

Zastavené světlo

Světelný pulz je možné zastavit, zapsat a skladovat ve zchlazeném atomovém plynu, a pak zase obnovit

VLADIMÍR DVOŘÁK

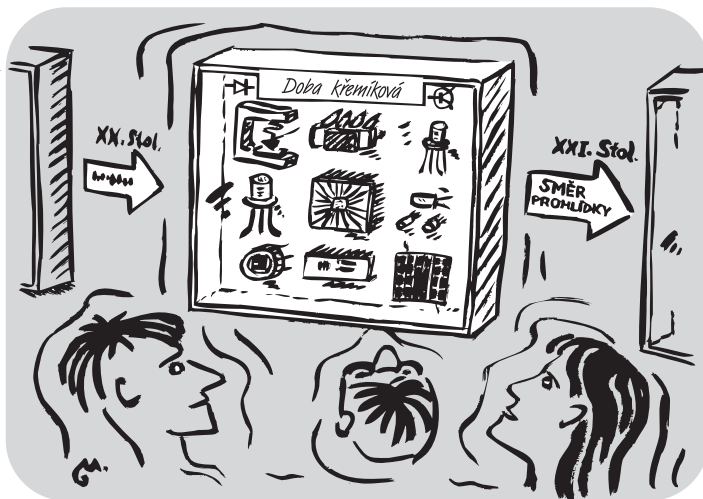
V roce 2001 udivila veřejnost zpráva, že se podařilo na okamžik zastavit laserový pulz světla, a posléze jej přimět, aby v nezměněné podobě letěl dál. Nešlo tedy o odraz ani o pohlcení světla. Ve vakuu se světlo šíří rychlostí 300 000 km za vteřinu, v r. 1998 se ho podařilo zpomalit na rychlost dopravního letadla a o rok později dokonce na neuvěřitelných 17 m za vteřinu (tj. zpomalení více než desetimilionkrát). Zastavit světlo se doposud podařilo třem skupinám vědců ve Spojených státech.

Jak zpřůhlednit prostředí a světlo v něm zpomalit

V hmotném prostředí se světelná vlna šíří pomaleji než ve vakuu a v důsledku toho se v něm láme. Veličina, která udává, kolikrát je rychlost vlny v prostředí menší, se nazývá index lomu n . Jeho velikost závisí na druhu prostředí. Zdálo by se tedy, že k tak drastickému zpomalení světla by bylo třeba nalézt průhlednou látku s obrovským indexem lomu (řádově desítky milionů). Problém je, že taková látka neexistuje (jeden z největších indexů lomu má diamant, a to pouhých 2,4), a navíc by se od ní světlo dokonale odráželo. Rychlost světelného pulzu, který trvá jen krátkou dobu a rozprostírá se v malém prostorovém úseku, však není určena pouze indexem lomu. Pulz je složen ze skupiny vln s vlnovými délkami λ a frekvencemi ω v úzkém rozmezí kolem vlnové délky λ_0 a frekvence ω_0 nosné vlny. Zatímco ve vakuu se všechny vlny šíří stejnou rychlostí, v hmotném prostředí se jejich rychlost mění s frekvencí. Jelikož se každá vlna obsažená v pulzu šíří jinou rychlostí, rychlost pulzu v prostředí (grupová rychlost) závisí nejen na velikosti indexu lomu, ale také na tom, jak rychle se index lomu mění v okolí frekvence ω_0 nosné vlny. Ukazuje se, že čím více se index lomu s rostoucí frekvencí zvětšuje, tím menší bude grupová rychlost pulzu.* Je tedy třeba nalézt takový systém, v němž se index lomu v okolí frekvence ω_0 hodně mění a který má nepatrnou absorpci, aby světelný pulz nebyl pohlcen a navždy ztracen.

*) Pozn.: Nebudeme se zde zabývat tzv. anomální disperzí [kdy index lomu klesá s rostoucí frekvencí], při které se naopak rychlost pulzu zvětšuje a jeho grupová rychlost může být dokonce větší než rychlost světla ve vakuu.

