

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS **PRO FYZIKU**

VĚDECKO-POPULÁRNÍ ČASOPIS ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH FYZIKŮ / recenzovaný dvouměsíčník



Nobelova cena
za fyziku 2015:
detekce a studium
neutrin

Proč nebyla
za objev spinu
udělena
Nobelova cena?

Neutrino
v úlohách
fyzikální
olympiády

Hranice
akademické
svobody



ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

1/2017

Založen roku 1872 jako
„Časopis pro pěstování matematiky a fysiky“
Vydává Fyzikální ústav Akademie věd
České republiky, v. v. i.
Vychází 6 čísel ročně,
uzávěrka tohoto čísla: únor 2017

Founded in 1872 as „Časopis pro pěstování
matematiky a fysiky“ „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 Trojánek

**Sekretariát redakce –
Editorial Office Administration:**
Ondra M. 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: cscasfyz@fzu.cz, http://ccf.fzu.cz

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Lúdia 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 © 2017
Institute of Physics of the ASCR, v. v. i.



Editorial



Vážení čtenáři,

před rokem nás Michal Malinský aktuálně informoval, že Nobelova cena za fyziku byla v roce 2015 udělena Takaakimu Kajitovi a Arthuru B. McDonaldu za experimentální potvrzení existence efektu neutrinových oscilací. V tomto čísle naleznete překlad nobelovských přednášek, v nichž laureáti popisují výsledky dosažené v neutrinovém výzkumu především na zařízeních Super-Kamiokande a SNO (Sudbury Neutrino Observatory), proslov Arthura B. McDonalda na banketu u příležitosti udělení Nobelovy ceny, stručné životopisy obou fyziků a rozhovory pořízené s nimi telefonicky krátce po oznámení o zisku ceny.

Rubrika „Historie fyziky“ obsahuje příspěvek, v němž Jiří Jindra představuje šest fyziků vícekrát nominovaných v letech 1951 až 1965 na Nobelovu cenu za fyziku, kteří však nakonec toto nejvyšší vědecké ocenění neobdrželi. Asi nejpřekvapivější je neudělení ceny G. E. Uhlenbeckovi (1900–1988) a S. A. Goudsmitovi (1902–1978) za objev elektronového spinu. Získali vysoký počet nominací a jejich objev byl skutečně přelomový. Asi nejlepší vysvětlení podal sám Samuel Goudsmit: „S Nobelovou cenou se na nás nedostalo. V té době prostě příliš mnoho fyziků učinilo ještě významnější objevy.“ To je jistě pravda – dvacátá a třicátá léta minulého století byla na klíčové fyzikální objevy nesmírně bohatá. Není ale jasné, proč nebyli Uhlenbeck a Goudsmit oceněni později, když navíc rostl průměrný věk laureátů Nobelovy ceny, neboť se časový interval mezi zveřejněním a oceněním objevu v průměru prodlužoval. Časem se také ukázal skutečný dosah objevu elektronového spinu – jak fundamentální, tak aplikační.

Jako dokument přetiskujeme text přednášky, kterou před osmdesáti lety přednesl v klubu Přítomnost významný právní teoretik a státovědec František Weyr, syn známého matematika Emila Weyra. Není velkým tajemstvím, že náš akademický život se často klopotně potýká s různými většími či menšími problémy. Část akademické obce a veřejných činitelů je přímo nebo nepřímo přičítá na vrub akademickým svobodám a především samosprávám. Weyrův text ukazuje, že úvahy volající po jejich státem institucionalizovaném omezení se objevovaly už za první republiky, a jistě i dříve. Za velmi cenný pokládám Weyrův poukaz na nutnost rozlišovat mezi svobodou bádání a požadavkem jakési „carte blanche“ pro hlásání čistě politických impresí. Nakonec se však přece jen kloním k názoru, že stát by neměl do akademické sféry v tomto směru ve větší míře zasahovat – viz str. 30.

