

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU[®]

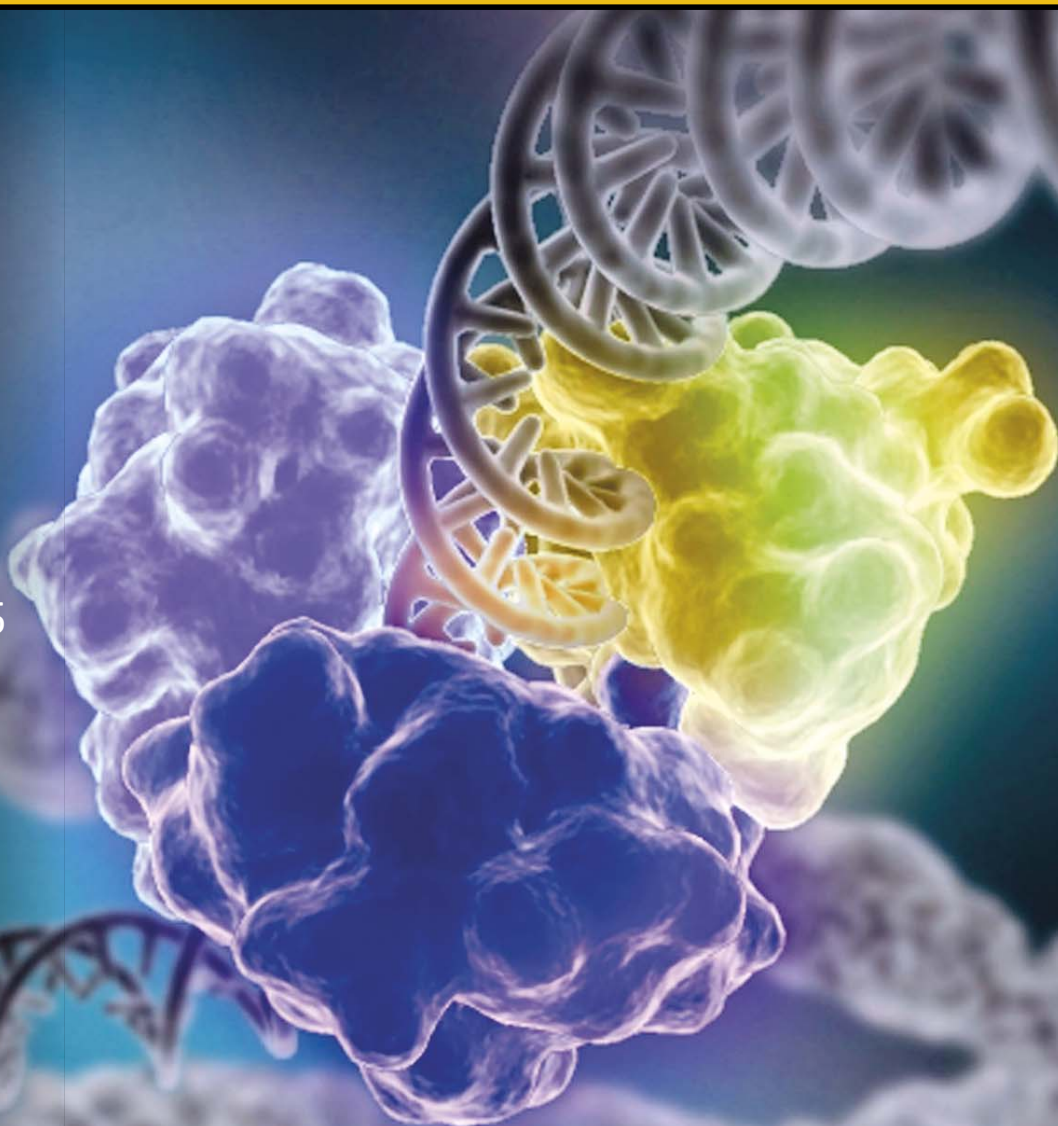


Lovci neutrin
obdrželi Nobelovu
cenu za fyziku 2015

Nobelovu cenu
za chemii 2015
získali opraváři DNA

Modré svítící
diody: přednášky
k Nobelovým cenám
za fyziku 2014

MFO 2015:
družstva ČR a SR
úspěšně navrhla
štěpný jaderný
reaktor





Informace o předplatném na rok 2016 **pro nové** předplatitele

Vážení čtenáři,

děkujeme za váš zájem o předplatné Československého časopisu pro fyziku (dále jen ČČF), který je tradičním vědecko-populárním časopisem české a slovenské fyzikální obce. Časopis vychází šestkrát ročně, na konci každého sudého měsíce.

Objednat si jej můžete:

- ♦ na webu vyplněním objednávkového formuláře na <http://ccf.fzu.cz>;
- ♦ telefonicky na tel. +420 **266 052 152** či e-mailem na cscasfyz@fzu.cz;
- ♦ poštou na adrese FZÚ AV ČR, v. v. i., redakce ČČF, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8.

Bude vám přiděleno identifikační číslo předplatitele (které je i variabilním symbolem plateb předplatného), a dále i pro vás platí níže uvedené informace pro stávající předplatitele na rok 2016.

Zájemci ze Slovenské republiky si mohou předplatné objednat:

- ♦ e-mailem na ivo.cap@fel.uniza.sk;
- ♦ poštou na adrese JSMF pobočka v Žilině, prof. Ing. Ivo Čáp, CSc., ul. 1. mája 32, 010 01 Žilina.

Přejeme si, aby se vám náš časopis líbil a byli jste s ním vždy spokojeni!

Informace o předplatném na rok 2016 **pro stávající** předplatitele

Vážení čtenáři,

děkujeme vám za vaši přízeň, podporu a předplatné v roce 2015. Věříme, že našimi věrnými čtenáři zůstanete i nadále, a proto bychom vás rádi informovali o nabídce předplatného na letošní rok.

Nabídka předplatného na rok 2016:

♦ tištěný časopis:	456 Kč/rok	*16,80 €
♦ elektronická rozšířená on-line verze:	390 Kč/rok	*14,40 €
♦ kombinované předplatné (tištěný časopis + el. verze):	550 Kč/rok	*20,30 €
♦ sponzorské předplatné (kombinované):	částka vyšší než 550 Kč/rok	*20,30 €

(*cena pro odběratele ze zahraničí)

V adrese, na kterou je vám časopis doručován, máte uvedeno **desetimístné identifikační číslo předplatitele (variabilní symbol)**, které prosím při platbě vždy uveďte. Nemáte-li již „obal“ z časopisu s adresou, postačí, když nám napíšete nebo zavoláte do redakce, a my vám vaše identifikační číslo rádi zašleme či sdělíme.

Platit můžete prostřednictvím poštovní poukázky či bankovním převodem. Organizacím a podnikatelům na žádost vystavíme na předplatné fakturu. Předplatné platte na **číslo bankovního účtu 000000-2106535627/2700**, konstantní symbol **379** a **variabilní symbol, který vám byl přidělen**.

Pokud jste **předplatitelé ze Slovenské republiky**, budete předplatné hradit přes JSMF (Jednotu slovenských matematiků a fyziků), pobočku v Žilině, která vám sama automaticky pošle informace k platbě.

Na případné dotazy rádi odpovíme na e-mailu cscasfyz@fzu.cz nebo na tel. +420 **266 052 152**.

Děkujeme vám, svým předplatným podporujete vydávání tradičního vědecko-populárního časopisu české a slovenské fyzikální obce!

S pozdravem redakce ČČF

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

1/2016

Založen roku 1872 jako
„Časopis pro pěstování matematiky a fyziky“
Vydává Fyzikální ústav Akademie věd
České republiky, v. v. i.
Vychází 6 čísel ročně,
uzávěrka tohoto čísla: únor 2016

Founded in 1872 as „Časopis pro pěstování
matematiky a fyziky“ "The Journal for
Cultivation of Mathematics and Physics"
Published bimonthly in Czech and Slovak by
Institute of Physics, v. v. i.
Academy of Sciences of the Czech Republic

Vedoucí redaktor – Editor-in-Chief:
Libor Juha

Oboroví redaktori – Associate Editors:
Pavel Cejnar, Michal Fárník, Jiří Limpouch,
Peter Lukáč, Jan Mlynář, Karel Rohlena,
Patrik Španěl, Jan Valenta, Vladimír Wagner

Redakční rada – Editorial Board:
Ivo Čáp, Pavel Demo, Antonín Fejfar, Ivan Gregora,
Eva Klimešová, Jan Kříž, Petr Kulhánek,
Štefan Lányi, Jana Musilová, Martin Orendáč,
Fedor Šimkovic, Aleš Trojáněk

**Sekretariát redakce –
Editorial Office Administration:**
Marek Šípek, Jana Tahalová
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.
Na Slovance 2, 182 21 Praha 8
tel.: 266 052 152, fax: 286 890 527
e-mail: cscsfyz@fzu.cz, http://ccf.fzu.cz

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Lýdia Murtinová

Technický redaktor, grafik a výroba:
© Jiří Kolář

WWW stránky: Matěj Bulvas

Tisk: Grafotechna Print, s. r. o.

Cena jednoho výtisku je 85 Kč
při odběru v prodejnách nebo v redakci.
Objednávky a prodej jednotlivých čísel
v ČR vyřizuje redakce.

Na Slovensku časopis rozšiřuje
Jednota slovenských matematikov a fyzikov,
pobočka v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 01 Žilina,
e-mail: ivo.cap@fel.uniza.sk

Distribution rights in foreign countries:
Kubon & Sagner, PO Box 240108,
D-8000 München 34

Časopis je od 31. 1. 2014 zařazen na
Seznam recenzovaných neimpaktovaných
periodik vydávaných v ČR.
Registrace: MK ČR E 3103,
ISSN 0009-0700 (Print),
ISSN 1804-8536 (Online).
Copyright © 2016
Institute of Physics of the ASCR, v. v. i.