RNDr. Vladimír Dvořák, DrSc., (*1934) vystudoval Matematicko-fyzikální fakultu UK v Praze. Ve Fyzikálním ústavu AV ČR se zabývá fázovými přechody v kondenzovaných systémech. Je členem US ČR. (e-mail: dvorak@fzu.cz)

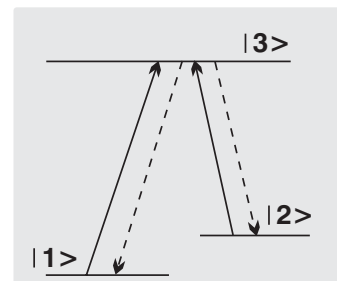


Kresba © František Mizera

V okolí rezonanční frekvence (tj. frekvence odpovídající rozdílu energií dvou kvantových stavů atomů prostředí) má malá odchylka frekvence světelné vlny od rezonanční frekvence za následek velkou změnu jejího indexu lomu. Světelný pulz, který je naladěn na přechod mezi dvěma kvantovými stavy, vybudí atomy z kvantového stavu s nižší energií do stavu s energií vyšší na úkor své vlastní energie, a je proto v prostředí atomů rychle pohlcen. Kvůli tomu, aby k tomu nedošlo a mohla se projevit velká disperze indexu lomu v okolí rezonanční frekvence, která je potřebná ke zpomalení světelného pulzu, využije se *elektromagneticky indukovaná průhlednost*.

Jestliže se prostředím šíří současně dva světelné pulzy – jeden naladěný na přechod z energetické hladiny 1 na vyšší hladinu 3 a druhý naladěný na přechod z hladiny 2 na stejnou vyšší hladinu 3 – prostředí se pro ně stane průhledným, i když by byl každý zvlášť (kdyby se šířil sám) pohlcen. Aby k elektromagneticky indukované průhlednosti mohlo vůbec dojít, atomy prostředí musejí být ve zvláštním kvantovém stavu, který je koherentní superpozicí kvantových stavů 1 a 2. Tyto kvantové stavy atomů se nazývají tmavé stavy, protože neabsorbují dva současně procházející světelné pulzy, jakoby je vůbec „nevidí“, a zůstávají tedy ve tmě. Podstatné a poněkud překvapivé je, že zastoupení stavů 1 v tmavých stavech atomů v určitém místě prostředí je určeno intenzitou laseru naladěného na přechod 2→3, zatímco stavů 2 intenzitou laseru naladěného na přechod 1→3 v tomto místě. Jakmile se tmavé stavy vytvoří, světelné pulzy je již nijak neovlivňují. Elektromagneticky indukovaná průhlednost je jev čistě kvantové povahy a podrobněji je vysvětlen v rámečku. Světelný pulz, který bude v prostředí zpomalován, zastaven a uskladněn, je naladěn na přechod 1→3 a budeme ho nazývat *pulz zkušební*. Světelný pulz potřebný k vyvolání elektromagneticky indukované průhlednosti, naladěný na přechod 2→3, budeme nazývat *pulz řídicí*.

Vzniká ovšem otázka jak připravit tmavé stavy atomů, aby se prostředí stalo průhledným a světlo se



Tříhladinový atomový systém. Plná čára odpovídá absorpci, čárkovaná emisi.



