

# PROMIENIOWANIE CIEPLNE

## Podstawy teoretyczne

Promieniowanie cieplne jest promieniowaniem tego samego rodzaju co promieniowanie świetlne, więc rządzą nimi te same prawa.

### Promieniowanie cieplne opisują następujące prawa:

1. Prawo Kirchoffa
2. Prawo Maxa Plancka
3. Prawo przesunięć Wiena
4. Prawo Stefana-Boltzmannna
5. Prawo Lamberta

### Prawo Kirchoffa

Prawo Kirchoffa ujmuje zależność pomiędzy zdolnością ciała do pochłaniania promieniowania oraz do emitowania promieniowania.

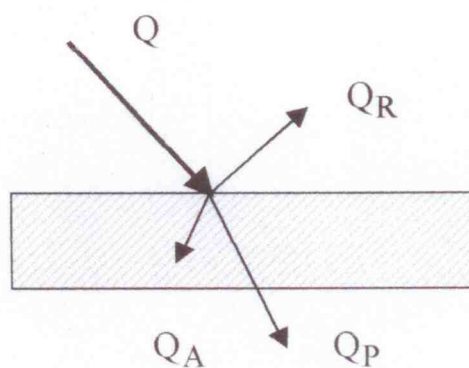
**„W równowadze cieplnej zdolność do pochłaniania promieniowania równa jest zdolności do emitowania promieniowania”.**

$$A = \varepsilon \quad (1)$$

gdzie:

- A - absorpcyjność powierzchni,
- $\varepsilon$  - emisyjność powierzchni

Rozpatrzmy bilans energetyczny najogólniejszego przypadku, gdy dowolne ciało znajduje się w polu działania promieni cieplnych (rys. 1.)



Rys. 1. Schemat objaśniający bilansowanie energii promieniowania

Przyjmijmy, że  $Q$  jest energią promieni padających. Część promieni ulega odbiciu -  $Q_R$ , część – jeżeli ciało jest przezroczyste – może przejść przez ciało -  $Q_P$ , a wreszcie część energii ulega absorpcji -  $Q_A$ . Zbilansowanie tych energii daje równanie

$$Q = Q_A + Q_R + Q_P \quad (2)$$

gdzie:

- $Q_A$  - ciepło pochłonięte (absorpcyjność),
- $Q_R$  - ciepło (energia) odbite (refleksyjność),
- $Q_P$  - ciepło przepuszczone (przepuszczalność).

Równanie (2) możemy przedstawić w postaci bezwymiarowej

$$1 = \frac{Q_A}{Q} + \frac{Q_R}{Q} + \frac{Q_P}{Q} = A + R + P \quad (3)$$

$$1 = A + R + P \quad (4)$$

gdzie:

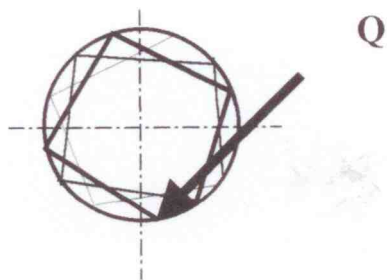
- $A$  - absorpcyjność,
- $R$  - refleksyjność,
- $P$  - przepuszczalność.

**Wartości  $A$ ,  $R$  i  $P$  będą ułamekami** wyrażającymi, w jakiej części dostarczona energia promieniowania jest **absorbowana, odbita czy przepuszczona**.

Możemy założyć trzy skrajne przypadki:

- a)  $A$  (absorpcja) = 1,  $R$  (refleksja) = 0,  $P$  (przepuszczalność) = 0;**

Ciało, które by się w ten sposób zachowywało, będzie tzw. ciałem doskonale czarnym. **Ciało doskonale czarne**, to ciało, które w 100 % pochłania padające na niego promieniowanie. Przykładami ciał doskonale czarnych są: półprzeźroczyste ciała – pochłaniają promieniowanie w 99 %. **Laboratoryjnym przykładem ciała doskonale czarnego jest kula, jej wnętrze, w którym zostaje pochłonięta cała energia promieniowania.**



Rys. 2. Układ zastępujący ciało doskonale czarne, gdzie cała energia promieniowania zostaje pochłonięta

b)  $R$  (refleksja) = 1,  $A$  (absorpcja) = 0,  $P$  (przepuszczalność) = 0;

**Ciało doskonale białe**, cała energia zostaje odbita.

c)  $P$  (przepuszczalność) = 1,  $A$  (absorpcja) = 0,  $R$  (refleksja) = 0;

**Ciało doskonale przezroczyste**, które przepuszcza bez strat całą energię promieniowania.

W przyrodzie nie istnieją ciała odpowiadające wyidealizowanym pojęciom doskonałej czerni, doskonałej bieli i doskonałej przezroczystości. Zachowanie się ciał rzeczywistych zależy od własności ciała, obok innych parametrów, jak np. długość fali, temperatura itd.

