



FIZYKA Z ELEMENTAMI FIZYKI RADIACYJNEJ I | WYKŁAD 10

Termodynamika

dr inż. Katarzyna Gwóźdź

Termodynamika

Dział fizyki zajmujący się badaniem energetycznych efektów wszelkich przemian fizycznych i chemicznych, które wpływają na zmiany energii wewnętrznej analizowanych układów.

Convection



Conduction



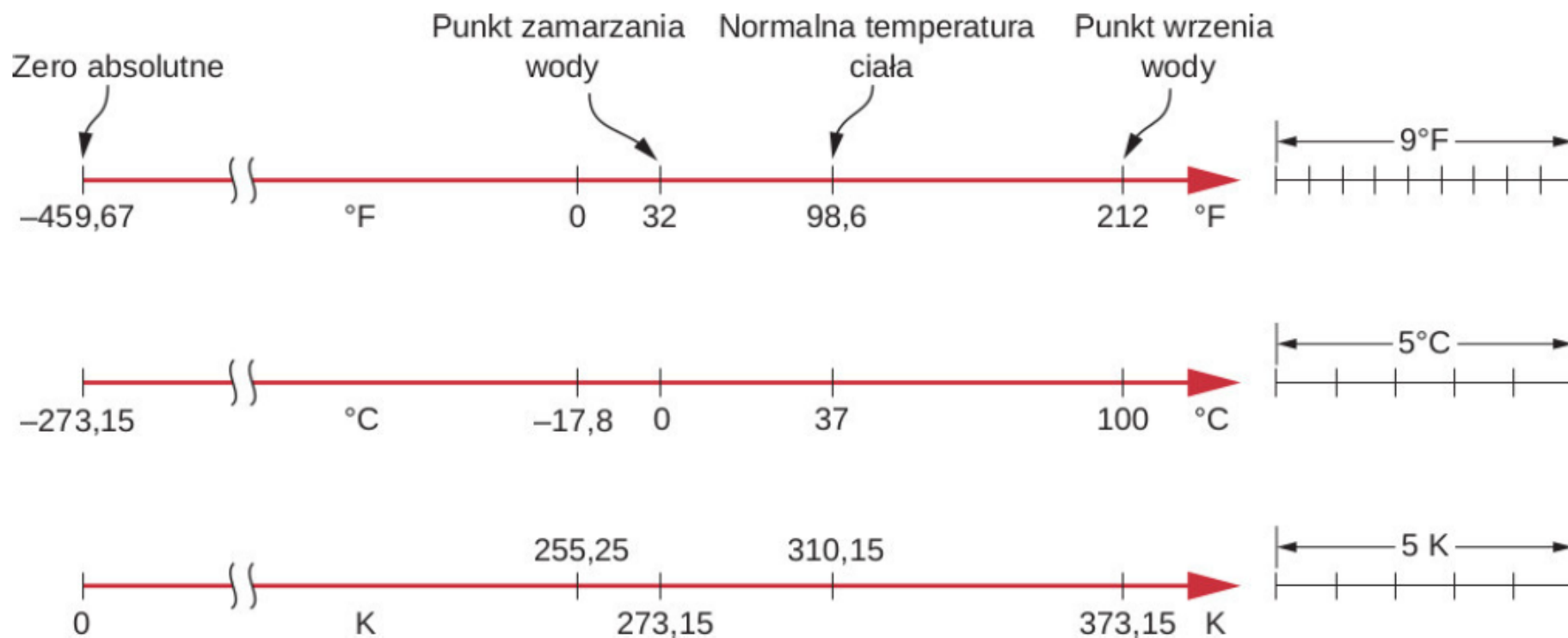
Radiation



<https://naukanalerzu.pl/sposoby-przenoszenia-energii/>

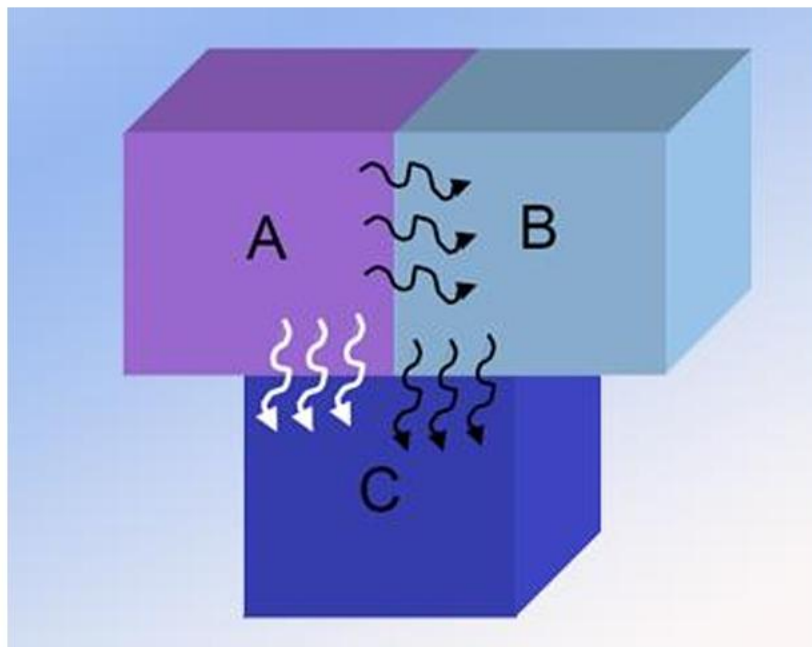
Temperatura

Temperatura jest zdefiniowana operacyjnie jako wielkość mierzona za pomocą termometru. Jest wprost proporcjonalna do średniej energii kinetycznej cząsteczek gazu.



0 zasada termodynamiki

Jeśli układ A jest w równowadze termicznej z układem B, a układ B jest w równowadze termicznej z układem C, to układ A jest w równowadze termicznej z układem C.

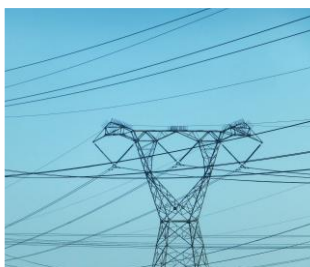


- Temperatura całego układu będzie jednakowa
- Temperatura ciała wskazuje kierunek przepływu energii cieplnej

Rozszerzalność cieplna

Zmiana rozmiarów ciał pod wpływem zmian temperatury.