V rubrice „Mládež a fyzika“ prezentují Filip Studnička, Lubomír Konrád, Jan Kříž a Bohumil Vybíral dvě úlohy o neutrinech, jež byly řešitelům zadány na dvou různých fyzikálních olympiádách. První úloha se objevila na 34. MFO konané v roce 2003 na Tchaj-wanu. Druhá pochází z celostátního kola 44. ročníku slovenské fyzikální olympiády, také z roku 2003. Představujeme i výsledek čtenářské soutěže. Číslo uzavírá obsah a autorský rejstřík sv. 66 (2016), tedy loňského ročníku časopisu.

Libor Juha
vedoucí redaktor

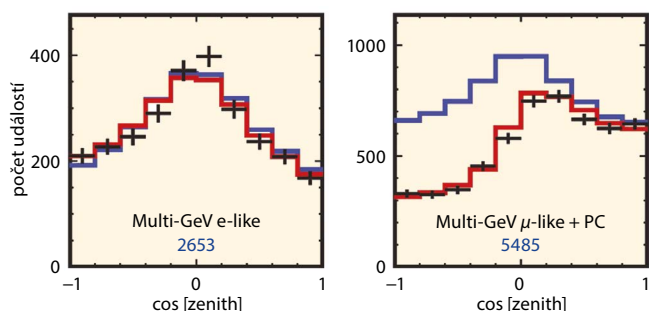
Obsah

REFERÁTY

Objev oscilací atmosférických neutrin 4

Přednáška u příležitosti udělení
Nobelovy ceny za fyziku za rok 2015

Takaaki Kajita

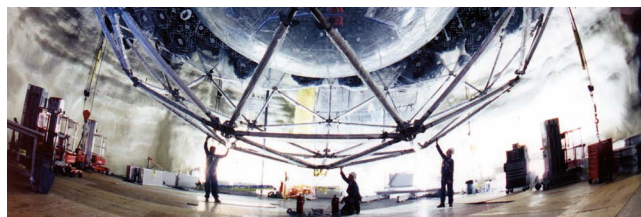


REFERÁTY

Neutrinová observatoř v Sudbury: Pozorování změny „vůně“ slunečních neutrin 11

Přednáška u příležitosti udělení
Nobelovy ceny za fyziku za rok 2015

Arthur B. McDonald



NOBELOVA CENA ZA FYZIKU PRO ROK 2015

Proslov Arthura B. McDonalda na banketu při udělení Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2015 19

Arthur B. McDonald



NOBELOVA CENA ZA FYZIKU PRO ROK 2015

Takaaki Kajita – životopis 20

Takaaki Kajita



Interview s Takaakim Kajitou: „To je neuvěřitelné!“ 21

Takaaki Kajita, Adam Smith

NOBELOVA CENA ZA FYZIKU PRO ROK 2015

Arthur B. McDonald – životopis 22

Arthur B. McDonald



NOBELOVA CENA ZA FYZIKU PRO ROK 2015

Interview s Arthurem B. McDonaldem: „Objal jsem svou ženu!“ 26

Arthur B. McDonald, Adam Smith



Obrázek na obálce: Záběr detektoru SNO z širokoúhlé kamery v pohledu vzhůru na spodní část koule s fotonásobiči. Více na str. 11–18.
Menší vložený obrázek: Zlatá medaile Nobelovy ceny s reliéfním obrazem Alfreda Nobela z profilu. Více na str. 4–26.