ELEKTROMAGNETICKY INDUKOVANÁ PRŮHLEDNOST

K vysvětlení tohoto jevu si musíme připomenout některé poznatky kvantové mechaniky. Každý atom se může nacházet v řadě kvantových stavů – popisují se vlnovými funkcemi – s danými hodnotami energie. Pro elektromagneticky indukovanou průhlednost je podstatné, že se atom může nacházet také v několika kvantových stavech zároveň, v každém s určitou pravděpodobností (jinými slovy ve stavu, který je jejich superpozicí). Průhlednost může být elektromagneticky indukována v tříhladinových systémech, ve kterých ze všech možných kvantových stavů jednotlivých atomů hrají roli jen tři. Budeme je značit – podle rostoucí energie – 1, 2 a 3 (stav 1 má nejnižší energii). Představme si, že se atomy nacházejí v superpozici stavů 1 a 2 a že na ně posíláme zkušební a řídicí pulzem zároveň. Jestliže lasery budou ve dvojí rezonanci (zkušební laser bude naladěný na přechod $1 \rightarrow 3$ a řídicí na přechod $2 \rightarrow 3$), dojde k destruktivní kvantové interferenci mezi uvedenými dvěma přechody (pravděpodobnosti, že se atom ocitne ve stavu 3 při současném působení zkušební a řídicího pulzu v dvojí rezonanci, se vzájemně vyloučí). Žádný atom nikdy nezůstane trvale ve stavu 3, do kterého by přešel působením zkušebního laseru samotného, a zkušební pulz (stejně jako pulz řídicí) tedy nemůže být pohlcen. Prostředí se pro něj stalo průhledným, jako by vůbec nevnímalo atomy prostředí. Podstatné je, že malé rozladění zkušební pulzu od rezonanční frekvence ω_{31} s přechodem $1 \rightarrow 3$ má za následek velkou změnu indexu lomu n (obr. 1). Máme tedy průhledné prostředí s velkou disperzí indexu lomu, v němž se může světlo zpomalovat, aniž je pohlcováno.

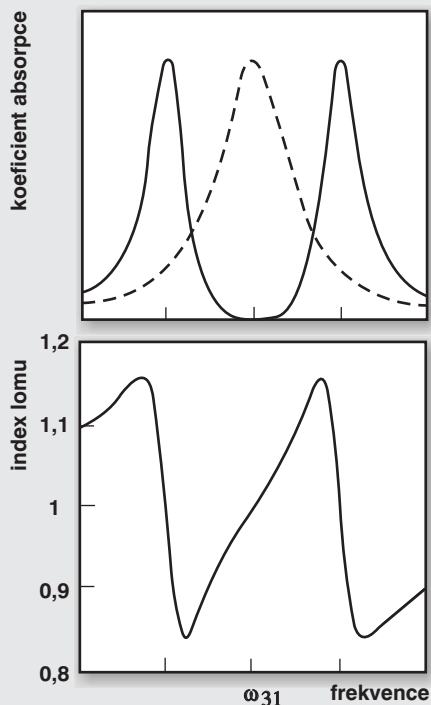
Jak elektromagneticky indukovaná průhlednost vzniká: Jestliže má být prostředí dokonale průhledné, nesmí ho světelná vlna polarizovat (nesmí v něm indukovat elektrické dipólové momenty, které svým vyzařováním spoluvytvářejí výslednou – pozměněnou – vlnu šířící se prostředím). Při přechodu atomu z jednoho stavu do druhého se mění rozložení elektrického náboje, čímž zpravidla vzniká dipólový moment. Elektromagneticky indukovaná průhlednost vznikne, když se dipólové momenty při přechodech $1 \rightarrow 3$ a $2 \rightarrow 3$ (vybuzených zkušební a řídicí pulzem) vzájemně vyloučí. Prostředí se při současném působení obou laserů ve dvojí rezonanci nepolarizuje. Pro zkušební vlnu naladěnou přesně na přechod $1 \rightarrow 3$ se prostředí chová jako vakuum. Zkušební pulz – „vlnové klubko“ – ovšem „cítí“ velkou disperzi indexu lomu v okolí ω_{31} a zpomalí se.

Je třeba zdůraznit, že má-li být průhlednost indukována elektromagneticky, vlnová funkce atomu musí mít následující vlastnosti:

■ Superpozice stavů 1 a 2 musí být v poměru velikostí elektrických polí řídicího a zkušebního laserového pulzu, a to v každém místě prostředí; zastoupení stavu 1 v superpozici je tím vyšší, čím je v daném místě větší elektrické pole řídicího pulzu, a obráceně – zastoupení stavu 2 je tím větší, čím větší je elektrické pole zkušební pulzu. Takto „správně“ namíchaný stav se nemění, když na něj působí oba lasery v dvojí rezonanci zároveň. Tento stav jako by nevnímал zkušební světlo, zůstává v temnotě, a proto se nazývá tmavý.

