Největší úspěchy fyziky v roce 2001

podle Internetu připravil Václav Havel**, Pedagogická fakulta ZČU v Plzni****

Rok 2001 byl pro fyziku rokem bohatým na události. Nové poznatky a úspěchy fyziky sahají od prvních zlomků sekundy našeho vesmíru po zbrusu nové látky s jedinečnými vlastnostmi. PhysicsWeb, internetový fyzikální časopis, vybral z informací roku 2001 desítku nejvýznamnějších objevů a připojil také neúspěchy fyziky roku 2001.

1. Borid hořečnatý nastupuje

Jun Akimitsu se svými spolupracovníky z univerzity Aoyama-Gakuin v Tokiu zjistil v únoru roku 2001 překvapivý poznatek, že i poměrně jednoduchá sloučenina borid hořečnatý ($MgBr_2$) se stává supravodivou již při 38 K.

Existují sice keramické supravodiče s podstatně vyššími teplotami přechodu, avšak pro kovový supravodič představuje tento objev nový rekord. Zřejmě vědci tuto kombinaci prvků přehlédli, když v padesátých letech systematicky pátrali po supravodičích mezi přechodovými kovy. Od zveřejnění objevu se četné výzkumné skupiny snaží vysvětlit mechanismus vzniku supravodivosti u boridu hořečnatého a hledají jeho možné užití.

2. Nový pohled s užitím ultrakrátkého laserového paprsku

Dříve bylo nemyslitelné sledovat velmi rychlé procesy chemických reakcí. Přesto nová laserová technika poskytuje světelné záblesky trvající několik femtosekund, které mohou „osvítit" i rychle se pohybující atomy a molekuly – zcela podobně jeho dobrá zrcadlová kamera dokáže díky krátkým expozicím „zastavit" auto formule 1. I femtosekundy (10^{-15} s) jsou však pro mnohé procesy příliš dlouhé. Nyní se však podařilo Michaelu Hantschelovi z Technické univerzity ve Vídni a jeho kolegům vytvořit záblesky trvající několik stovek attosekund (10^{-18} s). Tím se podařilo poprvé pozorovat krajně rychlé elektronové procesy – ionizaci kryptonových atomů.

Dále fyzikové v roce 2001 dokázali, že oscilace viditelného světla ve femtosekundovém pulsu se dají užít jako „kyvadlo" optických hodin, které jsou sedmkrát přesnější než kterékoliv atomové hodiny.

3. Světlo se zastavilo

Dalším objevem z počátku roku 2001 byl objev Leneho Vestergaarda Hana a jeho spolupracovníků z Harvardské univerzity. Fyzikům se podařilo přibrzdit světelný paprsek, zastavit ho na několik milisekund a pak opět uvolnit. K připomenutí: světlo se šíří ve vakuu rychlostí kolem 300 000 $km \cdot s^{-1}$ – nic není rychlejšího. V látce je sice rychlost šíření světla poněkud menší, avšak úplně světlo zastavit si vyžádalo náročné uspořádání a složitou aparaturu.

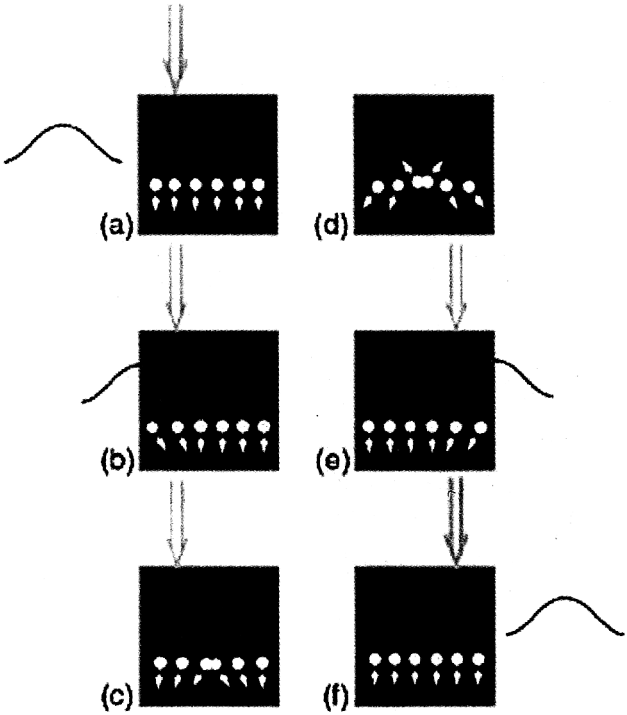
Badatelé provedli mistrovský kousek, když světelný paprsek zavedli do oblaku ultrachladných atomů, který pak bleskově převedli z transparentního stavu do neprůhledného (viz obr. 1 na následující straně). Tak se zkrátil světelný puls s původní délkou asi kilometr na několik desetin milimetru uvnitř oblaku. Již před dvěma roky se vědcům podařilo podobnou technikou zpomalit světlo na 17 $m \cdot s^{-1}$.

