

## II.K Není všechno teplé, co se třpytí!

V minulém díle jsme si představili základní principy kvantového světa. Vědní obor zabývající se popisem tohoto světa elementárních částic se nejčastěji nazývá jako *kvantová mechanika*. Nyní se však vydáme na cestu napříč časem i prostorem a podíváme se na historický vývoj tohoto odvětví fyziky. Vysvětlíme si, proč byl vznik kvantové teorie potřeba a na základě čeho dostala své jméno.

Naše putování můžeme začít v polovině 19. století, kdy světoznámý fyzik *James Clerk Maxwell* formuloval své čtyři základní rovnice elektromagnetismu. Tyto rovnice se dodnes používají k popisu všech možných jevů a modelů jako je elektromagnetická indukce, pole permanentního magnetu nebo třeba šíření světla. A právě o světle bude v tomto seriálu řeč.

Z řešení Maxwellových rovnic vyplývá, že světlo se chová jako nositel elektromagnetického pole s vlnovým charakterem. Pomocí Maxwellových rovnic se dokázalo to, co bylo téměř 200 let pozorováno. Světlo se šíří ve vlnách.

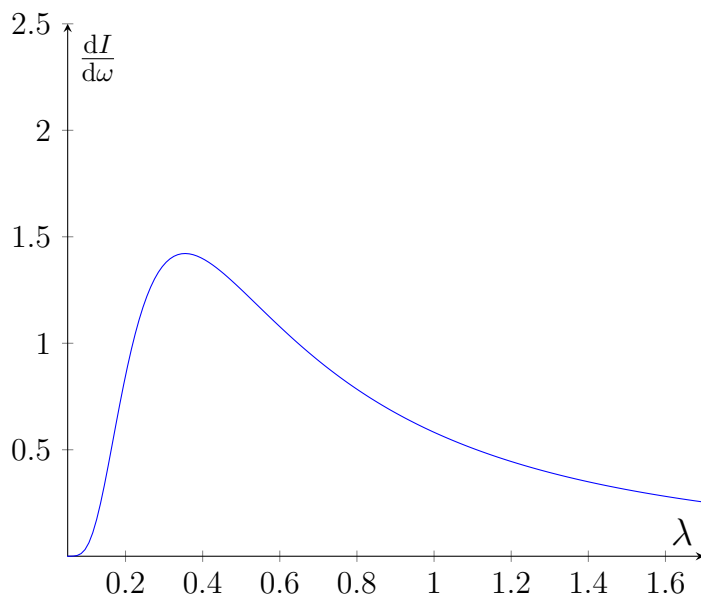
Vlnový popis světla se zdál být dostatečný, a proto se na jeho základu snažili fyzici na přelomu 19. a 20. století postavit kompletní teorii vyzařování těles. Lidé si v té době kladli otázky typu: proč hvězdy svítí? Jakým mechanismem mohou ztrácet energii? Jak může těleso předávat teplo i bez kontaktu? Načež se dopracovalo k tomu, že každé těleso, ať se nachází ve vakuu či atmosféře, musí odevzdávat teplo okolí. Tento proces zprostředkovává právě ono elektromagnetické záření. Každé těleso tedy dle teorie z konce 19. století jakýmsi způsobem „svítí“. Ale vzhledem k tomu, že ku příkladu lidi vidíme zářit maximálně tak v televizních výstupech, může se tato teorie zdát jako trochu přitažená za vlasy. Bylo proto potřeba spočítat, jak tomu doopravdy je.

Způsob, jak dosáhnout zpracovatelných dat, je sestavit závislost tzv. *spektrální intenzity záření* (míra vyzařování) na vlnové délce (vzdálenost mezi dvěma vrcholy světelné vlny). Dle klasické fyziky bylo spočítáno, že spektrální intenzita by enormně rostla se zmenšující se vlnovou délkou. Rostla by pořád a do nekonečna, což by nám říkalo, že tělesa by na ultrafialovém spektru vydávala nekonečně mnoho energie, a to je samozřejmě nesmysl. Tento problém nese věhlasné jméno *ultrafialová katastrofa*.

Jak se s tímto problémem vypořádat? S touto otázkou zápasily koncem 19. století největší vědecké kapacity. Ovšem teprve roku 1900 byla tato hádanka vyřešena a samozřejmě tento průlom neměl na svědomí nikdo jiný než sám německý fyzik *Max Planck*. Formuloval prvně z části odhadnutý, *semi-empirický* (z poloviny experimentálně zjištěný) vztah mezi spektrální intenzitou a vlnovou délkou. O pár měsíců později se mu podařilo tento zákon plně odvodit díky jistému matematickému obratu. Ten spočívá v předpokladu, že světlo jakožto forma energie nemůže být vyzařováno spojitě či kontinuálně, nýbrž po určitých částech, tzv. *kvantech*. Takové „balíčky“ světelné energie dostaly název *fotony*. U takového modelu světla se může zdát, že je v nesouladu s vlnovým charakterem, jenže pouze tímto trikem lze dosáhnout správných výsledků. Ukazuje nám to, že oba pohledy na povahu světla jsou správné, chová se jako částice a zároveň jako vlna. O tomto paradoxu kvantové mechaniky se budeme podrobněji bavit příště. Na závěr zmiňuji, že vyzařovací zákon formulovaný Planckem se dnes nazývá *Planckův vyzařovací zákon* a jeho hlavní poselství je, že každé těleso o libovolné teplotě vyzařuje na všech možných vlnových délkách, ovšem na některých více a na některých méně. Jak moc na jakých vlnových délkách je už otázka teploty. Takže v podstatě i my sami záříme podobně jako Slunce viditelným světlem, jenže tak nepatrně, že tento děj nelze postřehnout.

Jistě jste si všimli, že jsme během vysvětlování podstaty světla použili slovo *kvantum*. A právě výše zmíněné použití tohoto slova vedlo ke vzniku názvu *kvantová fyzika*. Hledání nejmenší možné části jisté veličiny (nejen energie, ale i další) se stalo podstatnou technikou tohoto revolučního oboru, a fyzici proto pro něj vytvořili speciální název: *kvantování*. Jak následně ukázal všem známý Albert Einstein, kvantování není pouze matematický konstrukt, ale reálný jev přírody.

Planckův vyzařovací zákon



### Úloha:

Dle Planckova vyzařovacího zákona má závislost spektrální intenzity na vlnové délce jedno maximum. V praxi to znamená, že tělesa vyzařují na všech vlnových délkách, ovšem na některých vyzařují méně a na některých více. Existuje však jedna vlnová délka, na které dané těleso vyzařuje nejvíce, řekněme jí  $\lambda_{\max}$ . A právě tuto vlnovou délku  $\lambda_{\max}$  také nejlépe vidíme.

1. Jaký je vztah mezi  $\lambda_{\max}$  a teplotou příslušného tělesa?
  - a)  $\lambda_{\max}$  je přímo úměrná teplotě tělesa
  - b)  $\lambda_{\max}$  je nepřímo úměrná teplotě tělesa
2. Svou předchozí odpověď se pokuste zdůvodnit úvahou nebo prokázat na nějakém jevu v přírodě.

*Nápověda:* Zamyslete se například nad tím, co dává hvězdám jejich barvu.

3. Jak se nazývá zákon, který dává do vztahu  $\lambda_{\max}$  a teplotu vyzařujícího tělesa?
  - a) Stefan–Boltzmannův zákon

- b) De Broglieho vlna
- c) Einsteinova rovnice fotoefektu
- d) Wienův posunovací zákon