Editorial



Vážení čtenáři,

první číslo ročníku již tradičně otevírají aktuality o Nobelových cenách udělených v roce 2015 za fyziku a chemii. Nobelovu cenu za fyziku loni získali Takaaki Kajita a Arthur B. McDonald jako představitelé velkých experimentů (první z oceněných reprezentuje japonský neutrinový detektor *Super-Kamiokande* a druhý řídil kanadskou SNO – *Sudbury Neutrino Observatory*), díky nimž se podařilo prozkoumat pozoruhodné vlastnosti neutrin, především jejich oscilace, a potvrdit určité teoretické představy o jejich chování. Tomasi Lindahlovi, Paulu Modrichovi a Azizi Sancarovi – průkopníkům výzkumu molekulárních mechanismů, jimiž buňky opravují poškozenou DNA – byla udělena Nobelova cena za chemii 2015. Tyto práce jsou významné především pro tu část fyzikální komunity, jež se věnuje radiační, molekulární a buněčné biofyzice.

Právě před rokem jsme přinesli dvě aktuality referující o Nobelových cenách za fyziku oceňujících v roce 2014 úspěšný vývoj modrých svítivých diod (LED – *Light Emitting Diode*). První z nich akcentovala materiálové aspekty řešení tohoto obtížného problému, druhá představila modrou LED jako fotonický prvek. V tomto čísle naleznete překlad nobelovských přednášek, v nichž laureáti – japonští vědci Shuji Nakamura, Hiroshi Amano a Isamu Akasaki – podrobně popisují cesty, kterými se dobrali oceněných výsledků, proslav Shujiho Nakamury na banketu u příležitosti udělení Nobelových cen pro rok 2014, biografie všech tří vyznamenaných badatelů a rozhovory pořizené s nimi telefonicky vzápětí po oznámení o udělení ceny.

V rubrice „Mládež a fyzika“ přinášíme teoretickou úlohu zaměřenou na výpočet štěpného jaderného reaktoru, jak byla předložena účastníkům 46. mezinárodní fyzikální olympiády konané v západoindické Bombaji. Zadání úlohy přeložili, vyřešili a pro náš časopis upravili Filip Studnička, Jan Kříž, Lubomír Konrád a Bohumil Vybíral. Česká a slovenská účast na 46. MFO byla korunována úspěchem: slovenské družstvo získalo jednu stříbrnou a tři bronzové medaile (k nim pak ještě jedno čestné uznání) a české tři stříbrné a dvě bronzové medaile. Blahopřejeme.

Právě před rokem vás Michal Lenc a Tomáš Tyc ve zkratce seznámili se základními principy určujícími meze rozlišení mikroskopů různých typů. První z autorů – profesor Michal Lenc – nás k naší velké lítosti krátce na to, 26. května 2015, navždy opustil. Na významného brněnského fyzika a učitele fyziky vzpomíná za všechny jeho spolupracovníky, kolegy a přátele Rikard von Unge. Tento nekrolog není, bohužel, v aktuálním čísle jediný. Profesor Luboš Skála, skvělý odborník na teoretickou fyziku molekul, klastrů a pevných látek, zemřel po krátké těžké nemoci 8. května 2015. Jeho bohatou vědeckou, pedagogickou a organizační činností nám přibližují členové skupiny oddělení kvantové teorie katedry chemické fyziky a optiky MFF UK v Praze, kde dlouhá léta působil.

Číslo uzavírá obsah a autorský rejstřík sv. 65 (2015), tedy loňského ročníku časopisu.

Libor Juha
vedoucí redaktor

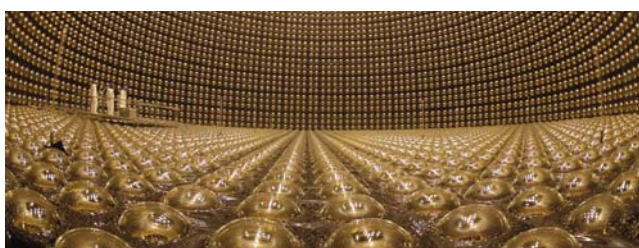
Obsah

AKTUALITY

Nobelova cena za fyziku 2015
T. Kajitovi a A. B. McDonaldovi
za experimentální potvrzení existence
efektu neutrinových oscilací

4

Michal Malinský

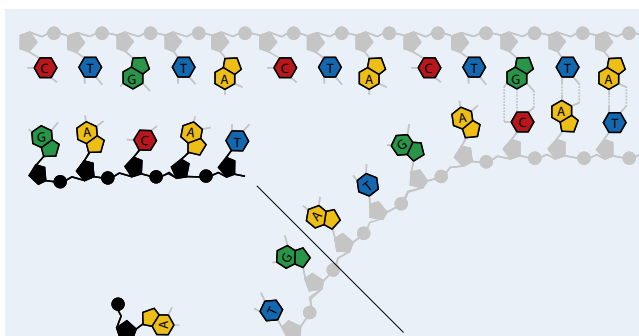


AKTUALITY

Oprava poškozené DNA
Nobelova cena za chemii 2015

8

Miroslav Piršel



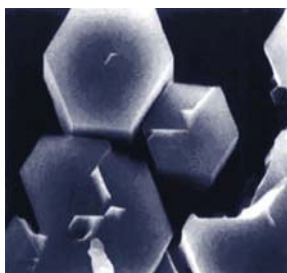
REFERÁTY

Fascinující cesty za modrým světlem

12

Přednáška u příležitosti udělení
Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014

Isamu Akasaki



bez LT mezivrstvy před r. 1985



s LT mezivrstvou od r. 1985

REFERÁTY

Pěstování GaN na safíru
pomocí mezivrstvy deponované při nízkých
teplotách a realizace GaN typu p s využitím
dopování Mg s následným ozářením
elektronovým svazkem o nízké energii

23

Přednáška u příležitosti udělení
Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014

Hiroshi Amano



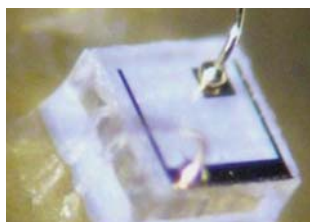
REFERÁTY

**Historie cesty k objevu účinných
modrých svítivých diod
na bázi InGaN**

28

Přednáška u příležitosti udělení
Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014

Shuji Nakamura



NOBELOVA CENA ZA FYZIKU PRO ROK 2014

Shuji Nakamura:

Proslov na banketu

38

Životopis

39

Interview

44



Obrázek na obálce: Počítačová simulace opravy DNA. Zdroj: Tom Ellenberger, Washington University School of Medicine in St. Louis. Více na str. 8–11.

Menší vložený obrázek: Zlatá medaile Nobelovy ceny s reliéfním obrazem Alfreda Nobela z profilu. Více na str. 4–50.

NOBELOVA CENA ZA FYZIKU PRO ROK 2014

Hiroshi Amano:

Životopis

45

Interview

47



NOBELOVA CENA ZA FYZIKU PRO ROK 2014

Isamu Akasaki:

Životopis

48

Interview

50



MLÁDEŽ A FYZIKA

**České a slovenské medaile
na 46. mezinárodní fyzikální
olympiádě v Indii**

51

Filip Studnička, Jan Kříž, Ľubomír Konrád,
Bohumil Vybíral



ZPRÁVY

Vzpomínání na Michala Lence

56

(prof. RNDr. Michal Lenc, Ph.D.,
* 24. 2. 1946, † 26. 5. 2015)

Rikard von Unge



ZPRÁVY

Za Lubošem Skálou

58

Jaroslav Zamastil, Vojtěch Kapsa
a další členové oddělení kvantové teorie



JINÉ

Obsah a autorský rejstřík
Čs. čas. fyz. sv. 65 (2015)

60

**Badatel, cestovatel a umělec –
jak se to rýmuje?**

65

Jaroslav Šesták



Nobelova cena za fyziku 2015

T. Kajitovi a A. B. McDonalddovi za experimentální potvrzení existence efektu neutrinových oscilací

Michal Malinský

Ústav částicové a jaderné fyziky MFF UK v Praze, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; malinsky@ipnp.troja.mff.cuni.cz

Objev Higgsova bosonu, který v roce 2013 přinesl Nobelovu cenu za fyziku dvěma z jeho duchovních otců P. W. Higgsovi a F. Englertovi, viz [1], byl v jistém smyslu vyvrcholením více než půl století trvající snahy o nalezení konzistentního mikroskopického popisu interakcí elementárních částic, tj. základních stavebních kamenů hmoty, jež v rámci současných fyzikálních představ považujeme za bezstrukturní, a tudíž dále nedělitelné. Moderní kvantová teorie těchto procesů, obvykle nazývaná *standardní model částicové fyziky*, je v tomto smyslu často považována za jeden z nejkrásnějších a zároveň nejhlubších výtvorů lidského ducha.

Tak jako všechno v tomto světě, ani standardní model však není úplně „bez kazu“ – již dávno před ob-

jevem Higgsova bosonu se totiž podařilo pozorovat jevy, které tato teorie není schopna popsat a které volají po jejím dalším zobecnění. Tyto tzv. *oscilace neutrin*, jimž je věnovaná dnešní aktualita, nás tak nutí vydat se do světa „fyziky za standardním modelem“, kde můžeme nejenom snadno narazit na hranice naší omezené imaginace, ale kde lze zároveň hledat odpovědi na mnoho dalších otázek, které dnes trápí částicové fyziky a kosmology, jako např.: „Co je a kde se bere ona podivná, temná hmota, která dominuje gravitující materii v dnešním vesmíru?“, „Proč v prvních okamžicích jeho existence převládla látka nad antilátkou?“ a podobně.

Sluneční neutrina

Náznak toho, že se standardním modelem (tehdy ještě prakticky neexistujícím!) může být něco v nepořádku, přinesly již výsledky prvních úspěšných pokusů o pozorování tzv. „slunečních neutrin“, tj. nesmírně málo interagujících částic ze třídy tzv. *leptonů*, které by měly v obrovských počtech vznikat v termojaderných reakcích, v nichž se ve slunečním nitru slučují čtveřice jader vodíku, tj. protonů, v jádra helia. Tyto experimenty, probíhající nepřetržitě zhruba od poloviny šedesátých let minulého století, však odhalily pozoruhodný „deficit“ v jejich celkovém toku, tj. v počtu neutrin dopadajících za danou jednotku času na danou jednotku plochy. Například v tzv. Davisově¹ aparatuře na dně zlatého dolu Homestake v Jižní Dakotě [2], viz obrázek 1, jež měřila četnost jejich zachytu na jádrech chloru (která se tím měnila v excitovaná jádra argonu), se namísto očekávaných zhruba deseti neutrinových reakcí za den, předpovězených tehdejšími předními teoretiky Johnem Bahcallem, dařilo pozorovat v průměru pouze zhruba tři tyto události denně.

¹ Poznamenejme, že za svoji celoživotní práci na tomto unikátním zařízení byl Raymond Davis jr. v roce 2002 odměněn Nobelovou cenou; tu sdílel s Masatoshim Koshihou, objevitelem neutrin ze supernovy SN1987A a R. Giacconim, otcem rentgenové astronomie.

Nobelova cena
za fyziku 2015



Obr. 1 Davisova aparatura v Homestake.



Oprava poškodenej DNA

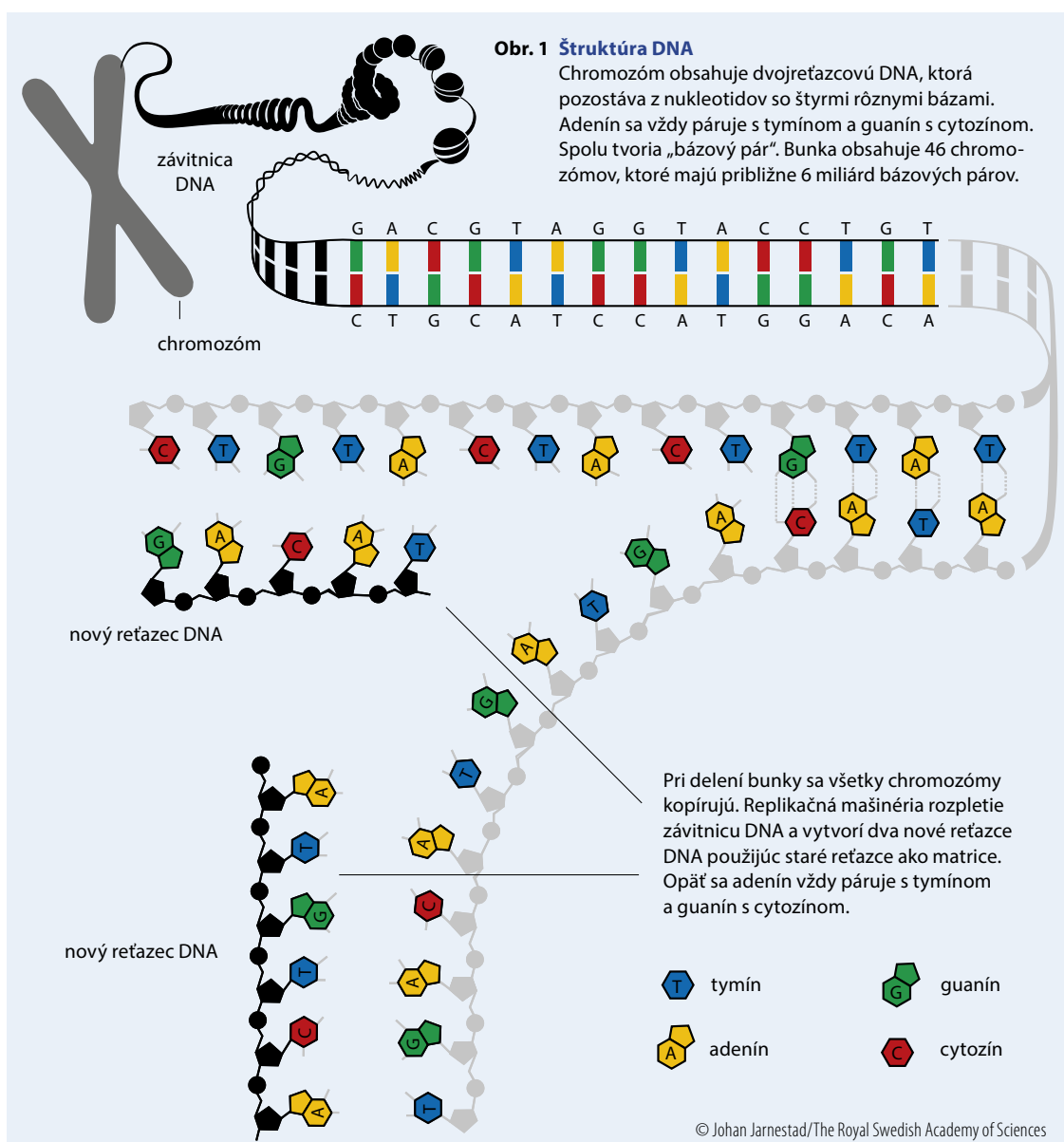
Nobelova cena za chémiu 2015

Miroslav Piršel

Ústav experimentálnej onkológie SAV, Vlárská 7, 833 91 Bratislava, Slovenská republika; miroslav.pirsel@savba.sk

Na rozdiel od iných biologicky aktívnych makromolekúl nie je DNA (obr. 1) určená na jednorazové použitie, naopak, musí byť dostatočne stabilná, aby sa zabezpečil prenos genetickej informácie do ďalších pokolení. DNA nie je ani recyklovateľná – jej degradácia a opätovné využitie základných stavebných kameňov na syntézu novej DNA by viedlo k definitívnej strate jej informačného obsahu.

Ak si uvedomíme, že vzniku dospelého jedinca predchádzajú milióny bunkových delení, a teda aj milióny replikácií DNA, je úžasné, že posledná kópia DNA je pozoruhodne podobná tej pôvodnej, ktorá vznikla pri oplodnení vajíčka. Z pohľadu chemika sa to zdá nemožné. Všetky chemické procesy sú náchylné k náhodným chybám. Pripočítajme k tomu limitovanú chemickú stabilitu DNA a jej spontánny rozpad, tvorbu



Nobelova cena
za chemii 2015



Fascinující cesty za modrým světlem

Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014

© 2014 Nobel Foundation

Isamu Akasaki

Meijo University, 1-501 Shiogama-guchi, Tempaku-ku, Nagoya 468, Japonsko

Nagoya University Akasaki Research Center, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japonsko



Isamu Akasaki
Foto: Alexander
Mahmoud

Úvod

Výrok „Na počátku bylo světlo“ zdůrazňuje, jak těsně je světlo spjato s našimi životy. Světlo je pro lidstvo a mnoho dalších tvorů nepostradatelné a zdroje světla lidé hledali odpradáva. Počínajíc plamenem lidé vyvinuli elektrické žárovky i fluorescenční lampy a nakonec, ve druhé polovině minulého století, polovodičové součástky emitující světlo: svítivé diody (LED – *Light-Emitting Diode*) a laserové diody (LD – *Laser Diodes*). Ačkoli tyto zdroje světla pokrývají širokou oblast vlnových délek, vývoj zdrojů o vysoké energii z větší části zaostával. Vývoj účinných modrých LED byl pro badatele na celém světě dlouhodobým cílem, protože jsou nezbytné pro realizaci barevných displejů na bázi LED i pro obecné aplikace týkající se osvětlení.

Drastická zdokonalení kvality krystalů nitridu gallia (GaN) [1] a schopnost kontrolovat vodivost v nitridových polovodičích typu n i p [2, 3] ve druhé polovině osmdesátých let minulého století umožnila výrobu vysoce jasných modrých a ultrafialových (UV) LED [2], velmi účinných modrých a fialových LD [4] a mnoha dalších nových součástek. Tento úspěch byl signálem, který otevřel zcela nové pole elektroniky.

V tomto článku bych rád popsal historický pokrok, který vedl k vynálezu první modré/UV LED a příbuzných optických součástek.

Počátky výzkumu svítivých diod

V roce 1962 vyvinuli N. Holonyak Jr. a S. F. Bevasqua [5] červenou LED založenou na směsném arsenidu/fosfidu gallia (GaAsP). To byla první LED na světě, která emitovala viditelné světlo. V roce 1968 vyrobil R. A. Logan se svými spolupracovníky zelenou LED, na bázi fosfidu gallia dopovaného dusíkem (GaP:N) [6]. V té době však nebyla žádná vyhlídka na vývoj praktických součástek emitujících modré světlo, které pracují na nejkratších vlnových délkách viditelného spektra a produkují fotony o nejvyšších energiích.

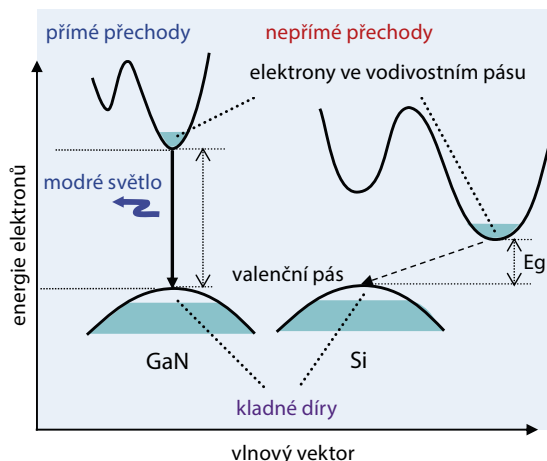
Energie fotonů emitovaných z polovodičových součástek, jakými jsou svítivé diody, se přibližně rovná šířce zakázaného pásu (E_g) použitého polovodiče. Vlnová délka modrého světla leží v intervalu 445–480 nanometrů (nm), což odpovídá energii zakázaného pásu

2,6–2,8 eV. Pro sestavení modře emitujících svítivých diod máme tedy dva požadavky.

Požadavek A: Podstatné je použít polovodič o šířce zakázaného pásu přibližně 2,6 eV nebo větší, což je ekvivalentní vlnové délce 480 nm nebo kratší (modré světlo). Polovodiče s tak velkým E_g se nazývají „širokopásmové“. Pro srovnání: E_g nejběžnějšího polovodiče, křemíku, má velikost 1,1 eV.

Požadavek B: Je výhodné použít polovodiče s přímým zakázaným pásem, u nichž je hybnost elektronů na dně vodivostního pásu téměř shodná s hybností děr na vrcholu valenčního pásu, jak ukazuje obr. 1, což vede k vysoké pravděpodobnosti zářivé rekombinace. Naproti tomu polovodiče s nepřímým zakázaným pásem vykazují nízkou pravděpodobnost zářivé rekombinace, protože hybnost elektronů a děr je odlišná.

Nicméně požadavky A a B nejsou vždy postačující podmínkou. K realizaci svítivých diod o vysoké účinnosti je podstatné (1) vypěstovat vysoce kvalitní monokrystaly a (2) úspěšně vytvořit p-n přechody (obr. 2). Polovodiče, které mají více děr (nedostatek elektronů) než elektronů, se nazývají polovodiče typu p, kdežto ty s větším počtem elektronů než děr jsou polovodiče typu n. Přechod p-n je atomárně spojitá hranice mezi polovodičem typu p a n, která je nutná pro výrobu



Obr. 1 Pásová struktura GaN (přímé přechody) a Si (nepřímé přechody).

Nobelova cena
za fyziku 2014



Pěstování GaN na safíru

pomocí mezivrstvy deponované při nízkých teplotách a realizace GaN typu p s využitím dopování Mg s následným ozářením elektronovým svazkem o nízké energii

Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014

© 2014 Nobel Foundation

Hiroshi Amano

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Venture Business Laboratory, Akasaki Research Center, Nagoya University, Japonsko

Toto je osobní historie jednoho z japonských výzkumníků podílejících se na vývoji metody pěstování GaN na safírovém substrátu, který vydláždil cestu k realizaci chytrých televizních a zobrazovacích systémů využívajících modré svítivé diody (LED). Nejvýznamnější práce byly provedeny ve druhé polovině osmdesátých let minulého století. Přednáška popisuje autorovu práci na tomto vývoji a postupu, kterým se etablovala technologie umožňující pěstování GaN a realizaci GaN typu p.

Motivace k zahájení výzkumu modrých led

Abychom vysvětlili modré svítivé diody (LED – *Light Emitting Diodes*), stojí za to ukázat příklad, jak změnily naše životy. Přenosné herní tablety a chytré telefony jsou velmi dobře známá zařízení, zejména u mladých lidí. První přenosný herní přístroj byl uveden na trh v roce 1979 [1] a mobilní telefony jsou komerčně dostupné od roku 1984 [2]. Avšak až do začátku devadesátých let byly všechny displeje herních přístrojů a mobilních telefonů jednobarevné. A tak je třeba zdůraznit, že mladší generace dnes může užívat herní zařízení a mobilní telefony s plně barevnými displeji, protože se objevily modré LED. Dnešní aplikace modrých LED se však neomezují na displeje. V kombinaci s luminofovy mohou modré LED fungovat jako zdroje bílého světla [3] a mohou se také používat v běžném osvětlení.

Dovolte mi, abych v tomto úvodu stručně vysvětlil, proč jsem se začal zajímat o vývoj modrých LED. Dvě gigantické firmy spojené s počítači, Microsoft a Apple, založili krátce po sobě Bill Gates s Paulem Allenem v roce 1975 [4] a Steve Jobs se Stephenem Wozniakem v roce 1976 [5]. Trh pro počítače, zejména „osobní počítače“ (PC) od té doby mimořádně rychle expandoval [6]. V době, kdy byly tyto firmy založeny, používaly se téměř ve všech displejích klasické vakuové obrazovky („Braunovy trubice“), podobně jako u televizních přístrojů. K použití v přenosných počítačích byly však Braunovy trubice příliš velké. A jejich užití u te-

levizních přijímačů znamenalo, že televizory jsou příliš objemné pro malé japonské domy. A tak mě velmi vzrušilo, když jsem objevil, že mezi tématy disertačních prací, která vypsala Akasakiho laboratoř Nagojské univerzity v roce 1982, jsou modré LED na bázi nitridů. Napadlo mě, že bych mohl přispět ke zlepšení kvality života lidí tím, že bych pomohl při realizaci plochých televizorů k zavěšení na stěnu a elegantních počítačových systémů, což by znamenalo, že bych změnil svět. V té době jsem si však neuvědomoval obtížnost tohoto úkolu.

Obtížnost realizace výkonné modré LED na bázi GaN

Snažíme-li se vypěstovat objemné krystaly GaN z roztoku, potřebujeme velmi vysoké tlaky a teploty, podobně jako při růstu diamantů, dokonce snad ještě vyšší [7, 8]. A tak musíme použít chemickou reakci k tomu, abychom tlak a teplotu potřebné k pěstování GaN snížili. Musíme také použít substráty z jiných materiálů. K syntéze GaN jsme jako zdroj dusíku užívali amoniak [9], protože molekuly dusíku jsou inertní a s kovovým galliem [Ga] aktivně nereagují. Při teplotách kolem 1 000 °C, při nichž lze syntetizovat GaN, je amoniak velmi aktivní, což velmi silně omezuje okruh materiálů použitelných jako vhodný substrát.

Jedním z nejslibnějších materiálů pro substrát je safír, protože je při vysokých teplotách stabilní a s amoniakem nereaguje tak silně [10]. Nejzávažnějším problémem

Nobelova cena
za fyziku 2014



Historie cesty k objevu účinných modrých svítivých diod na bázi InGaN

Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014

© 2014 Nobel Foundation

Shuji Nakamura

University of California, Santa Barbara, CA 93106-5055, USA

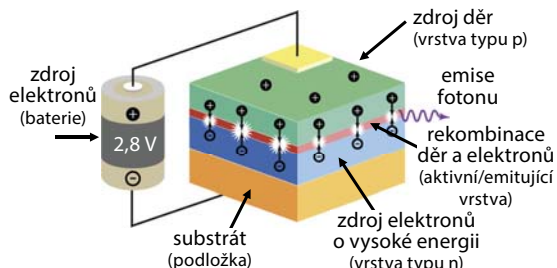


Shuji Nakamura
Foto: Alexander Mahmoud

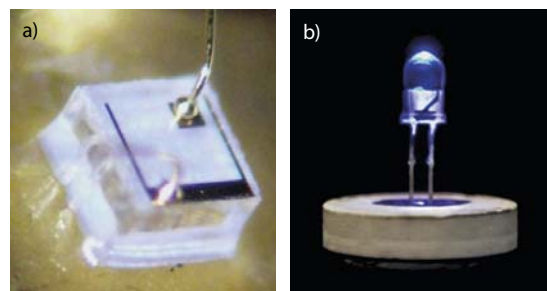
Zavedení a dopad bílých svítivých diod

Základní struktura účinné svítivé diody s dvojitou heterostrukturou (DH LED – *Double-Heterostructure Light-Emitting Diode*) je znázorněna na obrázku 1. Tato optoelektronická součástka se skládá z polovodičových materiálů a připravuje se vložením aktivní emitující vrstvy mezi vrstvy n-typu a p-typu. Vrstva polovodiče n-typu má přebytek elektronů o vysoké energii, kdežto vrstva p-typu má přebytek prázdných míst s nižší energií, jež mohou elektrony přijmout. Tato místa, kterým se také říká díry, mají kladný náboj a jsou pohyblivé. Rozdíl energií mezi stavy s vysokou a nízkou energií daného materiálu se nazývá zakázaný pás (*gap*). U diod s dvojitou heterostrukturou je zakázaný pás aktivní vrstvy menší než u vrstev n-typu a p-typu.

Připojíme-li DH LED k baterii (nebo jakémukoli jinému zdroji stejnosměrného proudu) v přímém směru, jsou elektrony a díry z vrstev typu n a p vstříkovány do aktivní vrstvy. Elektrony a díry v aktivní vrstvě spolu radiačně rekombinují, a tak dochází k emisi fotonů. Tento proces je u DH LED velmi účinný, protože elektrony a díry jsou v aktivní vrstvě uvězněny díky tomu,



Obr. 1 Schematické znázornění činnosti svítivé diody (LED) s dvojitou heterostrukturou (DH) při napájení z baterie 2,8 V. V aktivní vrstvě elektrony a díry rekombinují a emitují světlo o vlnové délce odpovídající šířce zakázaného pásu této vrstvy. Elektrony s vysokou energií přicházejí od záporného pólu baterie a po ztrátě energie emisí fotonu v aktivní vrstvě se vrací ke kladnému pólu.



Obr. 2 a) Obrázek modré GaN LED s kontakty zlatého drátku (rozměry diody: 0,4 × 0,4 mm). b) Táž LED zapouzdřená jako komerční výrobek.

že její zakázaný pás je menší než u sousedních vrstev typu n i p (viz také obr. 7). Energie emitovaného fotonu je přibližně rovná šířce zakázaného pásu materiálu aktivní vrstvy. Modifikace šířky tohoto pásu tedy vede k emisi fotonů s různou energií.