HISTORIE FYZIKY

Neúspěšní kandidáti na Nobelovu cenu za fyziku v letech 1951–1965 27

Jiří Jindra



HISTORIE FYZIKY – DOKUMENT

Vysokoškolská autonomie a svoboda badání 30

Večer klubu Přítomnost dne 16. prosince 1936

František Weyr



MLÁDEŽ A FYZIKA

Fyzikální olympiáda a neutrino 43

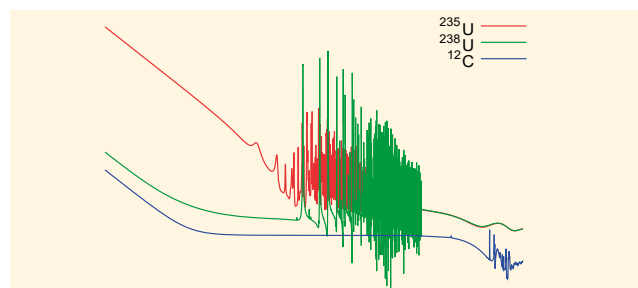
Filip Studnička, Ľubomír Konrád,
Jan Kříž, Bohumil Vybíral



ŘEŠENÍ SOUTĚŽE

Homogenní směs přírodního uranu s grafitem nemůže dosáhnout kritického stavu 46

Stanislav Daniš



JINÉ

Obsah a autorský rejstřík 50

Čs. čas. fyz. sv. 66 (2016)



Bonus pro předplatitele

Stávající i noví předplatitelé ročního předplatného ČČF na rok 2017, kteří uhradí předplatné do konce března 2017, budou zařazeni do slosování o 15 knih od nakladatelství MatfyzPress MFF UK.

Slosování proběhne v polovině dubna 2017. Následně budou jména výherců uvedena i na webu ČČF <http://ccf.fzu.cz>. Výherce bude redakce kontaktovat.

Objev oscilací atmosférických neutrin

Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2015

© 2015 Nobel Foundation

Takaaki Kajita

Institute of Cosmic Ray Research, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwa-no-Ha, Kashiwa City, Čiba, Japonsko



Takaaki Kajita
Foto: A. Mahmoud

Úvod

Neutrina patří mezi elementární částice jako elektrony a kvarky. Nemají elektrický náboj a vyskytují se ve třech typech („vůních“): elektronové neutrino (ν_e), mionové neutrino (ν_μ) a tauonové neutrino (ν_τ). Vznikají v různých místech, jako např. v zemské atmosféře a uvnitř Slunce. Interakce neutrin s hmotou jsou tak slabé, že neutrina snadno pronikají Zemí a dokonce i Sluncem. S hmotou nicméně interagují, avšak jen velmi zřídka. Poněvadž interakce nabitých proudů neutrin ν_e (ν_μ , ν_τ) produkuje elektron (mion, tauon), mohou fyzici určit vůni neutrin pomocí pozorování leptonu vznikajícího jeho interakcí.

Standardní model elementárních částic, který byl ustanoven na počátku sedmdesátých let 20. století, popisuje silné, slabé a elektromagnetické interakce. V rámci standardního modelu se předpokládá, že neutrina jsou nehmotná. Fyzici však chtěli vědět, zda neutrina skutečně žádnou hmotnost nemají. Jsou-li totiž neutrina hmotná, mohou přecházet z jednoho typu vůně do jiného. Tento jev se nazývá „oscilace neutrin“ a teoreticky jej předpověděli Maki, Nakagawa a Sakata [1] a také Pontecorvo [2]. Představte si například, že neutrina oscilují mezi ν_μ a ν_τ . Za předpokladu, že oscilují pouze tato dvě neutrina (tzv. „oscilace dvou vůní“), lze pravděpodobnost oscilace vyjádřit vztahem:

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu) = 1 - \sin^2(2\theta) \cdot \sin^2\left(\frac{1,27\Delta m^2 (eV^2)L(km)}{E_\nu(GeV)}\right), (1)$$

kde $P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu)$ je pravděpodobnost, že ν_μ zůstane ν_μ s energií E i po proběhnutí vzdálenosti L . Symbolem θ je označen směšovací úhel neutrina a Δm^2 je rozdíl druhých mocnin hmotností neutrin $|m_3^2 - m_2^2|$. Při zániku neutrina ν_μ se generuje neutrino ν_τ , takže pravděpodobnost, že vůně neutrina je buď ν_μ , nebo ν_τ , se rovná jedné. Jak je zřejmé z rovnice 1, oscilační délka neutrina se s klesající hmotností neutrin zvětšuje.

Ke konci sedmdesátých let minulého století byly navrženy nové teorie, které sjednocují silné, slabé a elektromagnetické interakce. Tyto teorie předpovídaly, že protony a neutrony, známé pod kolektivním názvem

nukleony, by se měly rozpadat s dobou života mezi 10^{28} a 10^{32} let. K otestování těchto předpovědí bylo počátkem osmdesátých let zahájeno několik experimentů s rozpadem protonu. Tyto experimenty pracovaly s referenční hmotností od 100 tun k několika tisícům tun, aby bylo možné detekovat rozpad protonů během předpovězené doby jejich života. Jedním z nich byl experiment Kamiokande (Kamioka Nucleon Decay Experiment).

Kamiokande byl čerenkovský experiment s výchozí hmotností 3000 tun vody. Byl umístěn v hloubce 1000 m pod zemí, v dole Mozumi v japonské Kamiocce. Šířili-li se částice relativistickými rychlostmi vodou detektoru, emitují Čerenkovovo záření. Tyto fotony jsou pak detekovány pomocí fotonásobičů instalovaných na vnitřním povrchu vodní dutiny Kamiokande. Poněvadž fotony jsou emitovány v přímém kuželi podél směru letu částice, vytvářejí na stěnách detektoru kruhové obrazce (Čerenkovovy prstence).

Anomálie atmosférických neutrin

Experiment Kamiokande byl spuštěn v červenci 1983. Jako doktorand jsem se experimentu od počátku účastnil. V březnu 1986 jsem obhájil doktorát (Ph.D.), založený na hledání rozpadů protonů do konečných stavů antineutrina a mezonu s použitím dat z detektoru. Žádná událost svědčící o protonovém rozpadu nebyla pozorována.

V té době jsem cítil, že software používaný k analýze nebyl dost dobrý na to, aby účinně odlišil signál rozpadu protonu od dominantního pozadí, interakcí atmosférických neutrin. Jakmile jsem odevzdal svoji disertaci, začal jsem pracovat na zdokonalení softwaru. Jednou z jeho součástí byla identifikace typu částic pozorovaných v událostech s mnohonásobnými Čerenkovovými prstenci. Pro každý kruh v těchto událostech jsme chtěli odhadnout, zda byl vytvořen elektronem nebo mionem. Protože se kruhy často překrývaly, bylo netriviálním úkolem identifikovat částici, která je vytvořila. V typickém případě bylo třeba ověřovat práci softwaru krok za krokem a postupovat od nejjednodušších případů k těm nejsložitějším.

Nobelova cena
za fyziku 2015



Neutrinová observatoř v Sudbury: Pozorování změny „vůně“ slunečních neutrin

Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2015

© 2015 Nobel Foundation

Arthur B. McDonald

Emeritní profesor na Department of Physics, Engineering Physics and Astronomy, Queen's University, Kingston, Ontario, Kanada

Sluneční neutrina

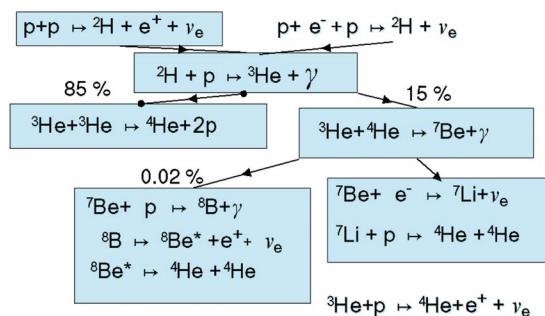
Procesy jaderné fúze, které dodávají Slunci energii, probíhají při tak vysokých teplotách, že jádra atomů se mohou navzájem spojovat, a při těchto procesech vzniká velké množství fundamentálních částic, které se nazývají neutrina. Jak jste slyšeli od mého přítele a vědeckého kolegy profesora Kajity, neutrina interagují pouze prostřednictvím slabých interakcí a gravitace, a proto mohou ze slunečního jádra proniknout celou Zemí s minimální nebo žádnou interakcí.

