

## 5.4.2 Spektrální analýza, záření černého tělesa

**Předpoklady:** 5401

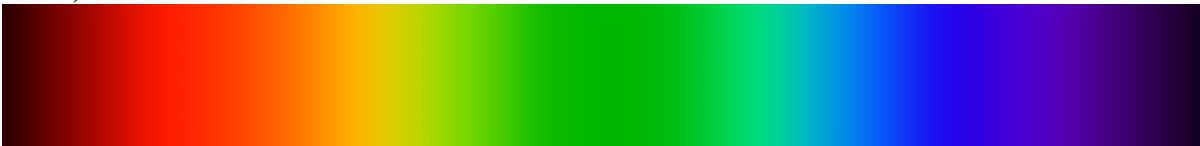
### Spektrální analýza

= zkoumáme, kolik energie se vyzáří na různých vlnových délkách (pokud bych svítil pouze červenou barvou všechna energie by se vyzářila na její vlnové délce, pokud budu svítit bílou, energie bude rozprostřena na více frekvencí)

jednou z možností, jak výsledek získat tyto údaje je vytvoření spektra (už jsme ho vytvářeli pomocí jehlanů a mřížek)

### Spojité spektrum

spektrum, ve kterém je zastoupeno EM záření všech vlnových délek (u viditelného světla všech barev)

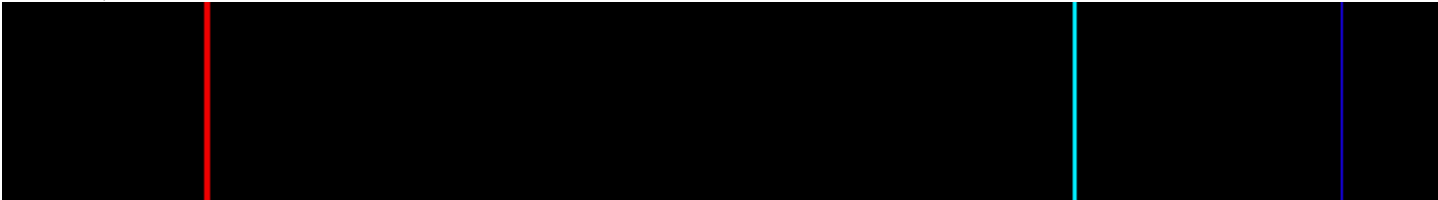


vysílají ho rozžhavené látky, které jsou v pevném nebo tekutém stavu  
jak moc svítí jednotlivé barvy záleží na teplotě materiálu

### Čárové spektrum

neobsahuje souvislý pás barev, které se plynule mění, ale vyskytují se tam pouze oddělené barevné čáry

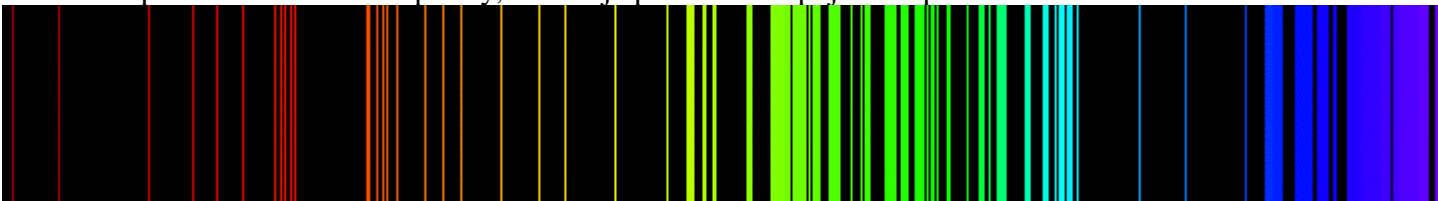
například vodík vyzařuje pouze čtyři vlnové délky, které vidíme jako čtyři barvy – fialovou, modrou, světle modrou a červenou



tímto způsobem vyzařují plyny (víme z mřížkových spekter elektrických výbojů)  
dlouho se nedařilo existenci čárového spektra vysvětlit, řešení přinesla až kvantová mechanika

### Pásové spektrum

něco mezi předchozími dvěma spektry, obsahuje pouze části spojitěho spektra



typické pro molekuly

Všechna předchozí spektra se týkala vyzařovaného světla = **emisní spektra** (emise = vyzařování)

kromě toho co látka vyzařuje, můžeme sledovat i to, co látka pohltí = **absorpční spektrum**  
posvítíme bílým světlem na vodík a zkoumáme, co projde



podobá se původnímu spojitému spektru, ale na některých místech jsou místa světla černé čáry  
 ⇒ látka pohlcuje některé barvy ze spektra (světlo těchto barev neprošlo) ⇒ srovnáme s emisním spektrem



vždy tam chybí to, co ta látka sama vyzařuje

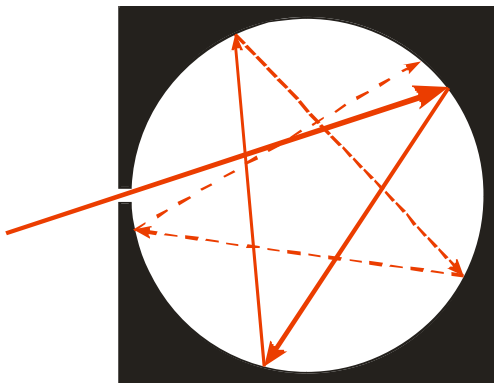
použití: při pozorování hvězd zjistíme jaké barvy chybí, podle toho co chybí můžeme poznat, přes kterou látkou světlo procházelo (tímto způsobem astronomové zjistili, že mezihvězdný prach obsahuje jednoduché uhlovodíky)