V osmdesátých letech minulého století měly všechny známé systémy materiálů s vlastnostmi vhodnými k emisi modrého světla řadu nedostatků, které přípravu účinné modré LED znemožňovaly. Jedním z možných kandidátů byl nitrid gallia (GaN), avšak v té době se nedařilo připravit vrstvu p-typu ani aktivní vrstvu. Tyto problémy byly nakonec překonány, což vedlo k přípravě první účinné modré LED v roce 1993 [1]. Detailní pohled na nezapouzdřenou a zapouzdřenou modrou LED na bázi GaN je na obrázku 2.

Modré LED umožnily přípravu vysoce účinných zdrojů bílého světla. Toho lze dosáhnout konverzí části modrého světla emitovaného modrou LED na žluté světlo použitím luminoforu [2]. Kombinaci modrého a žlutého světla vnímá lidské oko jako bílé světlo. Bílou LED lze připravit vložením luminoforu do plastové čepičky, v níž je modrá LED umístěna (obrázek 3). Bílé světlo o lepší kvalitě lze také připravit smíšením modrého světla s jinými barvami, včetně červené a zelené [3].

S dostupností bílých LED lze celou řadu aplikací významně zdokonalit, ne-li vůbec jen umožnit. Zřejmě

Nobelova cena
za fyziku 2014



Nobelova cena za fyziku pro rok 2014



Shuji Nakamura
Hiroshi Amano
Isamu Akasaki

str. 38–50 Copyright © The Nobel Foundation 2014

Proslov profesora Shujiho Nakamury na banketu u příležitosti udělení Nobelovy ceny

10. prosince 2014

Vaše Veličenstva, Vaše královské Výsosti,
Vaše Excelence, dámy a pánové,
kolegové a přátelé,

v zastoupení svých spolulaureátů profesora Isamua Akasakiho a profesora Hiroshiho Amana bych rád poděkoval členům výboru pro Nobelovu cenu a členům Švédské královské akademie věd za ocenění našeho vynálezu modrých svítivých diod (LED), který umožnil vyvinout jasné a úsporné zdroje bílého světla.

Alfred Nobel chtěl, aby jeho cena byla udělována na základě vynálezu nebo fyzikálního objevu, který „v předchozím roce představil největší užitek pro lidstvo“. Jsme proto velice poctěni tím, že sen o osvětlení pomocí LED se nyní stal realitou, z níž má lidstvo velký prospěch.

Nyní si můžete koupit úsporná LED svítidla v supermarketech a pomoci tak snížit spotřebu energie. Osvětlení svítivými diodami je DESETKRÁT ÚČINNĚJŠÍ než konvenčními žárovkami, a tak lze drasticky snížit spotřebu energie. Věřím, že osvětlení LED přispěje rovněž ke zpomalení globálního oteplování.

Vedle toho je možné kombinací svítidel LED se solárními články poskytnout udržitelné, autonomní osvětlení půldruhé miliardě lidí, kteří žijí bez elektřiny, osvětlení, které je úsporné, čisté a bezpečné – a tak doslova osvětlit svět.

Můj kolega v UCSB a laureát Nobelovy ceny za fyziku z roku 2000 profesor Herbert Kromer řekl o osvětlení LED: „Nemluvíme jen o tom, jak dělat věci lépe, ale jak dělat věci, které jsme předtím vůbec dělat neuměli. Navždy jste změnili svět a osvětlení LED si nyní může prožít každý.“

Mohu-li říci krátkou povzbuzující historku... Když jsme v osmdesátých letech minulého století

začali pracovat na modré LED, neustále nám říkali, že se pokoušíme o něco, co je nemožné.

Přesto jsme vytrvali a na vývoji této technologie pracovali mnoho hodin a let.

Po průlomových pracích profesorů Akasakiho, Amana a mne na vývoji účinné modré LED došlo doslova k explozi výzkumné aktivity. Tisíce badatelů se k tomuto směru přidaly a aplikovaly LED na displeje mobilních telefonů, televizní obrazovky a osvětlovací lampy.

Spolu s profesory Isamuem Akasakim a Hiroshim Amanem bychom rádi ještě jednou poděkovali Královské švédské akademii věd za to, že náš objev modré LED a úsporného LED osvětlení poctila touto cenou. Rád bych také poděkoval všem svým kolegům ve firmě Nichia, UCSB, a také své rodině za to, že mě nechali tak tvrdě pracovat.

Doufám, že dnes již každý může využívat účinného LED osvětlení a šetřit energii!

Děkuji Vám! („Tack!“)

Copyright © Nobel Media AB 2014,
přeložil Ivan Gregora



Shuji Nakamura promlouvá na banketu. Foto: Helena Paulin-Strömberg

Nobelova cena
za fyziku 2014



Shuji Nakamura – životopis

Narodil jsem se 22. května 1954 v Oku, malé rybářské vesničce na pacifickém pobřeží Šikoku, nejmenšího ze čtyř hlavních japonských ostrovů. Hlavním zaměstnáním v Oku je zemědělství. Na terasách zbudovaných v příkrých svazích pěstují místní farmáři „jam“¹. Moji prarodiče z matčiny strany takovou farmu měli. Aby se dostali do nejbližšího města, vesničané spoléhali na trajekt. Snad poněkud nepohodlné, ale vyrůstat v této vesničce bylo idylické.

Můj otec Tomokichi (obr. 1) pracoval jako údržbář pro Shikoku Electric Power. Od něj jsem se naučil vyrábět dřevěné hračky, jako např. katapulty a bambusové vrtulky. Rád jsem něco „vyráběl“ a šlo mi to dobře; tato dovednost mi v budoucnu přišla vhod.

Ve škole jsem nebyl akademicky nadaný. Mé dospívání bylo typické. Neustále jsem bojoval se starším bratrem. Byl jsem menší než on a vždy jsem prohrával. I když jsem byl poražen, mentálně jsem se nikdy nevzdával. Naše matka nás neustále hubovala, abychom si dělali domácí úkoly. Většinou jsme však její napomínání ignorovali.

Na základní a střední škole byl můj vášní volejbal. Škola neměla žádnou tělocvičnu, a tak muselo moje družstvo trénovat venku na blátě. Snažili jsme se usilovně, ale vyhrávali jen zřídka. Od útlého věku jsem byl až zuřivě soutěživý a nenáviděl jsem prohru. Volejbal mi ponechával jen málo času k přípravě na přijímací zkoušky na střední školu. V mechanickém „šprtání“ jsem nevynikal, ale v matematice a přírodních vědách jsem byl dobrý. Nějak se mi podařilo dostat se na akademicky zaměřenou školu.

I tam zůstal volejbal mojí prioritou. Můj třídní učitel mi řekl, že musím nechat hraní, chci-li si zlepšit známky. Nastal čas soustře-

dit se na přípravu k veledůležitým přijímacím zkouškám na univerzitu. Nemohl jsem však nechat své družstvo ve štychu. Byl jsem jediným studentem, který nepřestával sportovat až do maturity.

Na svoji oddanost volejbalu jsem však doplatil. Přijímací zkoušky na univerzitu mi nedopadly tak dobře, abych se dostal na nějakou prestižní školu. Mým snem bylo stát se teoretickým fyzikem nebo matematikem. Můj učitel mi ale řekl, že by mě fyzika neušivila; raději jsem si měl vybrat jiný obor, například strojírenství, kde si pak mohl nějaké zaměstnání najít.

Vybral jsem si elektrotechniku, protože mi připadalo, že má k fyzice blízko. V roce 1973, ve věku 19 let, jsem nastoupil na univerzitu v Tokushima, místní státní školu. Mnozí tamější profesori byli původně středoškolskými učiteli. Učebnice byly zastaralé.

Mé první dva roky sestávaly z obecných předmětů, včetně přednášek o umění, které jsem nenáviděl. Nechápal jsem, proč se musím věnovat tak nepodstatným věcem. Brzy jsem přestal na přednášky chodit. Celý den jsem četl knihy, především o fyzice. Nakonec, třetím rokem na Tokušimské univerzitě, jsem si zapsal přednášku o polovodičích. Fyzika pevných látek mě fascinovala, a tak jsem se rozhodl zůstat na univerzitě ještě dva roky v magisterském studiu pod vedením profesora Osamua Tady.

Za téma disertace jsem si zvolil mechanismus vodivosti titanátu barya. Můj přístup byl teoretický. Avšak profesor Tada byl experimentátorem do morku kostí. Když mě načapal při čtení článků, říkal mi, že znalost teorie je k ničemu, neumím-li vyrobit skutečné součástky.

Tadova laboratoř byla známá jako „skladíště starých krámů“. Byla plná rozbitých televizorů a starých radiových přijímačů, které bylo možné využít na náhradní díly. Aby postavili to, co potřebovali, museli si studenti osvojit manuální zručnost: letování, řezání a spojování skla, vyklepávání a svařování kovových plechů, a také práci na soustruhu.

Na svá magisterská léta vzpomínám, jako bych byl dělníkem obrábějícím plechy v malé továrně. Chtěl jsem především studovat teorii. Většinu mého času však zabralo sestavování zařízení pro experimenty. Vlastně jsem tím získal přesně tu zručnost, jakou jsem později potřeboval při svém úsilí vyvinout jasnou modrou LED. Jako firemní badatel bych byl si musel své vlastní zařízení



Obr. 2 Můj první den u Nichie v dubnu 1979.

vyrobit nebo upravit. Nakonec to byla tato technická zručnost, která mi zajistila náskok před mými rivaly.

Jako pětadvacetiletý student s magisterským titulem z elektrotechniky jsem očekával, že najdu místo u nějakého japonského výrobce spotřebních přístrojů. Firmy jako Sony však neměly zájem rekrutovat absolventy lokálních univerzit.

Při přijímacím pohovoru u firmy Matsushita jsem udělal tu chybu, že jsem diskutoval o teoretických aspektech své diplomové práce. „Teoretiky tu nepotřebujeme!“ zněla odpověď náborových pracovníků. U Kyocery to dopadlo lépe, protože jsem zdůraznil praktické aplikace své práce. Firma mi nabídla zaměstnání. Když se však přiblížil den, kdy jsem se měl o práci v Kjótu hlásit, zaváhal jsem. Než jsem začal hledat zaměstnání, své Šikoku jsem opouštěl jen zřídka.

