

# Pomalé světlo

Adam Blažek

12. 5. 2023

- Normálně (ve vakuu/vzduchu) se světlo pohybuje tak rychle, že na naší škále to působí jako okamžitá rychlost
- Pomocí fotonických prostředků lze světlo zpomalit až na jednotky metrů za sekundu (rychlost člověka jedoucího na kole) nebo i úplně zastavit
  - Obojí se poprvé podařilo dánské profesorce Lene Vestergaard Hau na Harvardské univerzitě
- Není až tak důležité, jak moc dokážeme světlo zpomalit, ale jak u toho zabránit rozplývání

# Co je pomalé světlo?

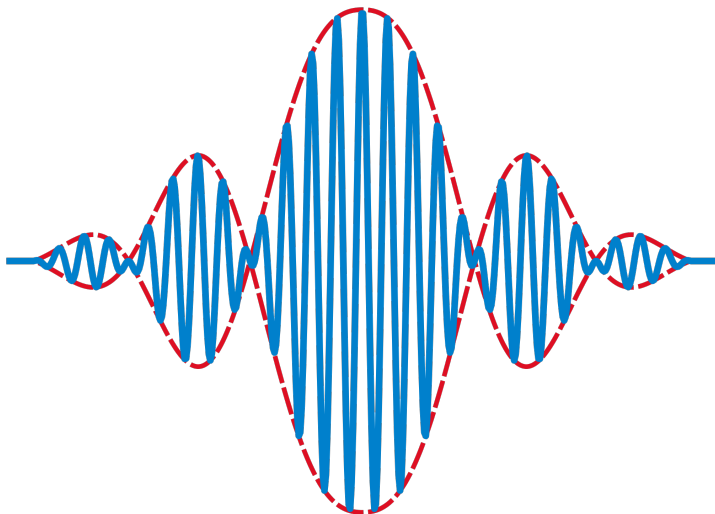
*Pomalé světlo* je pulz světla šířící se **grupovou** rychlostí výrazně nižší než  $c$ .

$$v_g \ll c$$

*Grupová rychlost* je rychlost „obálky“ vlny (na rozdíl od *fázové rychlosti*, která je rychlostí vlny samotné). Pro naše účely je důležitější, protože určuje, jakou rychlostí se šíří informace.

$$v_\varphi = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{n} \quad v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{c}{n + \frac{dn}{d\omega}}$$

Formální odvození lze vidět na předmětu Vlnění, optika a atomová fyzika.



$$v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{c}{n + \frac{dn}{d\omega}}$$

- $n$  příliš velké neuděláme
- Chceme tedy mít co největší  $\frac{dn}{d\omega}$
- Ovšem při nenulovém  $\frac{d^2n}{d\omega^2}$  dochází k rozplývání
- Ideálně by tedy  $n(\omega)$  měla být rychle rostoucí afinní („lineární“) funkce
- Tím se výrazně omezuje spektrum frekvencí, ve kterém je možné vlny vysílat

- Plyn s vysokou absorpční rezonancí
- Možno dosáhnout až  $v_g = 10^{-6}c$
- Problém: světlo je rychle absorbováno, metodu tedy můžeme použít jen na malé vzdálenosti (čímž dosáhneme malého zpoždění)
- Tomu se dá zabránit použitím dalšího laseru, který způsobí „díru“ v absorpčním koeficientu (*elektromagneticky indukovaná průhlednost*)
- Stále je problém, že je potřeba speciální prostředí udržované při nízké teplotě, neboť srážky částic elektromagneticky indukovanou průhlednost narušují
- Existují i vylepšení a jiné způsoby

- Prof. Hau ke zpomalení světla (1999) použila Bose-Einsteinův kondenzát: vrstvu sodíku ochlazeného na  $10^{-6}$  K
- Při těchto teplotách se uplatňují kvantové jevy
- K úplnému zastavení (2001) byla použita podobná sestava, ale s tím, že se v průběhu experimentu vypnul pomocný laser, poté i hlavní laser
- Když se pomocný laser poté znovu zapnul, světlo z hlavního laseru se začalo opět pohybovat
- Německým vědcům z darmstadtské univerzity se v roce 2013 podařilo zadržet světlo uvnitř krystalové mřížky po dobu celé minuty
- Také se jim podařilo uložit informaci do světla: „upravené“ světlo se poté i v normálních materiálech pohybovalo o 0.001 % pomaleji

- Snadnější kontrola nad interakcemi
- Nelineární optika, regenerátory světla
- Kvantová optika (ukládání kvantového stavu světla)
- Optické routery
- Optická paměť
- Nebo jen proto, že je to fascinující 😊



- [https://www.photonics.com/Articles/Slow\\_Light\\_From\\_Basics\\_to\\_Future\\_Propects/a24576](https://www.photonics.com/Articles/Slow_Light_From_Basics_to_Future_Propects/a24576)
- <https://sci-hub.ru/https://www.nature.com/articles/nphoton.2008.139>
- <https://www.zmescience.com/science/physics/how-to-slow-trap-light/>
- <https://fantasticfacts.net/13573/>