---

* http://www.physicsweb.org/article/news/5/12/11; http://www.wissenschaft-online.de/abo/ticker/585011

** havelv@kof.zcu.cz

*** titulky k obrázkům přeložil Miroslav Randa



Obr. 1

Světelný puls se přenáší do koherentního atomového stavu:

a) Světelný puls zasáhne mračno atomů, které by normálně světlo pohlcovaly. Jiný laser ale způsobuje jeho průhlednost.

b) Světelná vlna proniká do mračna atomů, je zde silně zabržděna a stlačena. Současně stimuluje vlna překlopení spinů atomů; signál společně se stimulací spinů tvoří polariton.

c) Na základě silné komprese zaniká konec vlny dříve, než začátek může opět mrak atomů opustit. V tomto okamžiku se snižuje intenzita řídící paprsku. Tím se polariton pohybuje pomaleji a dochází k většímu otáčení spinů.

d) Řídící paprsek je odpojen. Světelné vlnění zmizelo, jeho informace je celá uložená ve spinové vlně.

e) Proces je reverzibilní. Po zapojení řídícího paprsku ...

f) ... opouští světelný puls mračno atomů a získává svou původní rychlost.

© American Institute of Physics

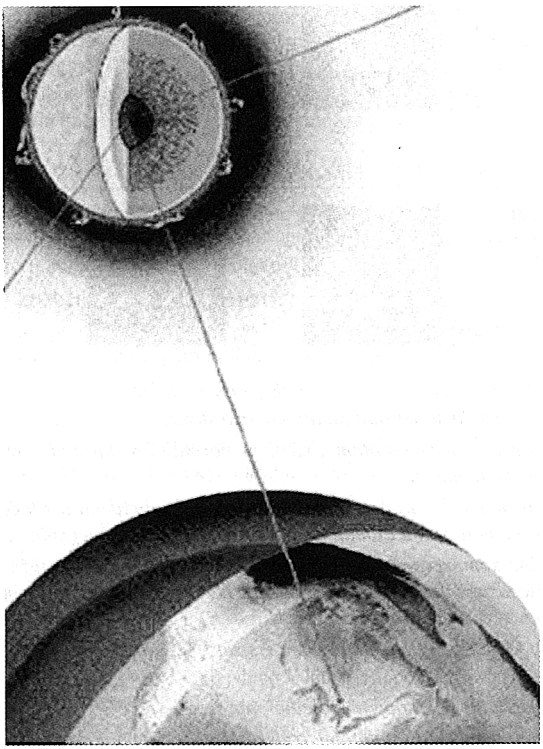
4. O VZNIKU VESMÍRU

V dubnu roku 2001 poskytly výsledky tří nezávislých kosmologických experimentů silné argumenty pro model, který popisuje počátky vzniku našeho vesmíru. Podle tohoto modelu prožil vesmír ve stáří 300 000 let periodu rychlé expanze. Zatímco horké plazma ochladlo a

vznikly první prvky, uvolnil se intenzivní tok fotonů. S pokračujícím časem a expanzí se vlnová délka těchto fotonů posunula až do mikrovlnné oblasti. Toto mikrovlnné záření (reliktní záření) se dá ještě dnes prokázat. Jeho fluktuace zřetelně ukazuje na rozdělení hmoty v raném vesmíru. Experimenty „BOOMERanG", „DASI" a „Maxima" poměřují kosmické mikrovlnné záření s dosud nedosažitelnou přesností a potvrzují tím tzv. inflační model. Ještě precizněji se měření větší části oblohy provede sondou MAP (Microwave Anisotropy Probe) vypuštěnou NASA v červnu 2001.

5. Velký třesk před 14 miliardami let. Částicová záhada odhalena

Astronomové v uplynulém roce vysvětlili také další problém. Již řadu let je překvapovalo, kde mizí neutrina vznikající na Slunci, neboť na Zemi jich dopadá jen zlomek z teoreticky očekávaného počtu. Zřejmě se na své cestě od Slunce přeměňují tak, že mění vůni, a tím se stávají neviditelnými pro detektory na Zemi (viz obr. 2).

