

## Záření absolutně černého tělesa

Vyzařování [tepelného záření](#) různými tělesy je ovlivněno jeho schopností nejen záření vyzařovat, ale i pohlcovat a odrážet. Pro snadnější a přesnější popis záření zdrojů se zavádí fyzikální abstrakce - **absolutně černé těleso**. Jeho název dopovídá tomu, že černé těleso dokonale pohlcuje veškerou [energii](#), která na těleso dopadá. Nepochází k žádnému odrazu záření, takže za nízké [teploty](#) se nám jeví toto těleso dokonale černé.

Poměrně dobrým modelem absolutně černého tělesa je dutina, jejíž vnitřní povrch tvoří matná černá plocha. Pronikne-li otvorem dovnitř [elektromagnetické záření](#), při opakovaných odrazech od stěn dutiny se veškerá energie záření pohltí. Otvor dutiny se tedy pak jeví jako černé těleso (viz obr. 292).

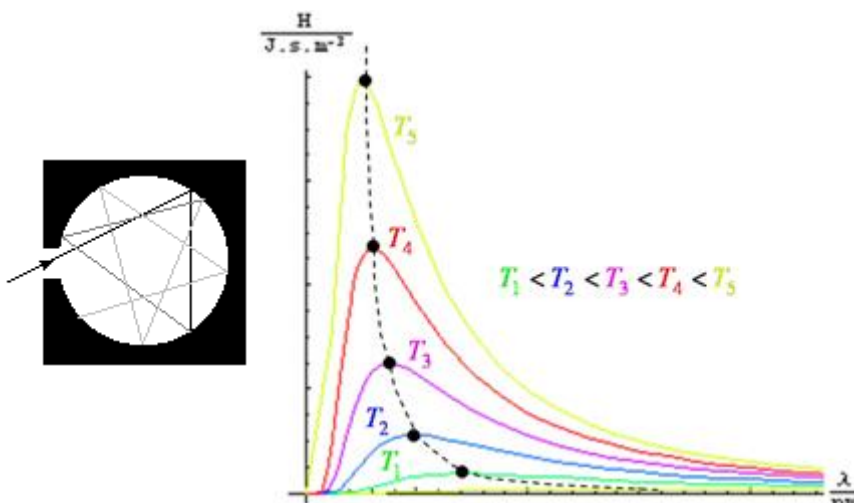
Černým tělesem není krabice, v níž je dutina zhotovená, ale samotný otvor, kterou dutinu pozorujeme.

Obecně je možné za černé těleso považovat všechna tělesa, která mají výrazně větší objem, než je povrch, kterým záření vyzařují do okolí. Proto lze za absolutně černé těleso považovat např. i [Slunce](#).

Při určité teplotě  $T$  vyzařuje černé těleso do okolí [elektromagnetické vlnění](#) různých vlnových délek. Tato vlnění nemají stejnou intenzitu. Na obr. 293. je znázorněn graf funkce  $H = f(\lambda, T)$ , na němž je vidět právě různá intenzita elektromagnetického záření v závislosti na vlnové délce. [Veličina](#)  $H$  se nazývá **spektrální hustota intenzity vyzařování** a určuje, jaká část [celkové energie](#) vyzářené zdrojem přísluší záření o vlnové délce  $\lambda$  při teplotě zdroje  $T$ .

Pokud použijeme místo přesného názvu *spektrální hustota intenzity vyzařování* nesprávný termín *intenzita záření*, neuděláme příliš velkou chybu. Důležité je si uvědomit, že při dané teplotě vyzařuje těleso záření **VŠECH** vlnových délek. Přitom ale záření s různou vlnovou délkou mají různou intenzitu.

