samochodu,
widoczna wyższa temperatura

Ogrzane wstępnie pióra
wycieraczek, widoczna wyższa
temperatura

Ogrzana wstępnie maska
samochodu, widoczna wyższa
temperatura

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

Ciepło i jego ruch

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Termodynamiki. Mechaniki Płynów
i Napędów Lotniczych
mgr inż. Paweł Magryta

Projekt „ Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo
Nauki
i Szkolnictwa
Wyższego

