

20. Lasery

Asi 40 let po zveřejnění Einsteinovy práce o stimulované emisi vyzkoušeli princip v oblasti mikrovln (tzv. **maser**) ruští fyzikové N. G. Basov a A. M. Prochorov a americký fyzik C. H. Townes. V roce 1964 za své objevy získali Nobelovu cenu.

První laser zkonstruoval v USA T. H. Maiman v r. 1960. Slovo LASER je složeno z počátečních písmen anglického názvu zařízení:

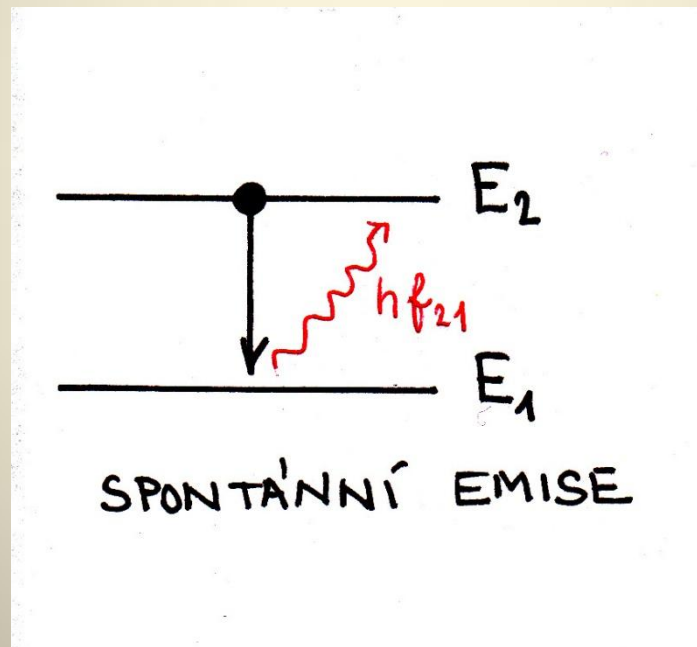
Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation.

Co to tedy laser vlastně je?

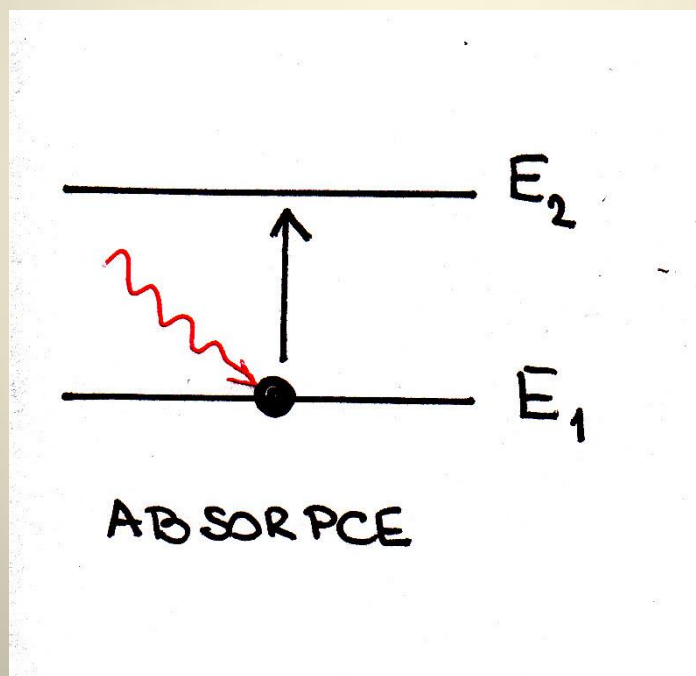
V kapitole o kvantování energie atomu a při výkladu Franck – Hertzova experimentu bylo vysvětleno, že při přechodu atomu z vyššího do nižšího energetického stavu vyzáří atom kvantum energie $hf_{21} = E_2 - E_1$. Pokud to výběrová pravidla „dovolí“, půjde o **zářivý přechod**.