■ Superpozice stavů 1 a 2 musí být po dostatečně dlouhou dobu koherentní, může mezi nimi docházet k interferenci podobně jako mezi dvěma vlnami. Jinak by nastala destruktivní kvantová interference mezi přechody $1 \rightarrow 3$ a $1 \rightarrow 2$ a kompenzace elektrických dipólových momentů, které jsou s těmito přechody spojeny.

1. Závislost indexu lomu n a koeficientu absorpce κ zkušební vlny na její frekvenci ω , je-li řídicí laser v rezonanci s přechodem $2 \rightarrow 3$. Při $\omega = \omega_{31} \approx 3 \cdot 10^{15}$ Hz dochází ke dvojí rezonanci a k elektromagneticky indukované průhlednosti. V okolí ω_{31} je absorpce zanedbatelná a index lomu má neobyčejně strmý průběh; vzdálenost maxim (či minim) n je totiž pouhých řádově 10 MHz. Frekvenční průběhy připomínají dvě blízké absorpční čáry (s anomální disperzí); v důsledku kvantových interferenčních jevů nejsou však jejich pouhým složením. Bez řídicího laseru musí obě absorpční linie splýnout a mít maximum na frekvenci ω_{31} (čárkovaná křivka). S klesající intenzitou řídicího laseru se tedy maxima koeficientu absorpce k sobě přibližují, disperze indexu lomu v okolí ω_{31} ještě narůstá a rychlost zkušební pulzu se dále zmenšuje; je přímo úměrná intenzitě řídicího pulzu. Plné křivky odpovídají intenzitě řídicího pulzu několik miliwattů na cm^2 .



v něm zpomalovalo. Odpověď je překvapivě jednoduchá – nastaví se v podstatě samy. Jelikož stav 1 má nejnižší energii, převážná část atomů se bude nacházet právě v něm. Na tom se nic nezmění, jestliže zapneme nejprve řídicí laser, který nemůže budit přechody $1 \rightarrow 3$. Jakmile čelo zkušební pulzu dorazí k první vrstvě vzorku, začne převádět atomy ze stavů 1 do stavů 3, které však pod působením řídicího laseru přecházejí do stavů 2 tak dlouho, dokud se nenastaví „správná“ koherentní superpozice stavů 1 a 2, tmavý stav. V prostředí se tmavé stavy vytvářejí po vrstvách, jak k nim postupně doráží čelo zkušební pulzu. Část své energie ztrácí čelo pulzu na vytvoření

tmavých stavů, hlavní část zkušební pulzu však již prostředím s tmavými stavy projde beze ztrát – prostředí pro něj začne být průhledné.

Zajímavé pokusy se zpomalováním světla prováděla dánská fyzička Lene V. Hau se svými kolegy. Pro úspěch pokusu potřebovala udržet koherentní superpozici stavů 1 a 2 po dostatečně dlouhou dobu ve srovnání s délkou trvání zkušební pulzu. Koherenci narušují zejména srážky mezi atomy. Těch je za pokojové teploty příliš mnoho, a proto se přistoupilo k systémům zchlazeným na velmi nízké teploty. Tím se zároveň podstatně zúžila absorpční (přechody $1,2 \rightarrow 3$) a emisní (přechody $3 \rightarrow 1,2$) čáry ato-