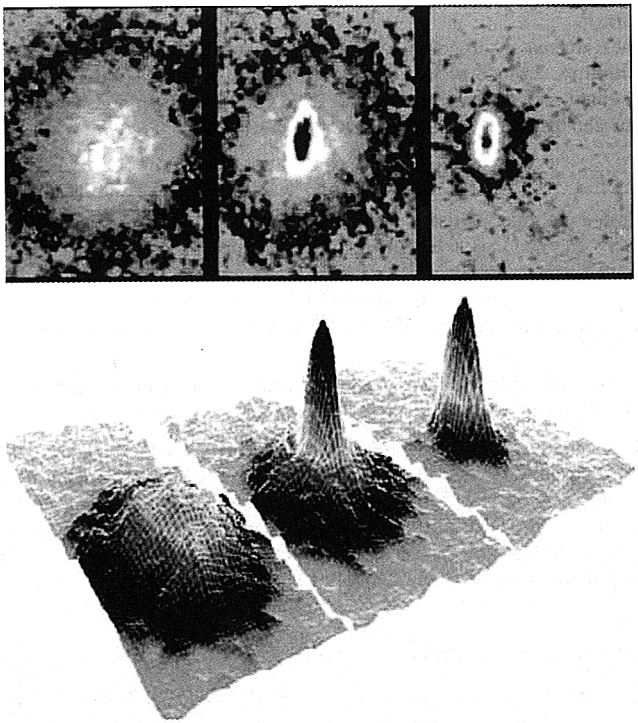


Obr. 2

Každou sekundu vysílá jádro Slunce více než $2 \cdot 10^{24}$ neutrin do celého vesmíru – miliardy neutrin pronikají ve stejné době naši Zemi. Jen nepatrnou část se podaří zachytit v obřích vodních nádržích pod zemským povrchem.
© The Sudbury Neutrino Observatory

Odhalilo se i další tajemství, totiž otázka, proč je dostupná část vesmíru tvořena hmotou a ne antihmotou. Fyzikové našli první náznaky narušení CP-symetrie (charge, parity: náboj, parita) pro B-mezony. Narušení P-symetrie znamená, že se při prostorovém zrcadlení systém nechová symetricky. Lapidárně řečeno je příroda slabě levoruká. Narušená C-symetrie znamená, že se částice a antičástice nechovají k sobě zrcadlově. Vědci se domnívají, že narušení CP-symetrie vysvětluje nerovnováhu mezi hmotou a antihmotou v současném vesmíru.

6. Nobelova cena za kvantovou kondenzaci



Obr. 3

Série obrázků ukazuje postupné vystupování Boseho-Einsteinova kondenzátu v rubidiu. Zleva doprava je patrné rozložení atomů v mračnu v časové posloupnosti, od počátku kondenzace až po stav, kdy jsou veškeré atomy kondenzovány. Výše maxim odpovídá velkému počtu atomů. Silueta expandujícího mračna atomů se dá rozpoznat již 6 milisekund po vypnutí omezujícího pole atomové pasti.

© Nobel Foundation

Kvantová kondenzace byla předpovězena již ve 20. letech. Přesto teprve v letech devadesátých se podařilo Eriku Cornellovi, Wolfgangu Ketterlemu a Carlu Wiemanovi poprvé získat Boseho-Einsteinův kondenzát. K tomu museli zchladit oblak atomů důmyslným postupem na zlomek kelvinu. Za tento výkon byli tito tři fyzikové vyznamenáni v loňském roce Nobelovou cenou. Od objevu této formy hmoty, v níž se všechny atomy nacházejí v základním stavu a do

jisté míry tvoří jakýsi superatom, výzkum rychle pokročil. Tak mohli výzkumníci v letošním roce poprvé připravit kondenzát z helia a draslíku. Fyzikové se domnívají, že kondenzáty se stanou srdcem nových technologií, které povedou od atomových spínacích obvodů ke kvantovým počítačům.

7. PROMĚNLIVÉ PŘÍRODNÍ KONSTANTY

Nyní se zdá již jisté, že konstanta jemné struktury, která určuje sílu interakce mezi nabitými částicemi a elektromagnetickým polem, se v průběhu milionů let mění. John Webb z Univerzity Nového Jižního Walesu v Austrálii spolu s kolegy zkoumají spektra z kvasarů – jasných jader galaxií.

Rozdíly mezi dvěma absorpčními čárami v těchto spektrech umožňují učinit závěr o velikosti této konstanty. Protože pohled do hlubin vesmíru je zároveň pohledem do minulosti, mohou vědci zjistit změny u různých prvků. Pravděpodobnost, že konstanta jemné struktury zůstala od Velkého třesku zachována, je jen 0,001 %.

8. ORGANICKÉ SUPRAVODIČE A MAGNETY

Ačkoliv vodivé polymery existují již dlouho, teprve v roce 2001 se podařilo vědcům připravit polymery supravodivé a magnetické. Přitom supravodivé polymery představují pro vědce z Bellových laboratoří jen poslední člen z řady nových organických sloučenin. Například poly(3-hexylthiofen) ztrácí svůj elektrický odpor pod teplotou 2,53 K.

Kritická teplota fullerenu (C_{60}) může být zvýšena na 117 K, pokud je fulleren dotován jinými atomy.