Protože excitovaný stav není přirozený, stacionární, dojde dříve či později k tzv. **spontánní emisi**, kdy přebytek energie atom formou fotonu vyzáří samovolně. Protože jednotlivé atomy vyzařují nekoordinovaně, jsou vzniklá záření **nekoherentní**.

Spontánní emisi vykazují například zahřátá tělesa.



Při opačném procesu, při kterém atom v základním (nižším) energetickém stavu pohltí foton, přejde tento do vyšší energetické hladiny. Tento proces se nazývá **absorpce**.

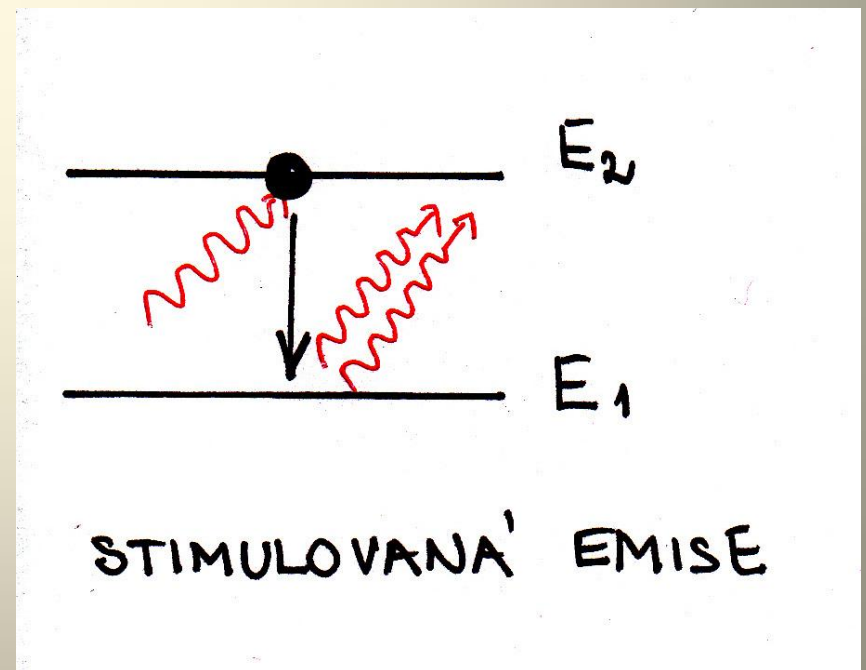


Existuje však i proces, při němž foton dopadá na atom ve vyšší energetické hladině, přiměje ho však k přechodu do nižší hladiny za současného vyzáření dalšího fotonu i fotonu původně stimulujícího atom.

Tento původní atom se při tomto ději nepohltí, oba fotony se pohybují tímž směrem, mají stejný kmitočet i fázi.

Proces se může lavinovitě opakovat a záření se zesiluje.

Hovoříme o **stimulované emisi**.



Oba procesy – stimulovaná emise a absorpce jsou procesy opačné a stejně pravděpodobné.

To, který z nich převládne, závisí na **vzájemném poměru počtů částic na vyšší energetické hladině** (nastane stimulovaná emise) **nebo na hladině nižší** (nastane absorpce).

Zahřáté těleso má vždy více atomů na nižších energetických hladinách, ale tělesu lze dodat energii i jinak než pouhým zvýšením jeho teploty – např. osvětlením, chemickou reakcí, elektrickým proudem apod. Pokud tímto způsobem zvýšíme počet atomů ve vyšším energetickém stavu nad počet těch v nižším stavu, vytvořili jsme **populační inverzi** a tento stav látky se zvýšenou energií nazýváme **aktivní prostředí**.

Běžné excitované stavy jsou nestacionární. Avšak existují excitované energetické hladiny, na nichž atom může setrvat relativně dlouho – kolem 10^{-8} sekundy. Tyto hladiny nazýváme **metastabilní hladiny**.

Pokud dojde k nahromadění atomů na takové hladině, nahodile spontánně vyzařují energii a my pozorujeme **luminiscenci**.

? Uvedte příklady z technické praxe i z přírody, kde se s luminiscencí můžete setkat?

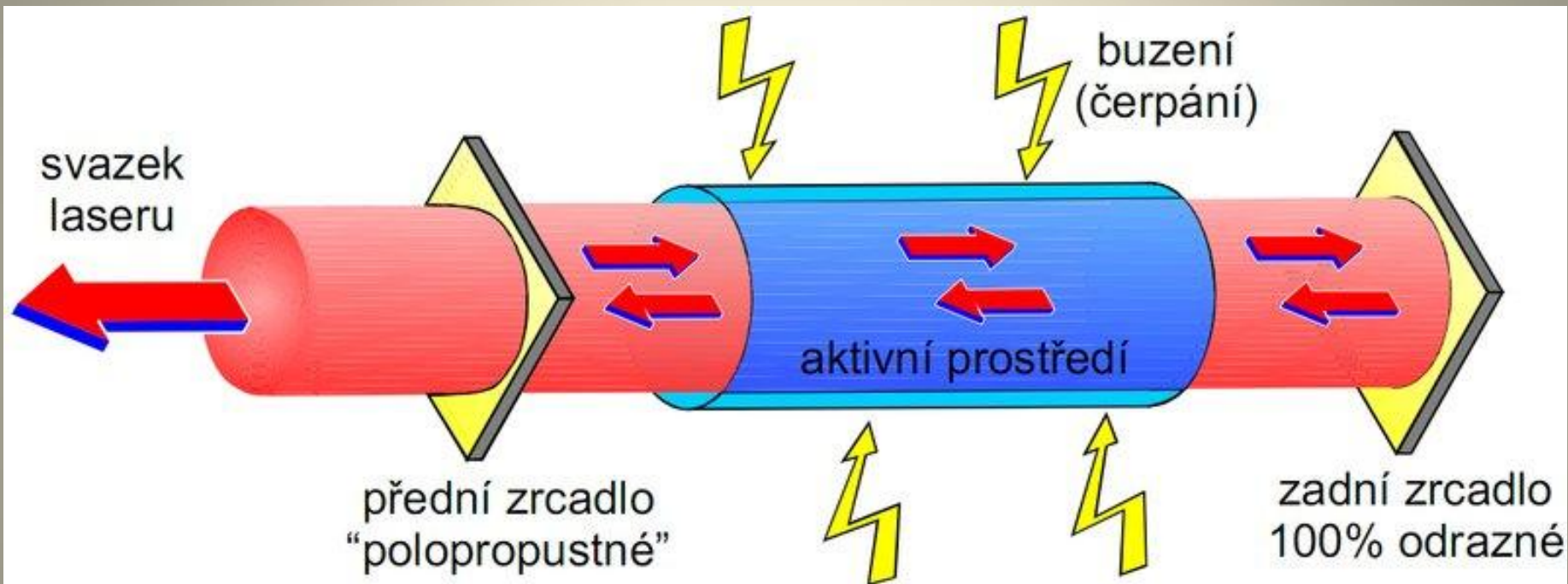
Odpověď:

U světlušek v přírodě.

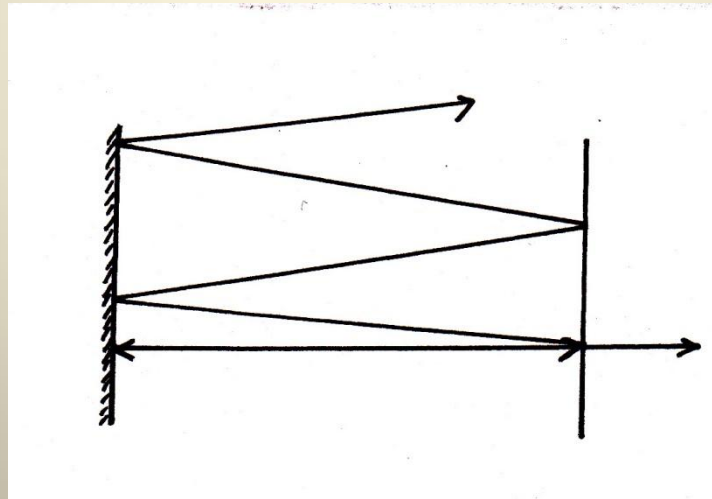
V domácnostech u elektrických zářivek a úsporných žárovek, v televizních obrazovkách apod.