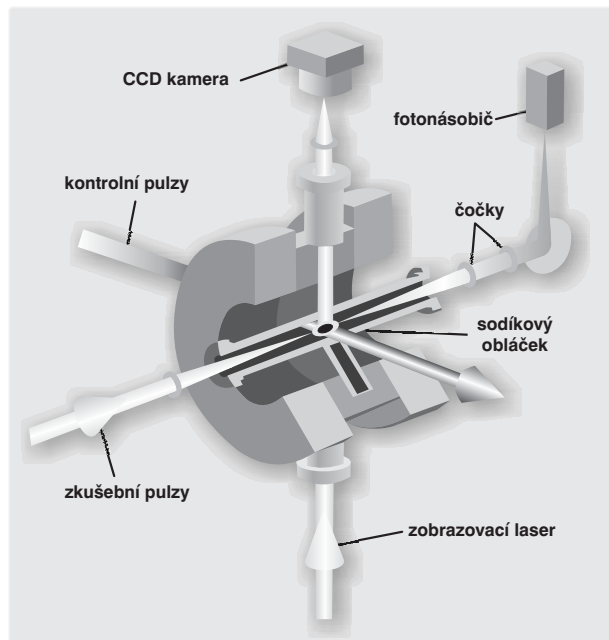
2. Schéma uspořádání pokusu provedeného skupinou Lene V. Hau. Na obrázku je průřez vakuovou komorou se sodíkovým obláčkem v magnetické pasti. Velikost obláčku je zveličena, magnety nejsou znázorněny. Fotonásobič měří příchod pulzu s lepší přesností než 1 mikrosekunda. Zobrazovací laser promítá stín obláčku do CCD kamery, čímž se měří jeho délka.

mů, a v důsledku toho se zúží i obor frekvencí, pro které se prostředí stane průhledným (zúží se frekvenční okno propustnosti). To se nakonec (žádoucím způsobem) projeví v ještě strmější disperzi indexu lomu n v okolí ω_0 (uspořádání pokusu viz obr. 2). Obláček sodíkových atomů (0,2 mm dlouhý a 0,05 mm v průměru) byl zachycen v magnetické pasti a postupně ochlazen až na teplotu 50 miliontin stupně nad absolutní nulovou teplotou. (Bylo tak vytvořeno nejstudenější místo ve Vesmíru.) Při tak nízké teplotě většina atomů přejde do společného kvantového stavu – vznikne Boseho-Einsteinův kondenzát – ve kterém mají nulovou hybnost. V kondenzátu se ocitlo asi 10 milionů atomů. Dá se očekávat, že tento makroskopický kvantový stav bude podstatně lépe udržovat koherentní superpozici atomových stavů. Tři potřebné kvantové stavy 1, 2 a 3 se uskutečňují takto: stavy 1 a 2 mají jen velice málo odlišné energie a vzniknou rozštěpením základního stavu atomu sodíku v důsledku interakce magnetických momentů valenčního elektronu a atomového jádra; ve stavu 1, jsou tyto momenty orientovány proti sobě a ve stavu 2 souhlasně. Stav 3 má valenční elektron v nejbližším excitovaném stavu. Lasery musely být naladěny s fantastickou přesností, protože rozdílu energií hladin 3 a 1 odpovídá frekvence řádově 10^{15} Hz, zatímco rozdílu hladin 2 a 1 pouhých 10^9 Hz! Jestliže sodíkový obláček osvíti jen zkušební laserový pulz (naladěný na přechod $1 \rightarrow 3$), vybudí atomy do stavů 3 a rychle zanikne. Vzápětí dojde ke zpětnému přechodu $3 \rightarrow 1$ atomů a světlo se opět vyzáří, ale náhodně do všech možných směrů – obláček se rozzáří žlutým světlem, které dobře známe z pouličního osvětlení sodíkovými výbojkami.