Przykłady w życiu codziennym:



Linie wysokiego napięcia



Tory



Termometr



Balon

Rozszerzalność cieplna

Rozszerzalność liniowa:

$$\frac{dL}{dT} = \alpha L$$

α – współczynnik rozszerzalności liniowej (jednostka - K^{-1})

Dla wąskich zakresów T - $\alpha = \text{const.}$
Można skorzystać z przybliżenia:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Rozszerzalność objętościowa:

$$\frac{dV}{dT} = \beta V$$

β – współczynnik rozszerzalności objętościowej (jednostka - K^{-1})

Dla wąskich zakresów T - $\beta = \text{const.}$
Można skorzystać z przybliżenia:

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$

Rozszerzalność cieplna

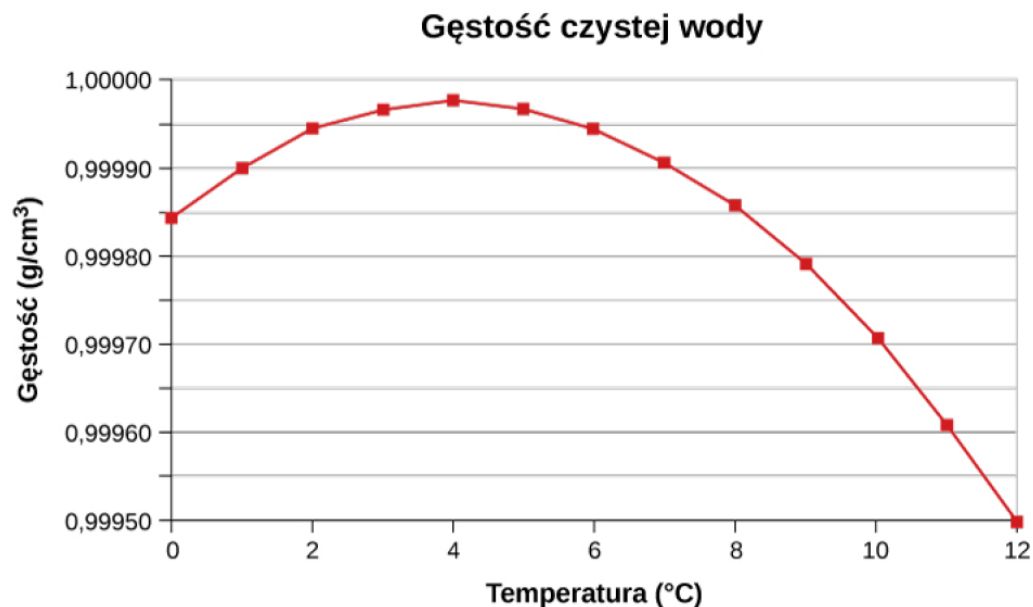
Materiał	$\alpha [K^{-1}]$	$\beta [K^{-1}]$
Aluminium	25×10^{-6}	75×10^{-6}
Miedź	17×10^{-6}	51×10^{-6}
Żelazno/stal	12×10^{-6}	35×10^{-6}
Szkło laboratoryjne	3×10^{-6}	9×10^{-6}
Kwarc	$0,4 \times 10^{-6}$	10^{-6}
Alkohol etylowy		1100×10^{-6}
Rtęć		180×10^{-6}
Woda		210×10^{-6}
Powietrze (ciężnienie atmosferyczne)		3400×10^{-6}