O práci ve skutečně výzkumné laboratoři nějaké významnější firmy jsem však měl opravdový zájem. Váhaje mezi dvěma cestami, zeptal jsem se profesora Tady, co bych měl dělat. Tada mě upozornil na to, že pro elektroinženýry žádná místa v Tokushima nejsou. Kdybych dal přednost volbě zůstat na ostrově, musel bych se vzdát kariéry ve svém oboru. A tak jsem se nakonec rozhodl v Tokushima zůstat.

Můj profesor mě představil Nobuovi Ogawovi, zakladateli a prezidentovi obskurní místní chemické firmy zvané Nichia. Firma zpočátku nejevila ochotu mne zaměstnat, já jsem však odmítl považovat jejich „ne“ za odpověď.

Když jsem k nim v dubnu 1979 nastoupil, Nichia měla méně než 200 zaměstnanců (obr. 2). Vyráběly se tam luminofory pro barevné televizory a fluorescenční lampy. Tyto trhy byly však nasycené. Měla-li Nichia dále růst, potřebovala nové výrobky.

Přidělili mě do oddělení vývoje se dvěma zaměstnanci. Mým prvním úkolem byla

¹ Jam je škrobnatá hlíza smldince (*Dioscorea*) z rodu jednoděložných rostlin z čeledi smldincovitých.



Obr. 1 Shuji s rodinou v roce 1979.

Hiroshi Amano – životopis

Narodil jsem se 11. září 1960 v Hamamatsu, v prefektuře Shizuoka v Japonsku, v rodině svého otce Tatsujeho a matky Yoshiko, a vyrůstal jsem se svým mladším bratrem Takashim. Hamamatsu se proslavilo jako rodné město profesora Kenjira Tamanagiho, japonského průkopníka ve vývoji televize, kterému se již v roce 1926 podařilo vyslat první znak *katakany* „イ“, a to bezdrátovým přenosem pomocí Braunovy trubice, a také Soichira Hondy, který v roce 1946 založil firmu Honda Motor Co., Ltd. Kromě toho sídlí v Hamamatsu několik strojírenských a výrobních firem, jako např. na výrobu motocyklů, hudebních nástrojů a optoelektroniky. Možnou příčinou, proč jsem se rozhodl pro kariéru ve strojírenském průmyslu, byl vliv dospívání v takovém průmyslovém městě.

Do základní i střední školy jsem chodil v Hamamatsu. Byl jsem poněkud neduživé dítě, které bylo často nemocné. Vždycky se o mne starala babička Ken a často mi vyprávěla o svých špatných zážitcích z druhé světové války, a tak jsem se toho o válce dost dozvěděl. Na základní škole jsem se soustředil na sport, hlavně házenou a fotbal. Na základní a nižší střední škole mne učení moc nebavilo, protože jsem měl pocit, že jediným cílem je složit přijímací zkouš-



ku na střední školu. Na střední škole jsme měli tři roky na matematiku stejného učitele, který mě učil o důležitosti logického myšlení a o tom, jak řešit obtížné problémy v matematice. Zjistil jsem, že obtížné problémy řešit umím, pokud přemýšlím logicky. Ačkoli mě řešení matematických problémů velmi zajímalo, stále jsem neměl dobrý důvod ke studiu.

V roce 1979 jsem se přestěhoval do Nagoji, kde jsem nastoupil na univerzitu jako student na elektrotechnickou fakultu. V prvních úvodních přednáškách o inženýrství jsem zažil hlubokou interpretaci smyslu znaku „工“ v abecedě *kanji*, který označuje inženýrství. Přednášející vysvětloval, že znak „工“ vyjadřuje vzájemné spojení lidí s lidmi, a tedy že vrcholným cílem inženýrství je obohatit a zlepšit lidské životy. Toto vysvětlení mě překvapilo a pocítil jsem, že se můj pohled na studium změnil, jakmile jsem si uvědomil, že smyslem studia je prospět lidstvu. A proto jsem se začal zajímat o všechny studijní obory, které moje fakulta nabízela, zejména o počítačovou techniku (*computer science*). To bylo krátce potom, co Bill Gates a Paul Allen založili Microsoft (1975) a Steve Jobs se Stephenem nastartovali Apple Computers (1976). Po založení těchto dnes gigantických firem pokračoval vývoj osobních počítačů rychlým tempem, a já jsem jen doufal, že k dalšímu vývoji PC systémů budu moci také přispět.

V roce 1982, když jsem byl na univerzitě již třetím rokem, musel jsem si zvolit téma disertace. Nebyla bohužel vypsána žádná

témata týkající se počítačové vědy, zejména rekonstrukce centrálních výpočetních jednotek. Když jsem však zjistil, že v laboratoři profesora Isamua Akasakiho je možné zabývat se studiem modrých svítivých diod na bázi GaN, rozhodl jsem se vybrat si za disertační práci toto téma. Jako monitory v počítačích i televizních přijímačích se v té době používaly Braunovy trubice. Protože Braunovy trubice byly tak velké, napadlo mě, že bych mohl změnit svět a zlepšit životy lidí tím, že bych poskytl prostředky k vývoji inteligentnějších počítačových a televizních systémů. Tehdy jsem nevěděl, jak obtížné bude vyvinout modré LED.

Financování naší laboratoře bylo v té době velmi omezené. Proto museli studenti Nagojské univerzity vyvinout svoji vlastní aparaturu, aby bylo možné pěstovat nitridové krystaly metodou epitaxe z metalorganického parní fáze (MOVPE). Během magisterského studia se mi spolu s panem Koidem, studentem vyššího ročníku, podařilo takový MOVPE systém vyvinout. Pak jsem naši aparaturu použil k pokusům vypěstovat vysoce kvalitní GaN, zatímco pan Koide se zaměřil na pěstování AlN a AlGaIn. Pěstování GaN na jiném substrátu, jako např. safíru, bylo však tak obtížné, že jsem marnou snahou vypěstovat vysoce kvalitní GaN strávil tři roky.

V únoru 1985, téměř u konce mého magisterského studia, jsem se stále zabýval neúspěšnými experimenty. Když jsem porovnal svůj GaN s AlN vypěstovaným panem Koidem, zjistil jsem, že morfologie povrchu



Hiroshi Amano a paní Yuki Nakamura, choť Shujiho Nakamury.

Isamu Akasaki – životopis

Isamu Akasaki se narodil 30. ledna 1929 ve městečku Chiran, okres Kawanabe, v prefektuře Kagošima.

Potom co v roce 1952 získal bakalářský titul (B.Sc.) na univerzitě Kjótó, nastoupil ke společnosti Kobe Kogyo Corp. (později přejmenované na Fujitsu Ltd.), kde byl členem výzkumného týmu ve skupině materiálů pro elektroniku. Mezi jeho rané práce patří vývoj výrobních postupů fluorescenčních obrazovek pro televizní přijímače a vývoj scintilátorů pro detekci záření beta.

V roce 1959 přešel na Nagojskou univerzitu, kde začal jako asistent a odborný asistent, než byl jmenován docentem. Tam také v roce 1964 obhájil doktorát (Dr. Eng.) v oboru elektronického inženýrství. Jeho práce se převážně týkala průkopnických experimentů v oblasti epitaxního růstu germania z parní fáze (*Vapor-Phase Epitaxial Growth* – VPE). Inicioval také termodynamickou analýzu dopování germania příměsí s použitím VPE.

V roce 1964 byl jmenován vedoucím oddělení základního výzkumu IV a posléze generálním ředitelem oddělení polovodičů v nově založeném výzkumném ústavu firmy Matsushita v Tokiu (*Matsushita Research Institute Tokyo, Inc.* – MRIT), kde zahájil výzkum optoelektronických materiálů a součástek. V roce 1968 vyvinul přípravu vysoce kvalitního GaAs metodou VPE, s dosud nejvyšší pohyblivostí dosaženou ve světovém měřítku, a v roce 1970 připravil v té době nejjasnější červenou LED na bázi GaP. Ještě předtím v roce 1967 začal pracovat na přípravě nitridu aluminia (AlN) metodou VPE a stanovil frekvence podél-

ných a příčných optických fononů pomocí adjustace parametrů vypočtené reflektivity na spektrum infračervené reflektivity AlN, které se svými kolegy změnil.

Již v raných fázích výzkumu nitridových polovodičů na bázi GaN měl porozumění pro jejich veliký potenciál jako zdrojů modrého světla a prahnul po tom stát se průkopníkem nového oboru založeného na unikátních vlastnostech nitridových polovodičů: zejména širokého zakázaného pásu, tvrdosti a nejedovatosti. V sedmdesátých letech téměř všichni badatelé zájímající se o nitridy tento obor opouštěli, protože se jim nedařila ani příprava vysoce kvalitních monokrystalů GaN, ani ovládnutí jejich elektrické vodivosti (zejména vodivosti typu p), což obojí je pro vývoj účinných zdrojů modré emise a rychlých vysokovýkonných tranzistorů nezbytné. Přes tuto patovou situaci si Akasaki v roce 1973 předsevzal, že vysoce kvalitní krystaly GaN vypěstuje a s použitím přechodu pn v GaN vyvine emisní zdroje modrého světla.

V roce 1974 vypěstoval první monokrystal GaN metodou epitaxe z molekulárních svazků (MBE) a v roce 1975 získal od japonské vlády (konkrétně od Ministerstva mezinárodního obchodu a průmyslu – MITI) tříletý grant na „Výzkum a vývoj součástek emitujících modré světlo, založených na GaN“.