Konečně francouzští vědci objevili, že také nositelka dědičnosti – DNA – přechází při teplotách pod 1 K do supravodivého stavu. Proč se DNA takto chová, není dodnes vysvětleno.

Fyzici z Univerzity v Nebrasce naproti tomu vytvořili polymer, který může vykazovat jak feromagnetické, tak antiferomagnetické uspořádání. Má jednotlivé segmenty uspořádány tak, že se střídají silné a slabé magnetické momenty. Materiál je sice asi dvacetkrát magneticky slabší než železo, avšak asi stokrát více magnetický než první uhlíkový magnet, který vědci v minulém roce rovněž připravili. Taťána Makarovová z Ioffeho fyzikálně technologického institutu v Petrohradě objevila spolu se svými spolupracovníky, že polymer z fullerenu je magnetický.

9. NANOTRUBICE JAKO ELEKTRONICKÉ PRVKY

Pomalu, ale jistě ztrácejí nanotrubice status fyzikální kuriozity a získávají na technickém významu. Závity namotané z grafitových rovin vykazují totiž pozoruhodné elektronické vlastnosti. Chovají se podle volby jako normální vodiče, polovodiče nebo dokonce jako supravodiče. Tak mohl Vincent Deryche se svými kolegy na Watsonově výzkumném centru v Yorktownu Heights připravit elektronický spínací prvek a dokonce základní logické hradlo.

10. FYZIKOVÉ SE DÍVAJÍ ZA HUMNA

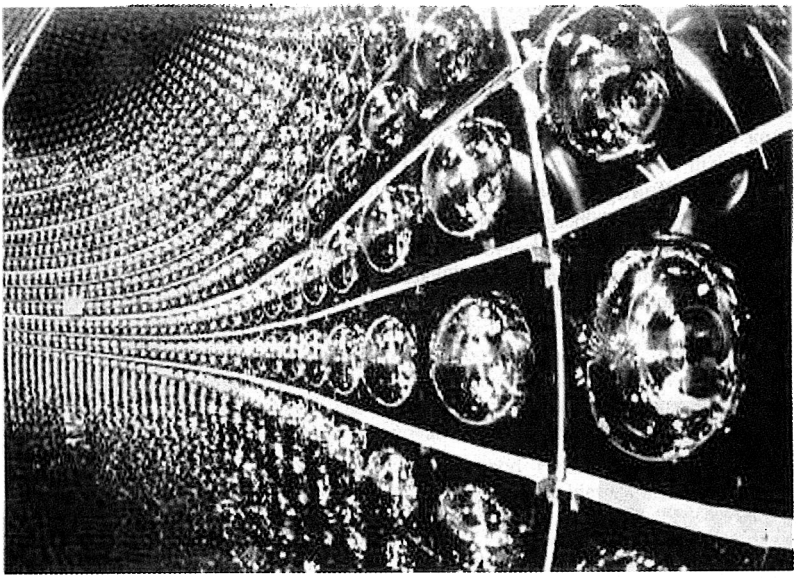
Fyzikové své metody neuplatňují již jen v ryze fyzikálních oborech, ale stále více také v hraničních oblastech. To ukazují také publikace vydané v roce 2001 v oborech, které nebývají obvykle připisovány fyzice. Fyzikové zkoumají v minulosti jim cizí oblasti – od techniky přes biologii po medicínu. Přitom zkoumají např. let čmeláka, porovnávají proces učení s modely magnetismu a odkrývají společné rysy finančního trhu a procesu hoření.

11. NEÚSPĚCHY

Jako v každém roce museli fyzikové i v roce 2001 zažít mnohá zklamání a neúspěchy. Tak např. musel z periodické soustavy prvků opět zmizet prvek s atomovým číslem 118, jehož objev oslavili vědci v roce 1999. Vědcům z Lawrencovy laboratoře v Berkeley se nepodařilo tento výsledek zopakovat, a proto stáhli svoji práci zpět.

Proměnlivý rok zažilo i evropské největší výzkumné zařízení CERN. Cena pro magnety urychlovače LHC (Large Hadron Collider) byla podhodnocena a konečný účet byl o 20 % vyšší, než se očekávalo, a dohromady činil 3,7 miliardy švýcarských franků. To udělalo neočekávanou díru do rozpočtu.

K tomu je třeba připsat nehodu japonského Super-Kamiokande, kde explodovala většina z 11 000 fotonásobičů. Vzhledem k ceně 3 000 amerických dolarů za kus, činila celková škoda kolem 30 milionů. V roce 1998 prokázali vědci na tomto zařízení, že neutrino má nenulovou klidovou hmotnost.



Obr. 4

Fotonásobiče v japonském Super-Kamiokande, z nichž bylo téměř 11 000 trubic najednou zničeno lavinovou reakcí.

© ICRR (Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo