

Záření černého tělesa

22

Dr. Brom Jiří

Gymnázium Týn nad Vltavou

7.2.2013

Výukový materiál pro Oktávu

Přírodní vědy - Fyzika - Optika

Záření černého tělesa

Využití - výklad a procvičení tématu



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



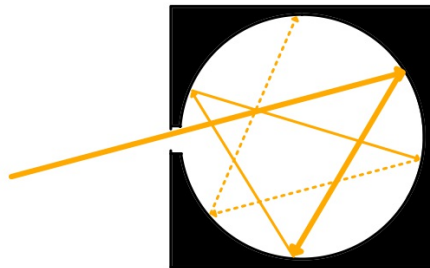
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Záření černého tělesa

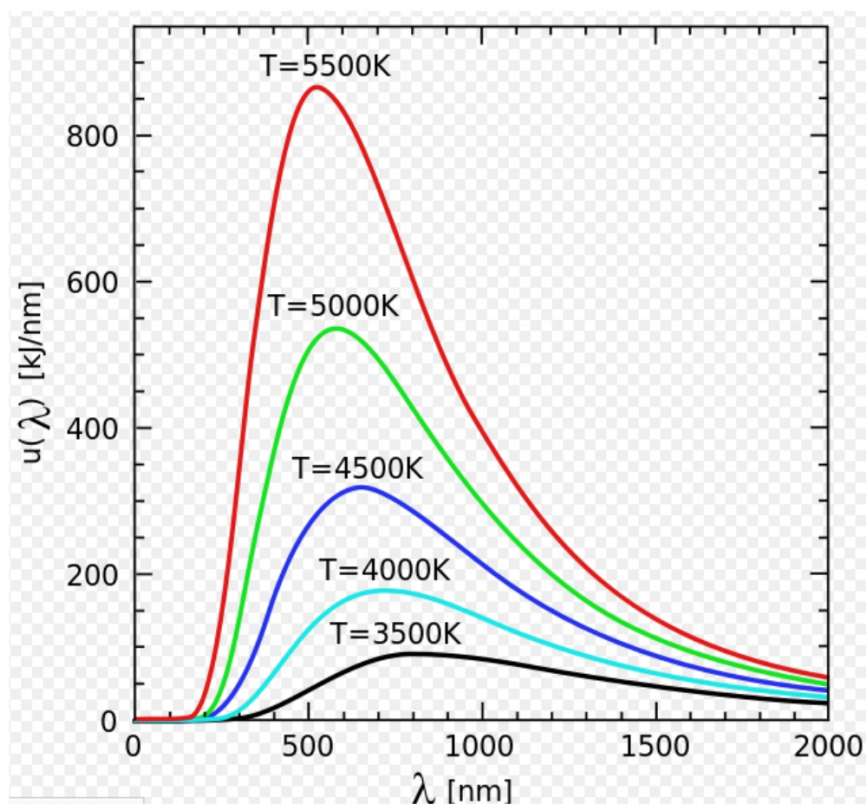
Výzkum elektromagnetického záření v 19.stol. si vynutil model ideálního tělesa - **absolutně černé těleso**.

- **dokonale pohlcuje** dopadající energii, za nízké teploty je dokonale černé
- platí zákon zachování - co pohltí, také **dokonale vyzáří**
- vyzařuje **spojité spektrum**, které analyzujeme
- přiblížením je dutina s matnou černou plochou



Obr. 1

Celkové množství energie, které se vyzáří z povrchu absolutně černého tělesa za jednotku času a rozložení intenzity záření podle vlnových délek závisí jen na jeho teplotě.



Obr. 2

Je zřejmé, že čím více záření černé těleso pohltí, tím více se zvětší jeho teplota – tzn., že černé těleso bude vyzařovat *tepelné záření*. (kamna, planeta, ale i naše Slunce).

Čím bude vyšší teplota, tím víc se zkracuje vlnová délka vyzařovaného záření. Maximálně vyzařované vlnové délky pro danou teplotu (λ_m) leží na hyperbole.

Tuto skutečnost objevil v roce 1893 německý fyzik **W.Wien**.