Zápis a čtení světelného pulzu

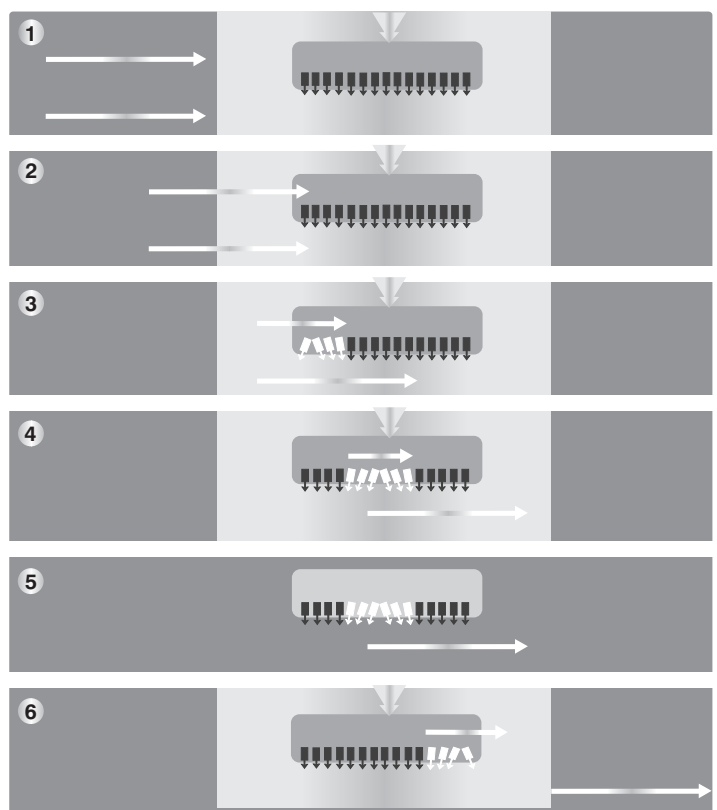
Co se stane, jestliže zkušební pulz dorazí k sodíkovému obláčku, na který již svítí řídicí pulz, a lasery jsou naladěny na přechody $1 \rightarrow 3$ a $2 \rightarrow 3$? Čelo zkušební pulzu se začne zpomalovat, takže pulz je při pronikání do obláčku postupně prostorově stlačován. Pulz trvající několik mikrosekund, který by byl ve vakuu dlouhý několik kilometrů, se při zpomalení pulzu na metry za vteřinu scvrkne na několik setin milimetru. Jelikož v důsledku elektromagneticky indukované průhlednosti je prostředí průhledné ($n \approx 1$), amplitudy vln, z nichž se pulz skládá, zůstanou stejné, nezmění se ani velikost pulzu. Celková energie zkušební pulzu se ale drasticky (desetimilionkrát) zmenší, protože při stejné hustotě je nyní jeho energie uložena v nepatrném objemu. Kam se tedy poděla? Její převážná část přejde do řídicího pulzu. Děje se to takto: jak jsme se již zmínili, zkušební pulz si v prostředí vytváří s pomocí řídicího

2) Když je řídicí pulz vypnut, zkušební pulz se zastaví (viz popisek obr. 1 a 3). Obsazení stavů 1 a 2 se pak začne měnit ve prospěch stavů 2, ale jen velmi málo, protože stlačený pulz má již jen nepatrnou energii. Nakonec zkušební pulz zcela zanikne; jeho věrný obraz však zůstane otiskem v prostředí. Jakmile se řídicí pulz znovu zapne, zkušební pulz se obnoví v původní podobě obráceným pochodem: řídicí pulz začne převádět atomy ze stavů 2 do stavů 3, odkud pak přecházejí do stavů 1 tak dlouho, dokud se nenastaví „správná“ superpozice stavů 1 a 2 – tmavé stavy, zaznamenané před vypnutím řídicího pulzu; přitom se vyzáří původní stlačený zkušební pulz. Souhrnně a trochu odborněji řečeno, zápis a čtení zkušební pulzu probíhá výměnou fotonů mezi laserovými pulzy stimulovanými emisemi.



pulzu tmavé stavy v podstatě sám. Převádí atomy ze základního stavu 1 do 3, odkud pak působením řídicího pulzu přecházejí do stavu 2, přičemž vyzáří – do řídicího pulzu – příslušnou energii (stimulovaná emise záření), dokud se nenastaví tmavé stavy atomů. Jelikož se energie stavů 1 a 2 liší jen nepatrně, hlavní část energie zkušební pulzu přejde

3. Obdélníček v každém z šesti pruhů představuje obláček sodíkových atomů. Malé tmavé šipky v tomto obdélníčku představují jednotlivé atomy v základním stavu. Světlé šipky představují superpozici stavů 1 a 2 („tmavé“ stavy). Vodorovné šipky představují délky zkušebních pulzů procházejících prostředím (tmavší obdélníček) a vakuem. Tlustá krátká šipka (shora dolů) znázorňuje řídicí pulz. V prostředí je zkušební pulz stlačován a zpomalován (situace v pruhu 3 a 4). Když je zkušební pulz v prostředí, vypnutí řídicího pulzu světlo zastaví (pruh 5). Zapnutím řídicího pulzu se světlo regeneruje. Jakmile zkušební pulz začne vycházet z prostředí, odčerpává zejména z řídicího pulzu energii potřebnou k opětovnému roztažení pulzu ve vakuu a atomy se vrací do základního stavu 1.