### Prawo M. Plancka

Prawo Plancka **ujmuje zależność między energią wysyłaną przez ciało promieniujące, doskonale czarne, jego temperaturą i długością fali emitowanego promieniowania.**

$$E_{0\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left( e^{\frac{C_2}{\lambda \cdot T}} - 1 \right)} \quad \left[ \frac{W}{m^3} \right] \quad (5)$$

lub

$$E_{0\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left[ \exp\left( \frac{C_2}{\lambda \cdot T} \right) - 1 \right]} \quad \left[ \frac{W}{m^3} \right] \quad (6)$$

gdzie:

$$C_1 = 2\pi c^2 h; \quad C_2 = \frac{hc}{k};$$

$E_{0\lambda}$  - gęstość emisji monochromatycznego promieniowania (czyli dotyczącego jednej długości fali),  $W/m^3$ ,

$\lambda$  - długość fali (m),

**T** - temperatura bezwzględna, **K**,

$c$  - prędkość światła,  $c = 3 \cdot 10^8$ , m/s,

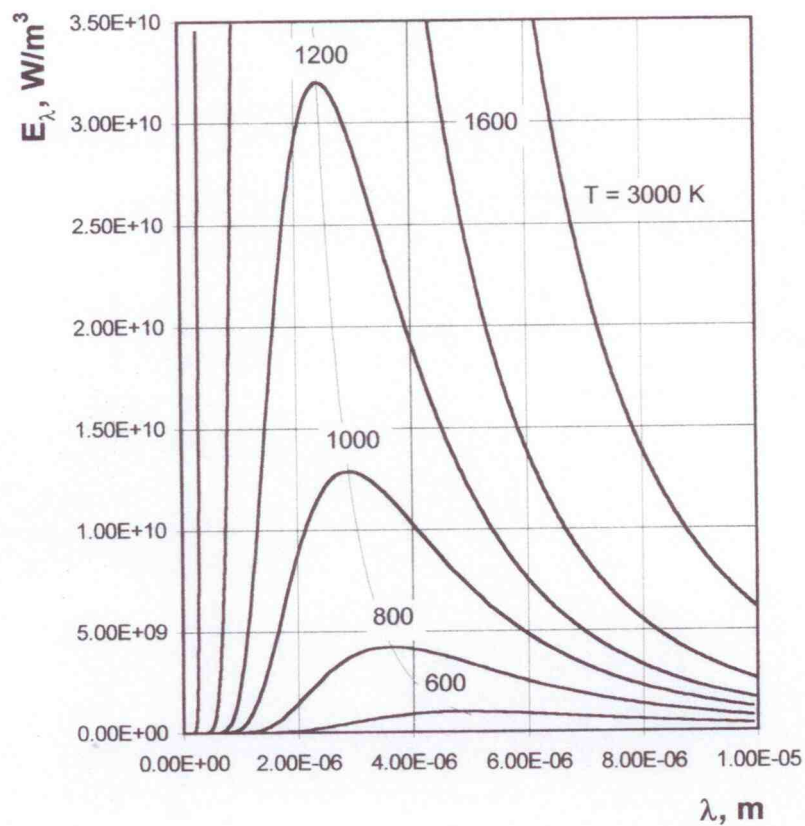
$h$  - stała Plancka,  $h = 6.62 \cdot 10^{-34}$  Js,

$k$  - stała Boltzmann,  $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ , J/K.

$C_1$  - pierwsza stała Plancka,  $C_1 = 3.74 \cdot 10^{-16}$ ,  $W \cdot m^2$ ,

$C_2$  - druga stała Plancka,  $C_2 = 1.4388 \cdot 10^{-2}$ , m · K.

Ilustracją wzoru (6) jest rys. 3.



Rys. 3. Rozkład energii promieniowania wg prawa Plancka