Wienův posunovací zákon :

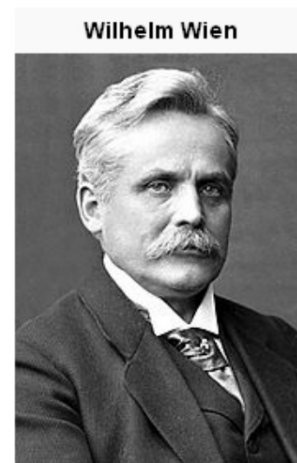
Maximálně vyzařovaná vlnová délka je nepřímo úměrná teplotě.

$$\lambda_m = \frac{b}{T}$$

λ_m maximálně vyzařovaná vlnová délka

T termodynamická teplota

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



Obr. 3

Na základě představ klasické fyziky by se podíl energie připadající na kratší vlnové délky měl s rostoucí teplotou stále zvětšovat. To se ale nedělo - "ultrafialová katastrofa".

Řešení problému nabídl německý fyzik **M. Planck** na základě matematického triku. Předpokládal, že **černé těleso nevyzařuje energii spojitě, ale v určitých kvantech.**

Energie kvanta záření je přímo úměrná frekvenci.

$$E = h \cdot f$$

h Planckova konstanta

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$



Obr. 4

Př. 1

Urči energii kvanta záření, která přísluší maximu vlnové délky 550nm.

$$E = h.f = 550 \cdot 10^{-9} \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} = 3,64 \cdot 10^{-40} J$$

Protože se jedná o nesmírně malou hodnotu, jeví se nám vyzařování jako spojitý děj.

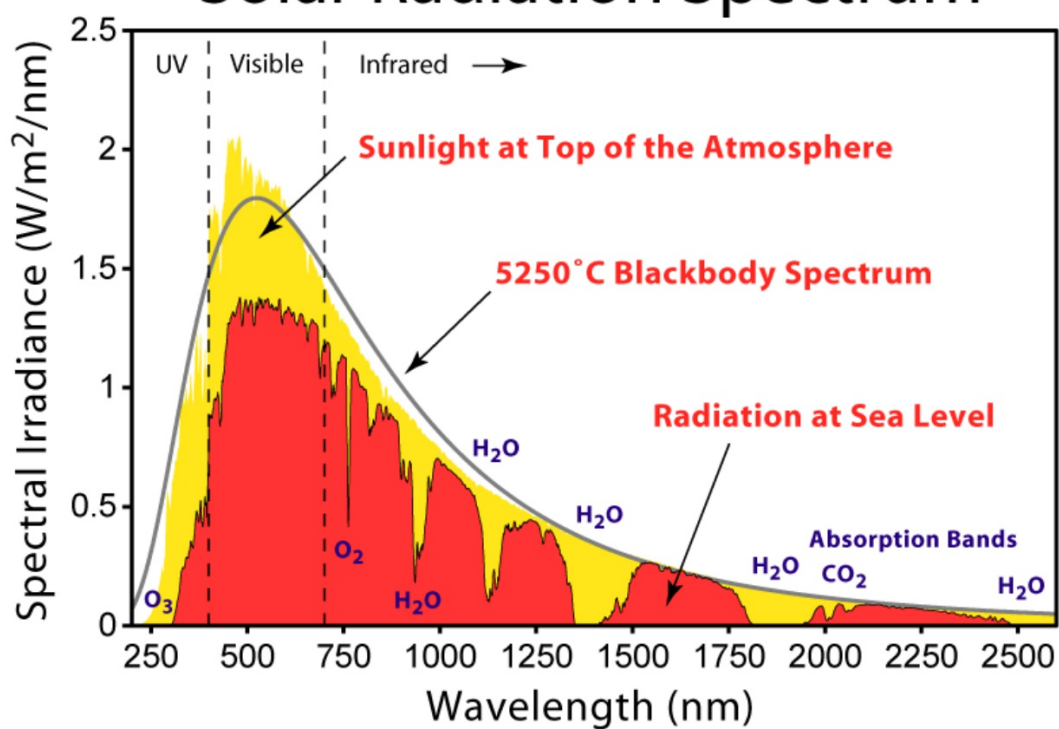
Př. 2

Urči povrchovou teplotu Slunce, jestliže vyzařuje nejvíc vlnovou délku 505nm.

$$T = \frac{b}{\lambda_m} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{505 \cdot 10^{-9}} = 5742 ^\circ C$$

Modelové spektrum slunečního záření po průchodu bezoblačnou atmosférou. Energetická hustota tohoto spektra je 1000W/m^2 , v reálu ale silně závisí na průhlednosti atmosféry. Celkový teoreticky využitelný výkon slunečního záření odpovídá červené ploše.