V roce 1978 se svou skupinou v MRIT vyvinul modrou LED typu „obráceného čipu“ (*flip-chip*) na GaN metodou epitaxního růstu z hydridové parní fáze (HVPE – *Hydride Vapor-Phase Epitaxial Growth*). Její vnější kvantová účinnost dosahovala 0,12 %, což byla nejvyšší hodnota do té doby oznámená.



Během tohoto studia si Isamu Akasaki uvědomil velký potenciál GaN jako materiálu s modrou luminiscencí, když v krystalech GaN pěstovaných metodou HVPE, obsahujících praskliny a díry, našel vnořené droboučké, avšak vysoce kvalitní krystality. Byl přesvědčen, že vodivost (a to i typu p) by bylo možné účinně řídit, pokud by se podařilo takové kvality dosáhnout u celého plátku. A tak se v roce 1978 rozhodl vrátit se ještě jednou k základům, tj. k pěstování krystalů. Na základě svých dvacetiletých zkušeností s pěstováním několika různých typů polovodičů, včetně několikaletých zkušeností s GaN, se v roce 1979 rozhodl pro epitaxní růst z metalorganické parní fáze (MOVPE), známé též pod názvem MOCVD, jako optimální metody pro pěstování GaN, ačkoli se tehdy pro GaN téměř nikdy nepoužila (rozhodnutí 1). A jako substrát si prozatím (dokud nebyl k dispozici GaN) zvolil safír, který je v drsných podmínkách pěstování metodou MOVPE stabilní a také je svou krystalovou strukturou podobný GaN (rozhodnutí 2).

Když učinil zmíněná klíčová rozhodnutí, vrátil se v roce 1981 na Nagojskou univerzitu jako profesor. Za vydatné pomoci doktorandů a kolegů začal především rychle zlepšovat kvalitu krystalů GaN pěstovaných metodou MOVPE. Navrhl novou metodu pěstování nitridů – technologii nízkoteplotní meziprvstvy (LT *buffer layer*) –, aby snížil vysokou volnou energii rozhraní mezi epitaxní vrstvou GaN a safírovým substrátem – viz např. I. Akasaki & N. Sawaki: Jpn. Patent 1,708,2503 (appl: 1985.11.18), U. S. Patent 4,855,249, a později K. Manabe, H. Kato,



Prof. Isamu Akasaki pracuje se studenty v univerzitní laboratoři v Nagoya (Meijo University).

České a slovenské medaile na 46. mezinárodní fyzikální olympiádě v Indii

Filip Studnička^a, Jan Kříž^a, Ľubomír Konrád^b, Bohumil Vybíral^a

^a Ústřední komise Fyzikální olympiády, Univerzita Hradec Králové, Rokitského 62, 500 03 Hradec Králové

^b Gymnázium, Veľká okružná 22, 010 01 Žilina

V roce 2015 proběhl už 46. ročník Mezinárodní fyzikální olympiády (MFO) – vrcholové světové soutěže středoškolských studentů ve fyzice. Soutěž pořádalo ve dnech 4. až 12. července 2015 Homi Bhabha centrum pro výuku přírodních věd (indické národní centrum Tatova ústavu pro základní výzkum) za podpory indické vlády prostřednictvím Oddělení pro atomovou energii, Oddělení pro vědu a technologii a Ministerstva rozvoje lidských zdrojů. Soutěž hostilo město Bombaj. O velkém významu celé akce svědčí i to, že se jí aktivně zúčastnilo celkem 382 studentů z 82 států a teritorií z pěti světových kontinentů.

Jednota českých matematiků a fyziků (JČMF) na soutěž vyslala podle doporučení Ústřední komise Fyzikální olympiády sedmičlennou reprezentaci v tomto složení: Václav Miřátský, absolvent Gymnázia v Pelhřimově, Jakub Dolejší, absolvent Gymnázia Boženy Němcové v Hradci Králové, Václav Rozhoň, absolvent Gymnázia J. V. Jirsíka v Českých Budějovicích, Jiří Kučera, absolvent Gymnázia Jana Keplera v Praze a Filip Bialas, student Gymnázia Opatov v Praze. Výpravu vedli doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D., vedoucí delegace, a Mgr. Filip Studnička, Ph.D., zástupce vedoucího. Finančně cestu pokryla dotace MŠMT poskytnutá JČMF za tímto účelem.

Slovenská komise Fyzikální olympiády nominovala na základě výsledků celostátního kola a výběrového soustředění konaného v Bratislavě ve dnech 20.–24. 4. následující reprezentaci: Dávid Bugár, absolvent Gymnázia H. Selyeho s VJM v Komárně, Martin Gažo, student Gymnázia pre MND v Bratislavě, Miroslav Gašpárek, absolvent Slovensko-anglického gymnázia v Žilině, Filip Ayazi, absolvent Gymnázia L. Štúra v Trenčíně, a Jozef Bucko, absolvent Gymnázia P. de Coubertina v Piešťanech. Vedoucím delegace byl prof. Ing. Ivo Čáp, CSc., ze Žilinské univerzity v Žilině, pedagogickým vedoucím PaedDr. Ľubomír Konrád z Gymnázia Veľká okružná v Žilině. Výpravu ještě doplnila pozorovatelka, prof. Ing. Klára Čápková, Ph.D., ze Žilinské univerzity. Finančně výpravu pokryla Iuventa, náklady na pozorovatelku byly uhrazeny ze soukromých zdrojů.



Reprezentace České republiky na 46. MFO v Indii v roce 2015. Zleva: doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D. (vedoucí delegace), Filip Bialas (stříbrná medaile), Jiří Kučera (stříbrná medaile), Jakub Dolejší (bronzová medaile), Václav Miřátský (bronzová medaile), Václav Rozhoň (stříbrná medaile) a Mgr. Filip Studnička, Ph.D. (zástupce vedoucího delegace).

Organizátoři soutěže vyzvedli obě delegace na letišti a přepravili je do míst ubytování. Studenti byli ubytováni v luxusním pětihvězdičkovém hotelu Leela a vedoucí v 8 km vzdáleném, neméně kvalitním hotelu Taj Lands End v Bombaji. Vlastní soutěž proběhla v prostorách Kongresového a výstavního centra, zahajovací ceremoniál v aule Tatova ústavu pro základní výzkum, zakončovací ceremoniál pak v Indickém technickém ústavu. Všechna zasedání Mezinárodní rady MFO probíhala v místě ubytování vedoucích delegací.

Společným programem pro soutěžící studenty a jejich vedoucí bylo slavnostní zahájení, slavnostní zakončení a společná večeře v hotelu Leela. Pro studenty byly připraveny dva soutěžní půldny. Netradičně se začínalo experimentálními úlohami, teoretické úlohy přišly na řadu až po nich. Ve zbylém čase organizátoři připravili prohlídky zajímavých míst Bombaje, sportovní a společenské akce a jednodenní výlet do automobilky Mahindra.

Vzpomínání na Michala Lence

(prof. RNDr. Michal Lenc, Ph.D., * 24. 2. 1946, † 26. 5. 2015)

Čtyřicet let po smutku a pocitem ztráty vzpomněli prvních nedožitých narozenin našeho kolegy a kamaráda profesora Michala Lence. Bylo by mu 70 let.



Životní cesta Michala Lence zdaleka nepřipomíná geodetickou čáru. Jeho lidský osud i vědecká dráha procházely nesčetnými peripetemi, souvisejícími se společenskými změnami během posledního půlstoletí. To proto, že Michalovy osobní postoje a jeho životní krédo byly na těchto změnách nezávislé.

Životopisná data jsou v podstatě vždy suchopárná. Ta Michalova však jasně svědčí o zákrutách jeho životní dráhy. Jeho dětství bylo poznamenáno osudy jeho rodičů, kteří byli pro odbojovou činnost v době války a poté v tzv. padesátých letech dokonce věznění. Nelze však říci, že by bylo nešťastné – láskyplná i přísná výchova babičky zcela jistě pozitivně utvářela Michala-člověka. Michal-fyzik prošel několika obdobími. Sledujme v nich zejména fyzikální tematiku, kterou se vždy na vysoké teoretické a často i experimentální úrovni zabýval. Doplníme ji několika stručnými a kusými poznámkami k podstatným okolnostem, které jej provázely životem, o nichž se však nikdy v žádných dokumentech sám nezmiňoval a s výjimkou nejbližších spolupracovníků a přátel zůstaly okolí skryty. V Michalově životě můžeme vymezit dvě velké životní etapy – první od počátečního spojení s Přírodovědeckou fakultou brněnské univerzity, tehdy ještě nazývané jménem Jana Evangelisty Purkyně, do mnohaletého působení v Ústavu přístrojové techniky, a druhou, v níž se na univerzitu vrátil. Sledujme nyní první z obou jeho životních fází.

- Po maturitě na jedenáctiletce studoval Michal obor fyzika pevných látek na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity (tehdy Univerzita J. E. Purkyně) v Brně. S červeným diplomem absolvoval v roce 1968, kdy obhájil diplomovou práci *Pružný rozptyl elektronů na potenciálu ideální krystalové mřížky*, zpracovanou pod vedením Jiřího Komrsky, již tehdy našeho čelného odborníka v oblasti optiky.



Při přednášce na semináři Ústavu teoretické fyziky a astrofyziky Přírodovědecké fakulty MU, věnovaném jubileu prof. Martina Černohorského, 2013.

- Jako student pracoval na tehdejší katedře teoretické fyziky a astronomie své mateřské fakulty, kam také nastoupil jako asistent po ukončení základní vojenské služby v roce 1969. Byl mimořádně nadaným fyzikem i matematikem. Už během studia řešil náročné problémy nejen z oblasti své diplomové práce, ale i teorie relativity, kvantové fyziky a matematické fyziky obecně, kde úzce spolupracoval s Demetrem Krupkou. Pro své spolužáky, studenty i kolegy byl Michal vyhledávaným konzultantem v podstatě jakýchkoli fyzikálních problémů.