### Záření černého tělesa

Rozžhavená plotýnka svítí, její vyzařování se mění, když chladne ⇒ chceme zjistit, jak závisí vyzařování tělesa na jeho teplotě

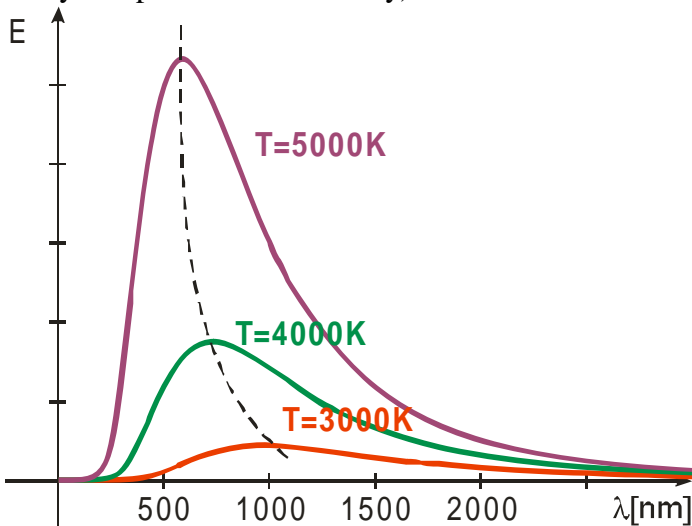
Problém: tělesa nejen vyzařují, ale i odrážejí ⇒ potřebujeme něco, co nic neodráží = **černé těleso**  
 Jak ho vyrobit?

Uděláme dutinu s malou dírkou, uvnitř všechno natřeme černě.



Každý paprsek, který vletí dovnitř, se v dutině mnohokrát odrazí, tím se v ní utlumí a nemůže se odrazit se ven ⇒ **černé těleso je ta díra**

Sledujeme, kolik energie vyzaří černé těleso při určité teplotě v nějakém rozsahu vlnových délek (například od 700 nm do 710 nm) ⇒ pro každý interval získáme hodnotu energie ⇒ graf (při různých teplotách různé křivky)



Z grafu vidíme:

- s rostoucí teplotou se zkracuje vlnová délka, na které se vyzáří nejvíce energie (špička křivky)

**Wienův posunovací zákon:**  $T \cdot \lambda = b$

konstanta  $b$ :  $2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}$

- s rostoucí teplotou se vyzařuje větší množství energie

**Stefan-Boltzmanův zákon:**  $M_e = \sigma \cdot T^4$

$M_e$  - intenzita vyzařování (energie, kterou vyzáří těleso o povrchu  $1 \text{ m}^2$ )

konstanta  $\sigma$ :  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

(vyzařování závisí na teplotě opravdu silně, není moc fyzikálních vzorců se čtvrtou mocninou)

fyzici se dlouho snažili odvodit vztah pro tvar křivky při různých teplotách  $\Rightarrow$  korektní odvození z hlediska klasické fyziky = ultrafialová katastrofa = ze vzorců vyplývalo, že každé těleso vyzařuje nekonečné množství energie na velmi malých vlnových délkách  $\Rightarrow$  klasická fyzika neumí vysvětlit křivku záření černého tělesa  $\Rightarrow$  jedno z vodítek ke kvantové teorii

**Př. 1:** Urči teplotu černého tělesa, které vyzařuje maximum energie na vlnové délce žluté barvy 580 nm.

$$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m} \quad , \quad \lambda = 580 \text{ nm} \quad , \quad T = ?$$

$$T \cdot \lambda = b$$

$$T = \frac{b}{\lambda} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{580 \cdot 10^{-9}} \text{ K} = 5000 \text{ K}$$

Černé těleso, které vyzařuje maximum energie na vlnové délce 580 nm, je zahřáté na teplotu 5000 K.

5000 K je teplota jen o 1000 K nižší než teplota Slunce.

**Př. 2:** Urči intenzitu vyzařování vlákna žárovky, pokud je zahřáté na teplotu 3000 K. Porovnej ji s intenzitou vyzařování lidského těla při teplotě 37°C.

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-4} \quad , \quad M_e = ?$$

žárovka:  $T = 3000 \text{ K}$

$$M_e = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 3000^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 4592700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

lidské tělo  $T = 37 + 273 = 310 \text{ K}$

$$M_e = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 310^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 524 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Intenzita vyzařování žárovky je  $4592700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , lidského těla pak  $524 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Ačkoliv je žárovka pouze 10 krát teplejší její intenzita je téměř 10 000 větší.

**Shrnutí:** Množství energie, které vyzařuje libovolné těleso ve formě elektromagnetického záření, závisí na jeho teplotě.