$$\beta \cong 3\alpha$$

Rozszerzalność cieplna - woda

$$\rho = \frac{m}{V}$$

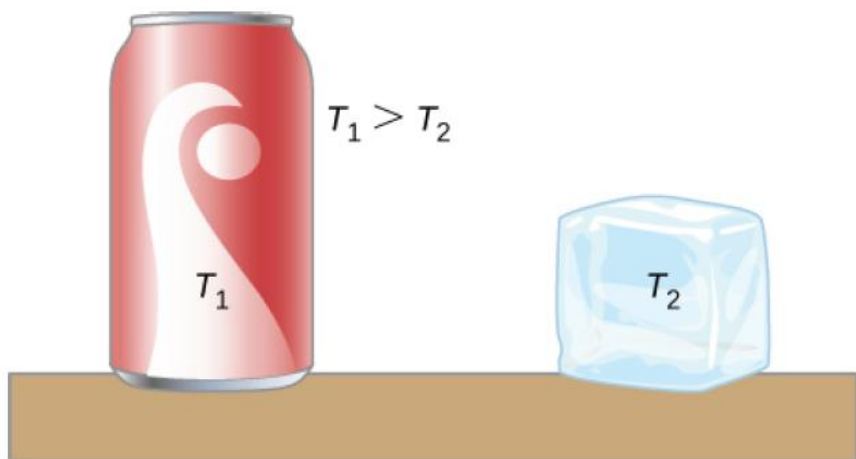
Powyżej 4°C	Poniżej 4°C
$T \uparrow$	$T \downarrow$
$V \uparrow$	$V \uparrow$
$\rho \downarrow$	$\rho \downarrow$



Wiązania wodorowe zaczynają dominować poniżej 4°C. Charakteryzują się luźnym ułożeniem cząsteczek. Dzięki temu możliwe jest życie w wodzie słodkiej.

Energia wewnętrzna

Suma energii mechanicznych cząsteczek układu. Jest wprost proporcjonalna do temperatury układu.



(a)



(b)

Energia jest przekazywana od ciała z wyższą T do ciała z niższą T . Jest to przykład wymiany **ciepła**. Ciepło jest spontanicznym przekazywaniem energii z powodu różnicy T . Nie jest wykonywana praca mechaniczna! Ciała się nie przemieszczają.

Wymiana ciepła

Wymiana ciepła powoduje zmianę temperatury.

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

ΔQ – zmiana ciepła

m - masa

c – ciepło właściwe (jednostka $\frac{J}{kgK}$)

ΔT – zmiana temperatury

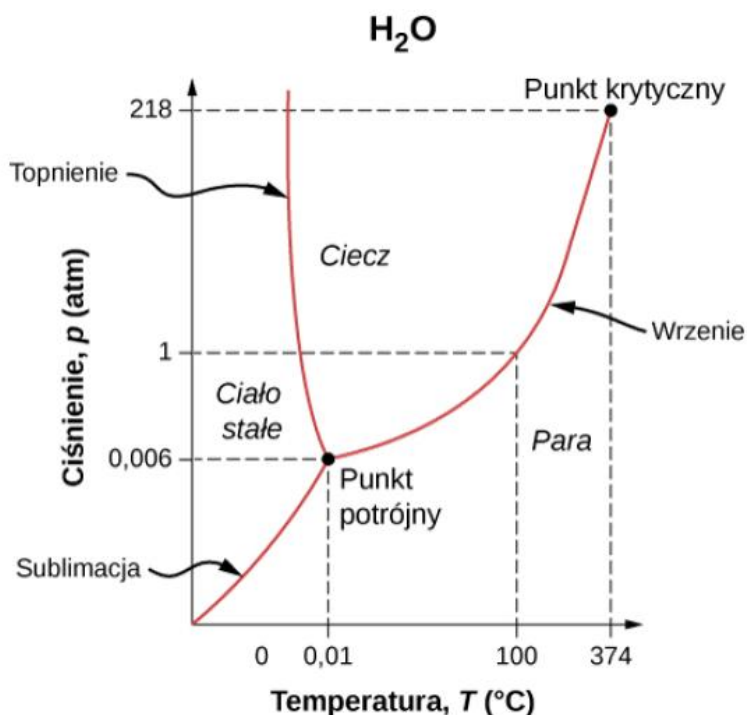
Ciepło właściwe

Ilość ciepła potrzebna do zmiany temperatury 1 kg substancji o 1 K.

Materiał	$c \left[\frac{J}{kgK} \right]$
Aluminium	900
Miedź	387
Żelazno/stal	452
Ludzkie ciało	3500
Lód	2090
Alkohol etylowy	2450
Rtęć	139
Woda	4186
Powietrze (suche)	721
Para wodna	1520

Przemiany fazowe

Faza substancji zależy od jej temperatury i ciśnienia,

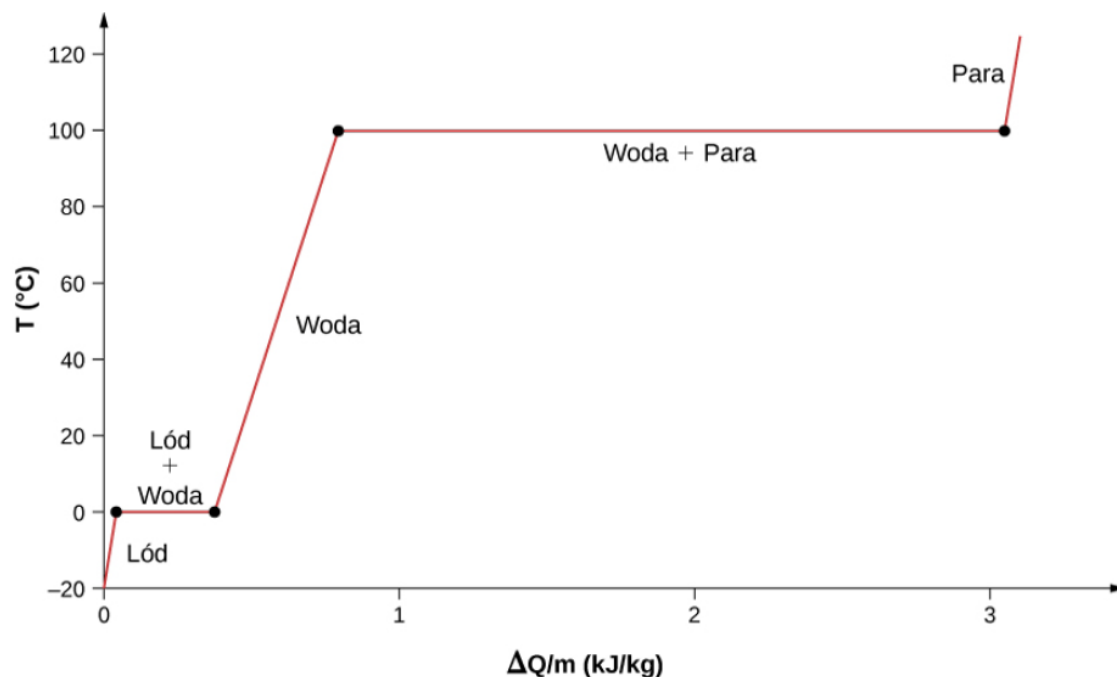


Punkt potrójny – wszystkie trzy fazy znajdują się w równowadze, mogą współistnieć

Punkt krytyczny – powyżej faza ciekła i gazowa są nierozróżnialne, płyn nadkrytyczny

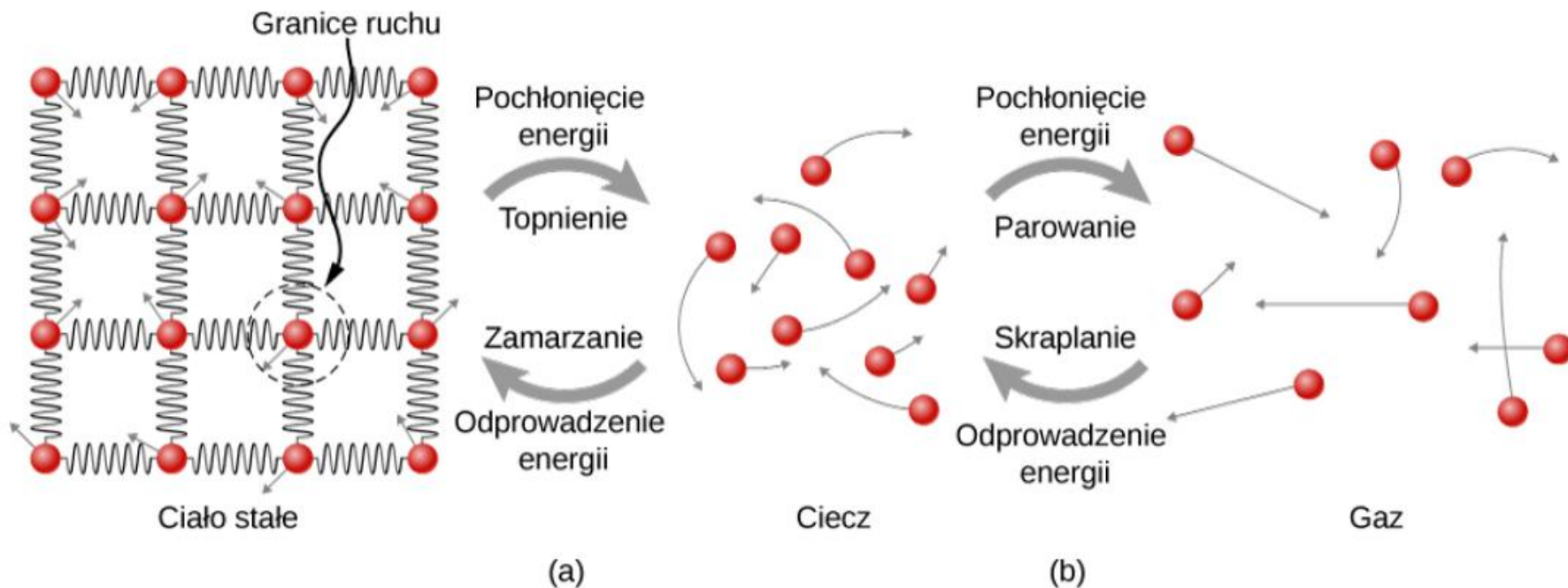
Ciepło utajone

Ilość ciepła, którą trzeba dostarczyć lub odebrać układowi, aby zaszła przemiana fazowa, zachodząca przy stałej temperaturze i stałym ciśnieniu, bez zmiany temperatury substancji.



Ciepło utajone

Ilość ciepła, którą trzeba dostarczyć lub odebrać układowi, aby zaszła przemiana fazowa, zachodząca przy stałej temperaturze i stałym ciśnieniu, bez zmiany temperatury substancji.



Ciepło utajone

Ilość ciepła, którą trzeba dostarczyć lub odebrać układowi, aby zaszła przemiana fazowa, zachodząca przy stałej temperaturze i stałym ciśnieniu, bez zmiany temperatury substancji.

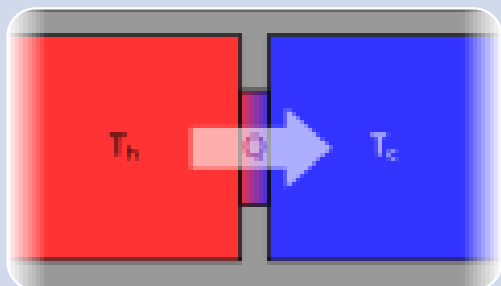
$$Q = mc_{top}$$

$$Q = mc_{par}$$

c_{top} – ciepło utajone topnienia/zamarzania (jednostka $\frac{J}{kg}$)

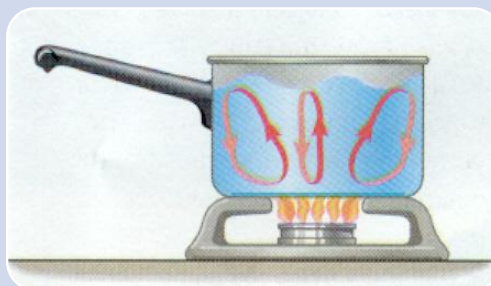
c_{par} – ciepło utajone parowania/skraplania (jednostka $\frac{J}{kg}$)

Mechanizmy przekazywania ciepła



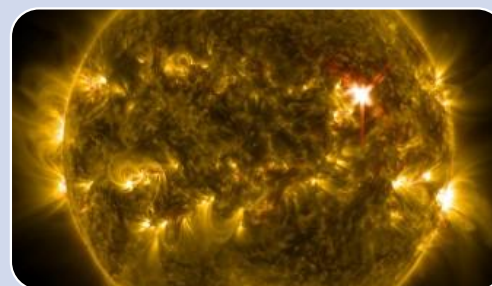
Przewodnictwo ciepłe

- Poprzez kontakt fizyczny



Konwekcja

- Poprzez makroskopowy ruch płynów

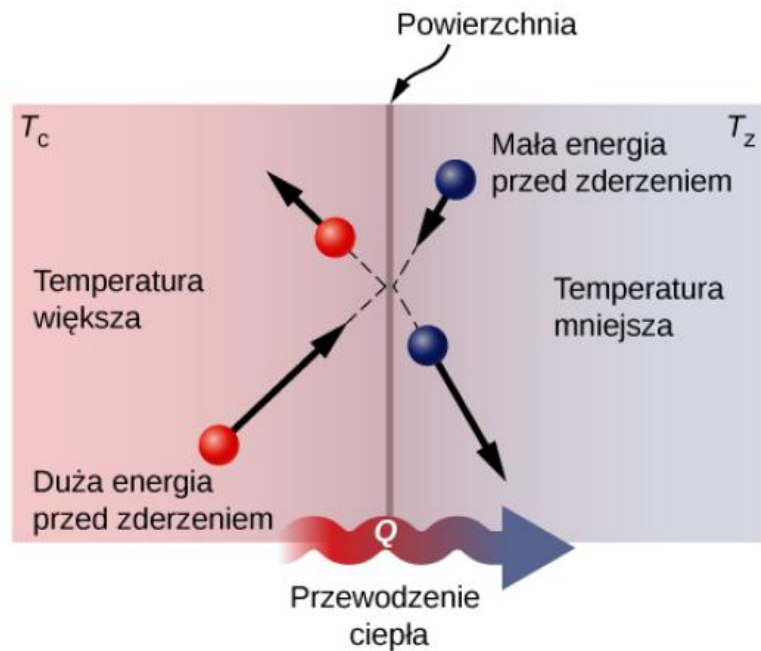


Promieniowanie

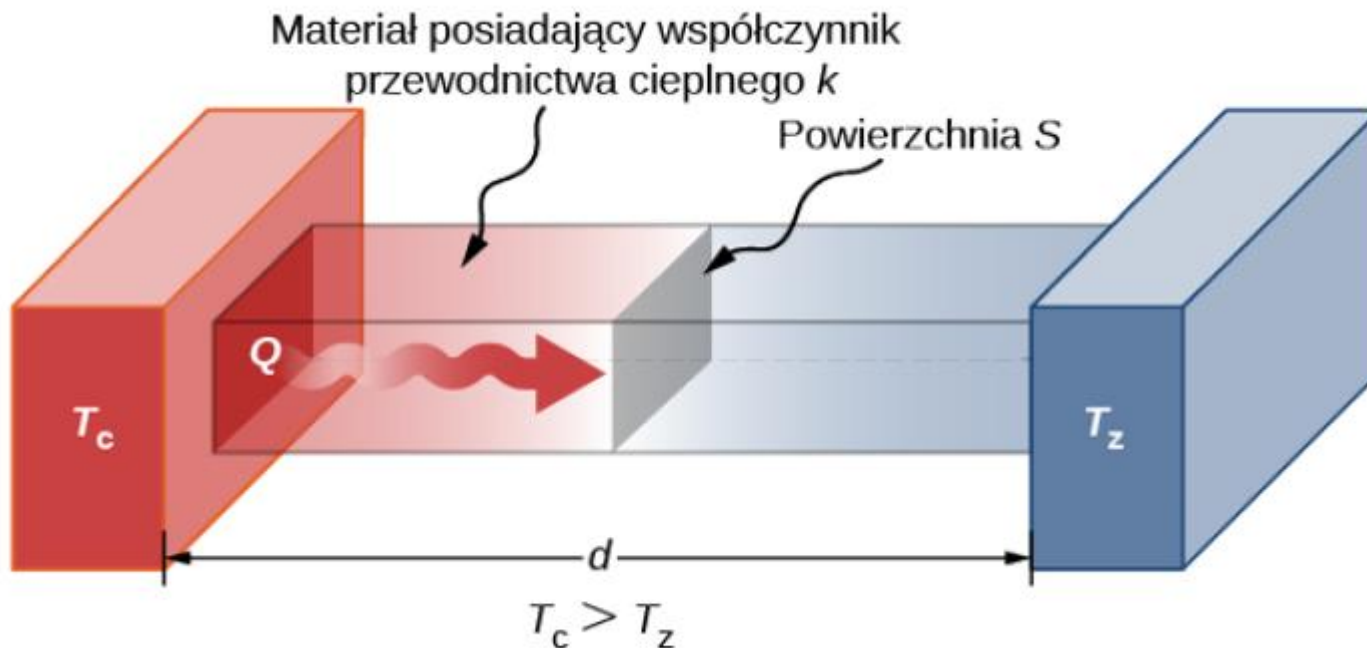
- Emitowanie i absorpcja fal elektromagnetycznych

Przewodnictwo cieplne

Przewodnictwo cieplne to proces przekazywania energii cieplnej wewnątrz ciała bez makroskopowego ruchu materii, spowodowany gradientem temperatury.



