

# Chemie životního prostředí – seminář

Jaromír Literák

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

6. prosince 2018

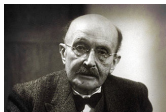


# Záření absolutně černého tělesa

Pro spektrální hustotu zářivého toku platí:

$$E_{\lambda} = \frac{dI}{d\lambda} \quad [\text{W m}^{-2} \text{ m}^{-1}]$$

kde  $I$  je intenzita záření,  $[I] = \text{W m}^{-2}$ .



$$E_{\lambda} = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 \left( \exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1 \right)}$$

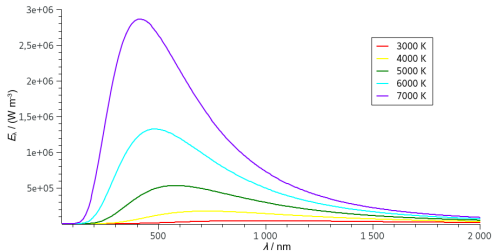
Kde:

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

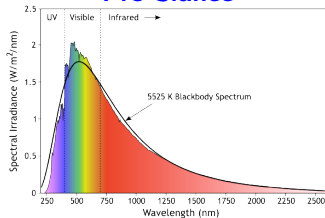
$$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

# Záření absolutně černého tělesa



## Pro Slunce



# Záření absolutně černého tělesa

Nalezení  $\lambda_{max}$

$$\frac{dE_\lambda}{d\lambda} = 0$$

$$x \frac{e^x}{e^x - 1} - 5 = 0$$

kde:

$$x = \frac{hc}{\lambda_{max} kT}$$

Numerickým řešením získáme  $x = 4,965114232$ , odtud:

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{xkT} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4,965114232 \cdot 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \cdot T} = \frac{2,903 \times 10^{-3} \text{ m K}}{T}$$

# Příklad č. 1

Určete  $\lambda_{max}$  záření emitovaného Zemí a Sluncem. Předpokládejte, že průměrná povrchová teplota Země je  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a povrchová teplota Slunce je  $5800\text{ K}$ .

# Stefanův-Boltzmannův zákon

Intenzita záření v celém spektru:

$$I = \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{8\pi hc}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1\right)} d\lambda$$

$$I = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4 \quad [\text{W m}^{-2}]$$

## Příklad č. 2

Vypočítejte velikost Stefanovy-Boltzmannovy konstanty  $\sigma$ .

$$I = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4 \quad [\text{W m}^{-2}]$$

Kde:

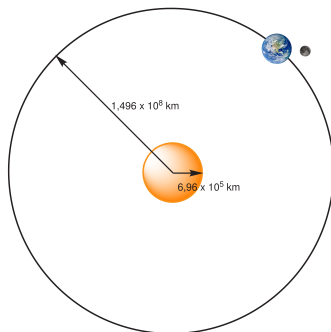
$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

## Příklad č. 3

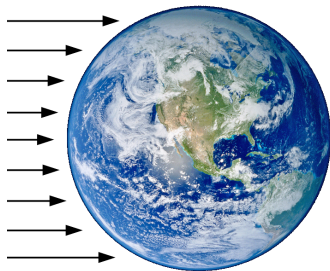
Vypočítejte celkovou energii emitovanou Sluncem na  $1 \text{ m}^2$  povrchu a energii, která dopadá na  $1 \text{ m}^2$  povrchu Země (solární konstanta  $\Omega$ ). Teplota povrchu Slunce je  $5800 \text{ K}$ .





## Příklad č. 4

Odhadněte teplotu povrchu Země za předpokladu, že všechna energie dopadající na zemský povrch je vyzářena zpět. Předpokládejte rovněž, že průměrné albedo zemského povrchu je  $a = 0,3$ .



## Příklad č. 5

Jaká je skutečná průměrná teplota povrchu Země a jak se liší od vypočtené hodnoty? Jak lze rozdíl vysvětlit?

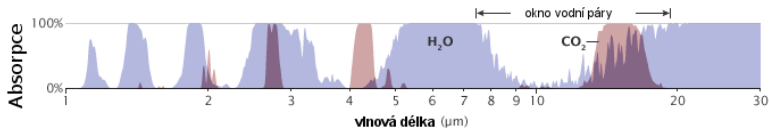
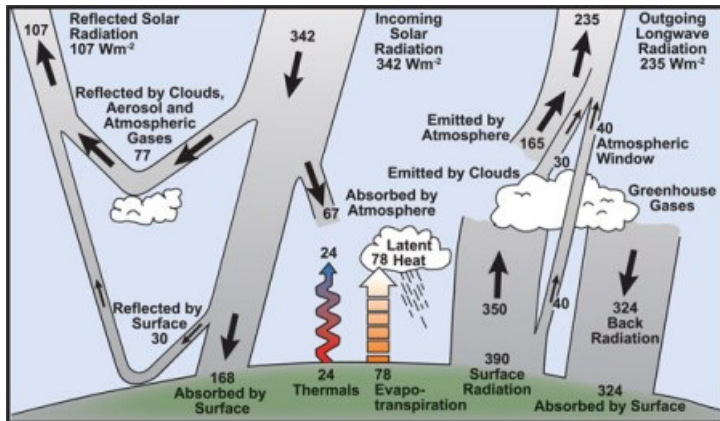
## Příklad č. 6