Solar Radiation Spectrum



Záření, procházející atmosférou, je zčásti **pohlcováno**, zčásti **rozptylováno** a zčásti **prochází** až k zemskému povrchu. Z těchto důvodů u zemského povrchu nezměříme idealizované spektrum energie, které nám ukazuje krásně hladká křivka, vycházející z Planckova zákona. Různé plyny v atmosféře pohlcují (zcela nebo zčásti) záření určitých vlnových délek, a tak je energetické spektrum záření, dopadajícího na zemský povrch a profiltrovaného atmosférou, poněkud křivolaké. Jsou na něm úseky, kde intenzita záření hluboce klesá, někdy až k nule. Je to způsobeno tím, že některé atmosférické plyny, zejména vodní pára nebo CO_2 , absorbují záření určitých vlnových délek.

Pohlcování záření zejména v infračervených úsecích slunečního spektra vede k tzv. **skleníkovému efektu**. Ten je nezbytnou podmínkou udržitelnosti života na Zemi. Kdyby jej nebylo, měli bychom přes den značně vysokou a v noci značně nízkou teplotu vzduchu.

Skleníkové plyny pohlcují velkou část příchozího slunečního záření a následně takto získanou energii vyzařují v dlouhovlnné, infračervené, tj. tepelné části spektra.

Pokud tedy atmosféra obsahuje velkou koncentraci (např. v podobě silné vrstvy) některého skleníkového plynu, tlumí tento plyn sluneční radiaci během dne a vyzařuje teplo během noci. Denní chod teploty je proto plošší, než kdyby tohoto plynu bylo v atmosféře málo. Nejúčinnějším skleníkovým plynem je vodní pára, dále metan nebo CO_2 .

Dobře to poznáme tehdy, je-li vzduch velmi suchý — v létě při takové situaci přes den vystoupí teplota vzduchu na vysoké hodnoty a v noci je velká zima. Tak tomu bývá i na pouštích, kde je nedostatek vlhkosti, která by se mohla do vzduchu odpařovat. Přes den zde teploty vzduchu mohou dosahovat hodnot až $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, v noci pak klesají až skoro k nule.

Ohřev povrchu planety způsobuje záření s vrcholem 505nm , povrch vyzařuje v infračervené oblasti.

(2)

Pracovní list :

1. co je absolutně černé těleso, vlastnosti.
2. jaké spektrum vyzařuje absolutně černé těleso ?
3. na čem závisí energie a rozložení intenzity záření vyzařené černým tělesem ?
4. jaká křivka spojuje maxima vyzařování ?
5. co to byla ultrafialová katastrofa ?
6. jaké řešení problému vyzařování pro krátké vlnové délky nabídl Planck ?
7. proč musíme rozlišovat při fotografování na barevný film denní světlo a umělé osvětlení ?
8. Vláknó žárovek je z W, který má teplotu tání 3380°C . Proč ?
9. Urči povrchovou teplotu hvězdy, která má maximum vyzařování 450nm .
10. jaká je energie kvanta s vlnovou délkou 400nm ?
11. jaké vlnové délky vyzařuje Zemský povrch při teplotě 20°C ?
12. proč při opalování se zavřenýma očima ihned poznáme, že Slunce zakryl mrak ?

Zdroj :

1)Lepil O.: Optika pro gymnázia.

Nakladatelství Prometheus s.r.o, Praha, 2005.

2) Dvořák P. : Záření v atmosféře

<http://www.avimet.cz/>

Obrázky :

Obr.1 -Brom

Obr.2 -http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wiens_law.svg

Obr.3 -http://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Wien

Obr.4 -http://en.wikipedia.org/wiki/Max_Planck

Obr.5 -http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar_Spectrum.png