- S prací na fakultě se však nerad musel hned zase rozloučit, když již v roce 1970, v jednom z nejpřísnějších let tzv. normalizace, musel z politických důvodů z fakulty odejít. Učinil tak z vlastní vůle dříve, než jej stačili propustit.

- Za „štěstí v neštěstí“ lze považovat, že jej Armin Delong, zakladatel a tehdejší ředitel Ústavu přístrojové techniky Československé akademie věd (nyní AV ČR) přijal na toto pracoviště, formálně jako skladníka. Michal se okamžitě orientoval v mnohaoborové problematice ústavu a díky svým univerzálním fyzikálním schopnostem se stal cenným členem oddělení elektronové optiky, kde se zabýval řešením aplikovaných, experimentálních a především teoretických problémů. Jeho spolupracovníci z té doby mohou potvrdit, že si uměl se složitou konstrukcí elektronových mikroskopů poradit i „rukama“. Tam se sblížil se svou kolegyní a spolupracovnicí v oboru Bohumilou Vlachovou a v roce 1973 se s ní oženil.

- V roce 1979 získal Michal na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci titul RNDr. na základě obhajoby práce *Boerschův jev*. Poněvadž byl pro režim stále „persona non grata“, nepodařilo se ani řediteli Delongovi docílit toho, aby mohl předložit k obhajobě kandidátskou práci.

- Titul Ph.D. získal až v dubnu 1992, a to v zahraničí. Disertaci *Immersion objective lenses in electron optics* obhájil na proslulé univerzitě Delft University of Technology.

Mezitím došlo k politickým změnám a v nových poměrech byl Michal vtahován i do organizační činnosti. V Ústavu přístrojové techniky byl v roce 1990 zvolen předsedou vědecké rady, v letech 1991 a 1992 působil jako zástupce ředitele ústavu. Hned po listopadu 1989 byl svými bývalými kolegy vytrvale vyzván a přemlouván k návratu na univerzitu, až konečně, po dosažení doktorátu se mohl v listopadu 1992 po dvaadvaceti letech pauze na Přírodovědeckou fakultu vrátit. Nastoupil jako odborný asistent opět na katedru teoretické fyziky a astrofyziky (nikoli už „astronomie“). V Ústavu pří-

Za Lubošem Skálou

Jaroslav Zamastil, Vojtěch Kapsa a další členové oddělení kvantové teorie

Katedra chemické fyziky a optiky MFF UK v Praze, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2

Dne 8. května 2015 nás po krátké těžké nemoci náhle a předčasně opustil náš učitel, kolega a přítel profesor RNDr. Lubomír Skála, DrSc. V jeho osobě ztrácíme člověka, kterého bylo vždy možno požádat o pomoc, radu či povzbuzení při řešení jakýchkoliv vědeckých nebo praktických problémů, výborného vědce, učitele a organizátora.



Oslava profesury Karla Vacka v roce 1976 na katedře chemické fyziky. Zleva doprava Marie Urbanová, Karel Vacek, Luboš Skála a vietnamský host. (Archiv KCHFO MFF UK)

Lubomír Skála se narodil roku 1947 v Aši. Po studiu na střední elektrotechnické škole v Chomutově v letech 1962–1966 vstoupil na Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy v Praze. Studium na ní ukončil v roce 1971. Zde potom působil až do své smrti. Kandidátskou disertační práci vypracovanou pod vedením profesora Luboše Valenty obhájil v roce 1977. V roce 1991 byl jmenován docentem a v roce 1997 profesorem pro teoretickou fyziku. Kromě řady krátkodobých pracovních pobytů v mnoha zemích pracoval ve druhé polovině 80. let celkem přes 1,5 roku na University of New Mexico v USA, kde spolupracoval zejména s profesorem V. M. Kenkrem, a v letech 1994 až 2012 působil nejdříve jako „Adjunct Associate Professor“ a poté jako „Adjunct Professor“ na University of Waterloo v Kanadě, kde spolupracoval zejména s profesorem Jiřím Čížkem.

Šíře a hloubka Lubošových vědeckých zájmů jsou v dnešním věku specializace neobvyklé. Luboš se zpočátku zabýval fyzikou klastrů. V této oblasti odvodil např. závislost fyzikálních vlastností klastrů

na jejich rozměru, vypracoval metodiku kvantově-chemických výpočtů klastrů lithia z „prvních principů“, našel podmínky pro existenci lokalizovaných stavů a odhady pro hustotu stavů v lineárních řetězcích atomů atd. Vypracoval také teorii přenosu excitace v primárních procesech fotosyntézy. Největšího ohlasu dosáhly jeho práce z termodynamiky a matematické fyziky. V termodynamice je spoluautorem fenomenologické teorie fázových přechodů pro keramiku. V matematické fyzice je spoluautorem metody pro získání analytického řešení Schrödingerovy rovnice a dosáhl se svými spolupracovníky řady výsledků týkajících se použití poruchové metody na systémy anharmonických oscilátorů. V posledním období své vědecké práce se věnoval tématu, které ho fascinovalo celý profesní život: interpretaci kvantové teorie, vztahům kvantové teorie s matematickou statistikou a teorií informace.

Je zřejmé, že tvorba a analytické řešení jednoduchých, fyziku vystihujících modelů bylo to, co ho přitahovalo na jeho práci teoretického fyzika nejvíce. Nutno však dodat, že Luboš se nevyhýbal ani numerickým

Obsah a autorský rejstřík

Čs. čas. fyz. sv. 65 (2015)

číslo 1 (Nobelova cena za fyziku 2013) str. 1–66
 číslo 2 str. 67–132
 číslo 3 str. 133–202

číslo 4 str. 203–252
 číslo 5-6
 (Mezinárodní rok světla a světelných technologií) str. 253–410

Obsah

Aktuality

- Josef Stejskal, Jindřich Leitner, Zdeněk Sofer*, Nitrid gallia – nobelovský materiál 1 4
Jan Valenta, Ivan Pelant, Modré svítivé diody na bázi GaN jako základ revoluce osvětlovací techniky 1 7
Martin Vácha, Modré svítivé diody na bázi GaN jako základ revoluce osvětlovací techniky 1 11
Hana Turčičová, Vzduch jako aktivní prostředí laseru 3 136
Jiří Chýla, Vzestup, pád a znovuzrození pentakvarků 4 206
Tomáš Burian, Ilya Kuznetsov, Libor Juha, Jorge J. Rocca, Carmen S. Menoni, Hmotová spektrometrická mikroskopie využívající ablaci XUV laserem 5–6 259

Ve zkratce

- Michal Lenc, Tomáš Tyc*, Mez rozlišení mikroskopu 1 15
Jiří Hořejší, Standardní model elektroslabých interakcí 2 71
Jana Musilová, Pavla Musilová, Variační počet, přirozený aparát fyziky 3 141
Vladimír Scholtz, Fyzika hudby 4 209
Jan Janík, Rychlý kurz fotometrie aneb jak září naše Slunce 5–6 264

Referáty

- François Englert*, Mechanismus BEH a jeho skalární boson. Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2013 1 18
Peter W. Higgs, Jak uniknout Goldstoneovu teorému. Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2013 1 25

- Michal Lenc*, Elektronové vlny a krystalové mřížky. Část druhá – experiment 2 77
Martin Zigler, Systémy pro skladování elektrické energie 2 81
Kateřina Grygoryeva, Viktoriya Poterya, Michal Fárník, Jak mapovat rychlosti molekul 3 147
Milan Řípa, Pinč, nebo tokamak? Zpočátku si je pletli... 3 154
Martin Tomáš, Pavel Novotný, Faktory určující životnost vodíkových palivových článků 4 213
Vladimír Štefl, Byl objev Neptunu náhodný? 4 218
Aleš Lacina, Brownův pohyb jako důkaz částicové struktury látek 4 227
Jan Novotný, Skrývá před námi foton ještě něco zásadního? 4 234
Vladimír Chlup, První roky světla 5–6 268
Jiří Langer, Světlo ve století světla 5–6 275
Ladislav Daniel, Světlo v malířství 5–6 279
Jiří Bajer, Historie zkoumání duhy 5–6 283

- Ivan Pelant, Jan Valenta*, Z historie luminiscence: Philipp Eduard Anton Lenard 5–6 287
Lukáš Richterek, Měření rychlosti světla 5–6 291
Petr Kulhánek, Světlo dávných časů 5–6 295
Michal Švanda, O původu světla ze Slunce 5–6 298
Miroslav Brož, Dynamické účinky záření v nebeské mechanice 5–6 302
Jaroslav Řeháček, Bohumil Stoklasa, Adaptivní optika v astronomii 5–6 305
Jan Valenta, Ivan Pelant, Elektroluminiscenční revoluce osvětlovací techniky 5–6 311
Martin Setvák, Noční pohledy na Zemi přístrojem Day/Night Band družice Suomi-NPP 5–6 315
Milada Moudrá, Světelné znečištění 5–6 320
Michal Cifra, Pavel Pospíšil, Ultraslabá emise fotonů z biologických systémů: fyzikální podstata a potenciální aplikace 5–6 326
Radan Slavík, Jiří Čtyrkoký, Optické komunikační prostředky 5–6 330
Tomáš Tyc, Světlo v multimódových optických vláknech 5–6 335
Miloslav Dušek, Kvantová kryptografie 5–6 338
Ivan Procházka, Josef Blažej, Detektory jednotlivých fotonů a jejich použití pro velmi přesná měření v kosmu 5–6 342
Lukáš Slodička, Laserové chlazení elementárních částic 5–6 347
Zdeněk Bouchal, Petr Bouchal, Optické víry aneb jak roztočit světlo 5–6 351
Pavel Zemánek, Petr Jákl, Oto Brzobohatý, Silové působení laserových svazků na nesférické objekty 5–6 355
Petr Malý, Ultrakrátké světelné pulzy 5–6 359