do pulzu řídicího; lasery si spolu prostřednictvím atomového prostředí vyměňují energii. Stlačený zkušební pulz se šíří prostředím společně se svým přesným otiskem zaznamenaným v tmavých stavech atomů, tj. v koherentní superpozici stavů 1 a 2 podle velikostí elektrických polí zkušebního a řídicího pulzu v každém místě prostředí (viz obr. 3). Stlačený zkušební pulz a společně s ním postupující atomové tmavé stavy vytvářejí vázaný stav – tmavý polariton. Rychlost tmavého polaritonu lze ovládat řídicím pulzem.

Záznam zkušebního pulzu, popřípadě informace, kterou na sobě nese, bychom mohli přirovnat k záznamu na magnetickou pásku anebo k hologramu pulzu. Informaci lze nejen zapsat, ale i skladovat, a pak řídicím laserem přečíst.² Chceme-li ovšem zachovat tvar pulzu, nelze jej skladovat neomezeně dlouho, protože koherentní superpozice stavů 1, 2 se postupně vytrácí. Podařilo se jej skladovat jednu a půl milisekundy, což je velmi dlouhá doba v porovnání s délkou trvání pulzu (několik mikrosekund). Ve vakuu by pulz za jednu milisekundu urazil 300 km.

Tím ale kouzla se světlem nekončí. Intenzitu přečteného obnoveného pulzu lze dokonce zvětšit, a to tím, že se zvětší intenzita řídicího čtecího pulzu; je to možné proto, že zaznamenané tmavé stavy vyžadují zachovat v každém místě poměr velikostí obou pulzů. Zkušební pulz je potom po výstupu z prostředí užší, protože při větší intenzitě řídicího laseru se rychlost zkušební pulzu uvnitř vzorku zvýší a čelo pulzu při výstupu ze vzorku tolik neutече konci pulzu. Zaznamenaný zkušební pulz je také možné číst postupně, při střídavém vypínání a zapínání řídicího laseru. Tímto způsobem se podařilo vytvořit až tři po sobě jdoucí zkušební pulzy. Řídicí pulzy čtou „atomovou paměť“ po částech, postupným vyprazdňováním stavů 2 doprovázeným vyzářením zkušebních pulzů.

Černá díra v laboratoři

Lze tyto podivuhodné manipulace se světlem nějak využít? Zmiňme se nejprve o návrzích poněkud exotických pokusů s kondenzátem zchlazených atomů. Pokusy jsou založeny na vzájemném působení světelného pulzu s atomy kondenzátu. Jestliže bude kondenzátem procházet světelný pulz zpomalený právě na rychlost zvuku (několik centimetrů za vteřinu), dá se očekávat, že po něm atomy budou ochot-

ně klouzat. Pomalý světelný pulz vybudí zvukovou vlnu, která se bude šířit kondenzátem. Atomy se dostanou do vířivého pohybu a v kondenzátu se vytvoří víry. Jestliže vírem projde zpomalené světlo, bude do něj strženo podobně jako do černé díry.