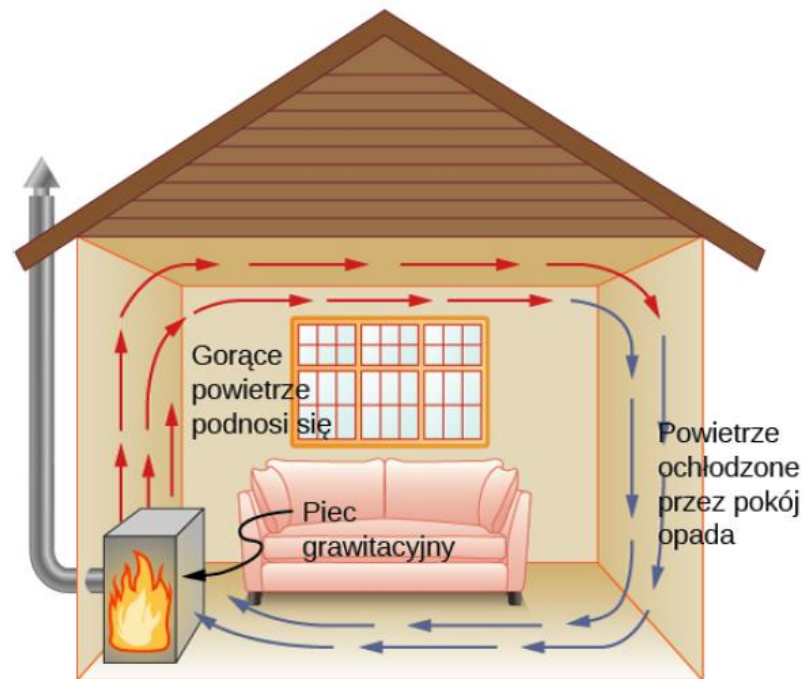
Przewodnictwo cieplne



$$\frac{dQ}{dt} = \frac{kS(T_c - T_z)}{d}$$

Konwekcja

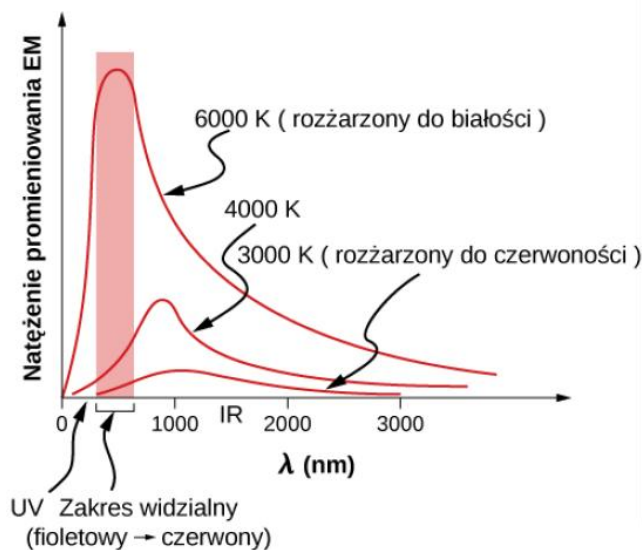
Konwekcja to proces przenoszenia ciepła w cieczech i gazach, w którym energia jest transportowana wskutek rzeczywistego ruchu masy płynu.



Promieniowanie cieplne

Transport energii w postaci fal elektromagnetycznych emitowanych przez każde ciało o temperaturze wyższej niż zero absolutne. Nie wymaga ośrodka materialnego.

Ciało doskonale czarne - całkowicie pochłania całą padającą na niego energię promieniowania elektromagnetycznego oraz emituje maksymalną możliwą ilość promieniowania dla danej temperatury.



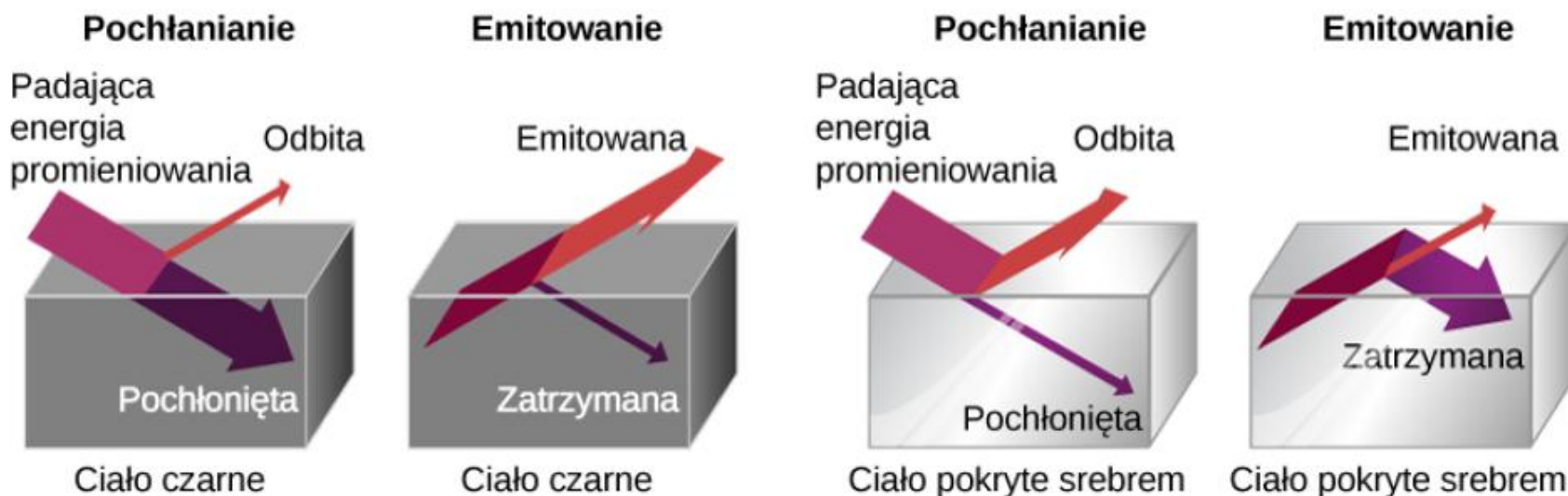
(a)



(b)

Promieniowanie cieplne

Ciało doskonale czarne - całkowicie pochłania całą padającą na niego energię promieniowania elektromagnetycznego oraz emituje maksymalną możliwą ilość promieniowania dla danej temperatury.