Při dosažení jakési „prahové energie“ dodávané tělesu a vytvořením zpětné vazby (těleso umístíme mezi dvě rovnoběžná zrcadla), spustí se v tělese stimulovaná emise. Vznikl **laser**.

Při cestě mezi zrcadly se paprsek mnohonásobně odráží a při průniku aktivním prostředím vyvolává opakovaně další přechody z metastabilní hladiny, přibírá další vyzářené fotony a sílí.



Protože paprsky, které se odchylují od optické osy zrcadel, po několika odrazech opustí systém bez zesílení, bude výsledný paprsek **úzce směřovaný** (toho využívají četná laserová zařízení – laserové ukazovátko, laserový operační nůž, laserová pila aj.).



Jaké budou vlastnosti vzniklého laserového světla?

- laserový záblesk je „krátký“
- má velmi malou rozbíhavost
- je vysoce monofrekvenční
- je koherentní (sinusová elektromagnetická vlna)
- světlo přenáší elektromagnetickou energii o vysoké prostorové, časové i spektrální hustotě, která je vyzářena v malém prostoru a čase.



Jak se takový paprsek chová v praxi?

Pokud jej soustředíme na malou oblast neprůhledného materiálu, může jej okamžitě **roztavit**, popř. **zahřát** na velmi vysokou teplotu (až milióny stupňů Celsia). Toho využívají operační postupy v medicíně – laserový skalpel, průmysl – řezání kovů a kamenů, vědecký výzkum – zbraně, likvidace nebezpečných objektů apod.

Tenký nerozbíhavý laserový paprsek také umožňuje **přesné měření vzdáleností, vytyčování přímých tras apod.**

Laseru lze využít i k **přenosu informací**. Vzhledem k šířce frekvenčního pásma viditelného světla $3 \cdot 10^{14}$ Hz lze na těchto vlnách současně přenášet kolem 30 miliónů televizních kanálů.



Lasery používají např. v ÚPT AV ČR v Brně – viz navštívené Dny vědy v listopadu. Používají se jak k vrtání/řezání tlustší vrstvy kovu (lasery s větším výkonem), tak k manipulaci s velmi drobným předměty – např. nanočásticemi, molekulami a bakteriemi (lasery s menším výkonem).

Laserové světlo umožňuje i prostorové zobrazování z 2D nosiče a ukládání informací pomocí **holografie**.

? Referát – holografie a její užití v běžné praxi?

Jednotlivé typy laserů se liší jednak **aktivním prostředím** (rubínový laser má atomy chromu rozptýlené v krystalu oxidu hlinitého, neodymový laser má atomy neodymu rozmístěné ve skle nebo speciálních krystalech YAG a YAP, helium-neonový laser), jednak **způsobem čerpání energie** (opticky čerpané lasery získávají energii ze světla výbojky).

Velkou účinnost mají **lasery polovodičové** (např. GaAs), které jsou součástí snímačů CD a DVD, laserových tiskáren.

Největší světelný výkon mají **průtokové plynové lasery** a **lasery chemické**.

Zvažuje se užití laserů buzených jadernou energií, lasery produkující RTG záření (rasery), popř. gama záření (gasery).

Užitá literatura:

ŠTOLL, Ivan. *Fyzika pro gymnázia. Fyzika mikrosvětá*. Praha: Prometheus, 1993, ISBN 80-85849-48-8.

AUTOR NEUVEDEN. *www.lao.cz* [online]. [cit. 6.6.2013]. Dostupný na WWW:

http://www.lao.cz/pictures/jpg/lao_info_preview/serial/1.jpg

AUTOR NEUVEDEN. *eofdreams.com* [online]. [cit. 2.6.2013]. Dostupný na WWW: <http://eofdreams.com/laser.html>

AUTOR NEUVEDEN. *www.armlaser.com* [online]. [cit. 26.6.2013]. Dostupný na WWW:

http://www.armlaser.com/index.php?main_page=popup_image&plD=44

Děkuji Vám za pozornost 😊 😊 😊



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mgr. Hana Stravová, Gymnázium Židlochovice