Praktické možnosti využití se otevírají v nelineární optice a optické komunikaci. Světelné pulzy mezi sebou interagují velmi slabě a nelineární jevy vzniknou jen při velkých intenzitách pulzů. To je sice výhodné pro přenos informací optickými signály, ale nevýhodné pro jejich další zpracovávání. Nelineární jevy lze výrazně zesílit v prostředí, které je ve stavu elektromagneticky indukované průhlednosti. Např. působením slabého laseru naladěného na přechod ze stavu 2 do nějakého jiného excitovaného stavu lze posouvat hladinu 2 (tzv. střídavý Starkův jev), a tím narušit podmínky rezonance. V důsledku toho se index lomu zkušební vlny výrazně pozmění (gigantický Kerrův jev). Při velkém rozladění se prostředí stane neprůhledným a pracuje podobně jako optická závěrka ovládaná optickým pulzem. Informace přenášené optickými signály se musí nejprve převést na signály elektrické, a ty pak zase zpátky na optické, což optickou komunikaci značně zpomaluje. V našem systému takovou konverzi signálů nepotřebujeme. Optické signály lze rovnou zapsat, uskladnit, popřípadě upravit jinými optickými signály. Nakonec výsledný signál opticky přečteme a odešleme dál. Uvažuje se o možnosti využít vlastnosti kondenzátu v kvantových počítačích. Klasický dvouhodnotový bit je v nich nahrazen mnohahodnotovým kvantovým bitem (qubitem), který je v tomto případě realizován různou superpozicí atomových koherentních stavů 1 a 2. „Fotonové“ (s různou lineární nebo kruhovou polarizací fotonů) a „atomové“ qubity by mohly být na sebe převáděny přímo, což bude nezbytné třeba pro konstrukci velkých kvantových počítačů.

Popisovaný systém není jediný, v němž se podařilo uskladnit světlo. Nedávno bylo podobných výsledků dosaženo i v krystalu (v křemičitanu yttritem dopovaném praseodymem při teplotě 5 K), což nepochybně přibližuje možné aplikace zastavování světla. □

LITERATURA K DALŠÍMU ČTENÍ

V. Dvořák: Zastavování světla, Čs. čas. pro fyziku 53, 20–31, 2003

/Děkuji RNDr. P. Kuželovi z Fyzikálního ústavu AV ČR za kritické připomínky k článku a R. Louvarové z téhož pracoviště za elektronickou úpravu obrázků./

Povaha civilizace

STANISLAV KOMÁREK

ESEJ

Jestliže se zamyslíme nad tím, jaká je asi nejvnitřnější povaha lidské civilizace od nejstarších dob, zjistíme, že ze všeho nejspíš jde o zpřítomňování něčeho, co by podle přirozeného běhu věcí a z toho plynoucích očekávání přítomno být nemělo. Celá záležitost začíná už povahou lidského jazyka, který umožňuje referovat (povšimněme si etymologie: *re-fero* – znovu-přináším) o něčem, co zde právě aktuálně není, ať už místně nebo časově. Z komunikací jiných živočišných druhů mají tuto vlastnost v podstatě jen „tanec“ včel – na včely by se ostatně mnohé z toho, co tu bude řečeno o lidech, dalo v menší míře vztáhnout taky. Znovuzpřítomňování minulého řeči pak nabývá výstřední formy vynálezem „konzervace“ řeči písmem – můžeme si tak i dnes poslechnout pěvce Homéra či popovídat si s Platónem, byť poněkud monologicky. Konzervace na všech úrovních by tomuto klíčového aspektu civilizace nedílně patřila – kus uze-

ného vydrží ještě dlouho poté, co zbytek mamuta shnil, syn, byť už šedivý, se na vybledlé fotografii stále ještě bezzubě usmívá na beráncí kůži, amfora v muzeu či obilí v silu vypadají dobře ještě dávno poté, co jejich bratři už dávno vzali za své. I kult mrtvých a vzpomínky na ně jsou z této kategorie jevů. Zpřítomňování v čase a prostoru je v zásadě hlavním společným jmenovatelem industriální a postindustriální civilizace – telefon, televize, internet, ale i rychlé „turistické“ cestování a dovoz produktů na velké vzdálenosti – kdysi výstřední přání zlé macechy z pohádky O dvanácti měsíčkách by dnes bylo přiměřeným úkolem pro odrostlé dítě – v lednu se pro jahody jezdí do nejbližšího supermarketu. Kdybychom měli nějak zkoušet definovat rozdílnost člověka a zvířat, bylo by možná nejpřiléhavější říci, že člověk se z živých bytostí nejméně rád spokojuje s aktuálním, byť včely, mravenci a křečci také umějí své. □