Rovnice pro radiační bilanci Země doplněná o člen pro skleníkový efekt ( $\Delta E$ ) má tvar:

$$\sigma T^4 = \frac{(1 - a)\Omega}{4} + \Delta E$$

Vypočítejte velikost skleníkového efektu pro průměrnou teplotu zemského povrchu  $T = 288 \text{ K}$ .

# Radiační bilance Země a skleníkový efekt



## Příklad č. 7

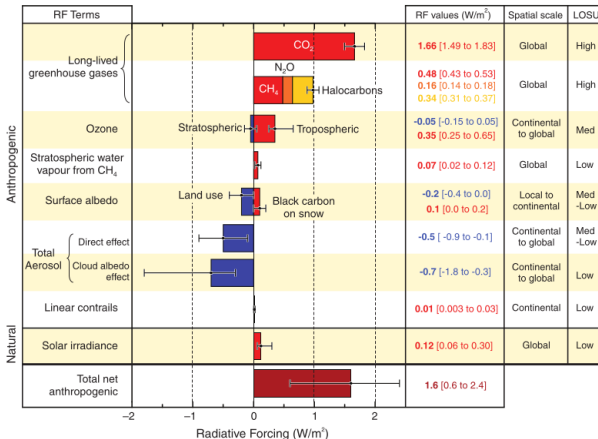
Vyberte, které z následujících plynů mohou být významným přispěvatelem ke skleníkovému efektu.

- HCl
- Ar
- CH<sub>3</sub>Cl
- CO
- Br<sub>2</sub>
- NO

## Příklad č. 8

Odhadněte, jak by se změnila průměrná teplota zemského povrchu, kdyby se např. v důsledku nukleární války a následných požárů uvolnilo do ovzduší velké množství prachu a následkem toho by došlo k vzrůstu albeda o 20 % ( $0,3 \rightarrow 0,36$ ).

## Radiační působení v roce 2005



Climate Change 2007: Synthesis Report

([http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf))

# Potenciál příspěvku ke globálnímu oteplování

$$GWP = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma_{ghp}(\lambda) F(\lambda) d\lambda \times \int_0^t \exp\left(\frac{-t}{\tau_{ghp}}\right) dt}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma_{CO_2}(\lambda) F(\lambda) d\lambda \times \int_0^t \exp\left(\frac{-t}{\tau_{CO_2}}\right) dt}$$

kde:

$\sigma(\lambda)$  – účinný průřez molekuly pro absorpci světla v infračervené oblasti

$F(\lambda)$  – spektrum záření vysílaného povrchem Země

$\tau$  – doba života plynu v atmosféře



# Potenciál příspěvku ke globálnímu oteplování

Látka	$\tau$ / roky	GWP po 20 letech	GWP po 100 letech
CO <sub>2</sub>	150	1	1
CH <sub>4</sub>	12	72	25
N <sub>2</sub> O	114	289	298
CCl <sub>3</sub> F	45	6730	4750
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	2600	6310	8830
SF <sub>6</sub>	3200	16000	23000

## Příklad č. 8

Vypočtete hodnotu příspěvku **HFC-23** (fluoroformu –  $\text{CHF}_3$ ) ke globálnímu oteplování na stoleté časové škále. Doba života  $\tau_{\text{CHF}_3} = 270$  let,  $\tau_{\text{CO}_2} = 150$  let. Překrytové integrály absorpčních spekter a emisního spektra zemského povrchu v rozmezí  $0\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$  jsou:

$$\int_{0\text{ cm}^{-1}}^{1500\text{ cm}^{-1}} \sigma_{\text{CHF}_3}(\lambda)F(\lambda)d\lambda = 0,19\text{ W m}^{-2}$$

$$\int_{0\text{ cm}^{-1}}^{1500\text{ cm}^{-1}} \sigma_{\text{CO}_2}(\lambda)F(\lambda)d\lambda = 1,4 \times 10^{-5}\text{ W m}^{-2}$$