Promieniowanie cieplne

Szybkość przekazywania energii cieplnej przez emisję promieniowania jest opisywana przez prawo Stefana-Boltzmann

$$P = \varepsilon \sigma S T^4$$

P – moc wypromieniowana

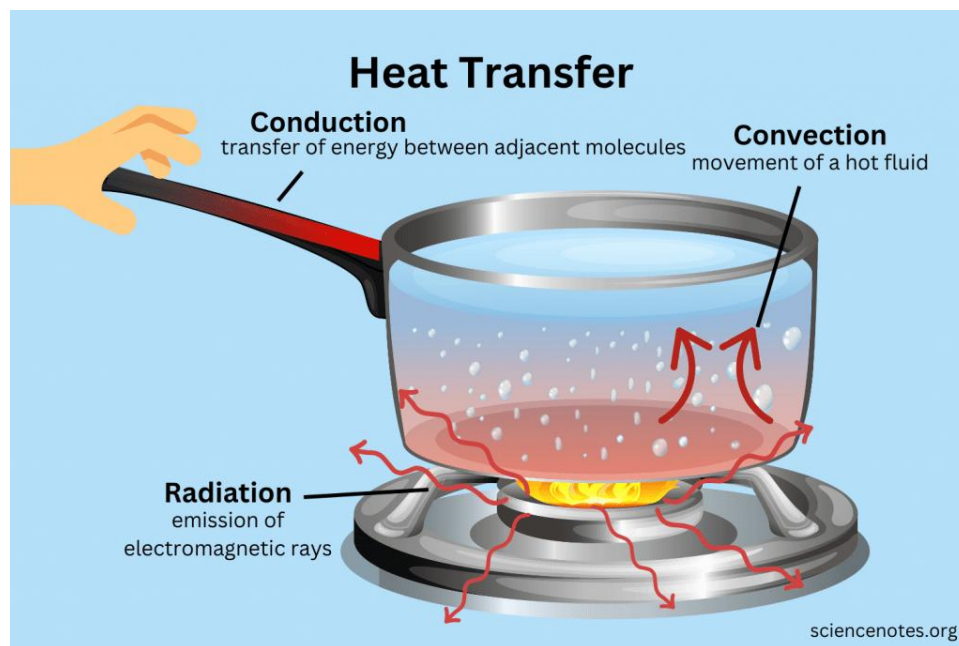
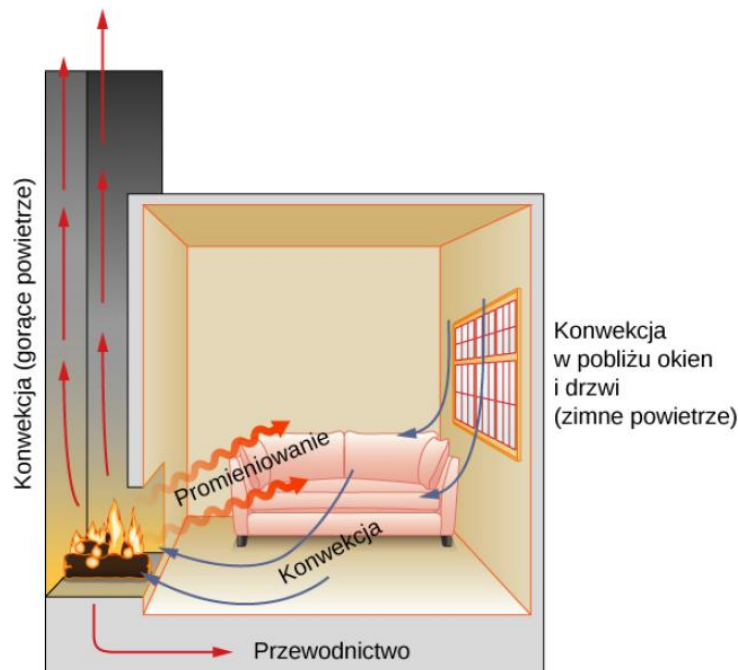
ε – zdolność emisyjna

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{J}{sm^2 K^4}$ – stała Stefana-Boltzmana

S – powierzchnia

Mechanizmy wymiany ciepła

W praktyce rzadko występuje tylko jeden mechanizm wymiany ciepła. Najczęściej występują wszystkie, natomiast jeden dominuje.





FIZYKA Z ELEMENTAMI FIZYKI RADIACYJNEJ I | WYKŁAD 10

Dziękuję za uwagę

dr inż. Katarzyna Gwóźdź