Z grafu na obr. 293 je vidět, že při vyšší teplotě je celková vyzářená energie větší, tj. zvětšuje se plocha omezená grafem funkce  $H = f(\lambda, T)$ , přičemž největší hodnota  $H$  se posouvá ke kratším vlnovým délkám. Vlnová délka  $\lambda_{\max}$  odpovídá záření, které má při dané teplotě největší intenzitu. Tím je vysvětlen poznatek, že při nižších teplotách (asi  $600^\circ\text{C}$ ) se zahřáté těleso jeví jako červené, při dalším zahřívání má barvu bílou (asi  $1300^\circ\text{C}$ ) a při ještě vyšších teplotách se barva tělesa mění v modrobílou. Bílá barva tělesa je dána tím, že v záření jsou zastoupeny všechny vlnové délky viditelné části spektra ve [správném poměru](#). Při dalším zvyšování teploty se poruší tento poměr, a proto se nám těleso jeví modrobílé.



Na základě této skutečnosti je možné hovořit o **teplotě barvy (teplotě chromatičnosti)**. Vyzařuje-li elektromagnetické záření jiné než absolutně černé (resp. černé) těleso, tj. těleso, které dopadající elektromagnetické vlnění pohlcuje jen částečně nebo selektivně (jen záření určité vlnové délky), hovoříme o **ekvivalentní teplotě barvy**. Ta je definována jako teplota absolutně černého tělesa, při které je tvar spektrální křivky aspoň přibližně ve viditelném spektrálním oboru elektromagnetického záření stejný jako tvar této křivky pro světelné záření uvažovaného tělesa.

Vrcholy křivek na obr. 293 leží na části rovnoosé **hyperboly**. To svědčí o tom, že vlnová délka  $\lambda_{\max}$  odpovídající záření s největší intenzitou je nepřímo úměrná **termodynamické teplotě** černého tělesa. Tuto závislost objevil na konci 19. století rakouský fyzik W. Wien (1864 - 1928) a nazýváme ji **Wienův posunovací zákon** (Wienův zákon posunu):

**WIENŮV POSUNOVACÍ ZÁKON (WIENŮV ZÁKON POSUNU) JE VYJÁDRĚN VZTAHEM**

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}, \quad (12)$$

**KDE  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$  JE KONSTANTA.**

To znamená, že např. člověk při běžné teplotě  $37^\circ\text{C}$ , která odpovídá termodynamické teplotě  $310\text{K}$ , vyzařuje elektromagnetické záření s vlnovou délkou  $\lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{310} \text{ m} = 9,35 \mu\text{m}$ . A to odpovídá (jak se dalo předpokládat) tepelnému záření.

Fyzikové se rovněž pokoušeli nalézt vztah pro funkci  $H = f(\lambda, T)$ , která určuje tvar křivek na obr. 293 pro různé teploty. Na základě představ klasické fyziky však vycházelo, že by se podíl energie připadající na kratší vlnové délky měl stále zvětšovat. To je ovšem v rozporu s experimentálním zjištěním, že při  $\lambda \ll \lambda_{\max}$  černé těleso prakticky nevyzařuje. K tomuto závěru dospěli angličtí fyzikové lord Rayleigh a J. H. Jeans a rozpor se skutečným průběhem funkce se označuje jako „ultrafialová katastrofa“ (protože dával „katastrofální“ výsledky pro malé vlnové délky, tj. pro oblast **ultrafialového záření**).

Vlastnosti záření černého tělesa se podařilo objasnit až na začátku 20. století německému fyzikovi M. Planckovi (1858 - 1947). Musel ale zavést předpoklad, který byl z hlediska klasické fyziky nepochopitelný. Podle Planckovy teorie vyslovené v roce 1900 nevyzařuje černé těleso svoji energii spojitě, ale po určitých **kvantech**. Velikost těchto kvant závisí na **frekvenci**  $f$  záření vztahem  $E = hf$ , kde  $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  je **Planckova konstanta**.

Tak dospěl vývoj fyziky k poznatku, který má obecnou platnost a je jednou ze základních myšlenek **kvantové fyziky**:

**ENERGIE ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ JE VYZAŘOVÁNA NEBO POHLCOVÁNA JEN PO CELISTVÝCH KVANTECH ENERGIE  $E$ .**