Právě tato sluneční neutrina jsou předmětem našich měření na Neutrinové observatoři v Sudbury (SNO – *Sudbury Neutrino Observatory*), umístěné dva kilometry pod povrchem v dole blízko města Sudbury v Kanadě. S použitím těžké vody jako hlavní součásti konstrukce SNO bylo možné jasně stanovit, že neutrina změnila svoji aktivní vůni dříve, než dorazí k našemu detektoru. Taková vlastnost vyžaduje, aby neutrina měla nenulovou hmotnost. Obě tyto fundamentální vlastnosti neutrin přesahují předpovědi standardního modelu elementárních částic. Rozšíření standardního modelu, která by zahrnovala tyto vlastnosti neutrin, nám mohou přinést kompletnější porozumění našemu vesmíru na té nejzákladnější úrovni.

Studium Slunce a procesů, které jsou zdrojem jeho energie, je již po mnoho let předmětem intenzivního zájmu a je zřejmé, že v naší práci „vidíme dále, protože stojíme na ramenech obrů“, jak pravil Isaac Newton. Laureáti Nobelovy ceny Hans Bethe (1967) a Willy Fowler (1983) byli průkopníky studia fyziky nukleárních reakcí v Slunci: Bethe za svoji práci o produkci energie ve hvězdách prostřednictvím nukleárních reakcí a Fowler za vypracování detailů proton-protonových (pp) a jiných reakcí, které jsou zodpovědné za tvorbu většiny prvků ve hvězdách a supernovách. Obecným závěrem jejich práce bylo, že „pp cyklus“, znázorněný na obrázku 1, je hlavním zdrojem sluneční energie.

Měl jsem štěstí, že jsem byl v šedesátých letech minulého století studentem ve *Fowler's Kellogg Laboratory* v Caltechu, intelektuálním centru pro porozumění fyzice Slunce a hvězd. Během té doby jsem se setkal se dvěma dalšími průkopníky ve studiu Slunce a neutrin – Rayem Davisem (laureát Nobelovy ceny, 2002), který provedl první měření slunečních neutrin, a Johnem Bahcallem, který se zasloužil o první úplné a přesné výpočty počtu neutrin emitovaných Sluncem. Jejich průkopnické práce vedly k tomu, co je nyní známo jako „problém slunečních neutrin“, neboť Dawis ukázal, že počet elektronových neutrin, které dosáhly naší Země, je asi třikrát menší, než by odpovídalo Bahcallovým výpočtům [1].

Pravděpodobnou příčinou této diskrepance mohlo být, že experiment nebo teoretický model není správný. V téže době, kdy Davis začínal se svými experimenty, v roce 1968, naznačili další průkopníci ve studiu Slunce a neutrin jinou možnost. Gribov a Pontecorvo [2] navrhli, že snad elektronová neutrina ze Slunce mohou měnit svoji vůni (*flavor*) na jinou (tehdy byla známa mionová neutrina) a uniknout tak detekci v Davisových experimentech, které byly citlivé pouze na



Obr. 1 Řetěz jaderných reakcí („pp cyklus“), které jsou z větší části odpovědné za produkci energie ve Slunci a při nichž je generován různý počet neutrin o různých energiích, jak ukazuje obrázek 11.



Arthur B. McDonald
Foto: A. Mahmoud

Nobelova cena
za fyziku 2015



Nobelova cena za fyziku pro rok 2015

Takaaki Kajita
Arthur B. McDonald

str. 4–26 Copyright © The Nobel Foundation 2015



Proslov Artura B. McDonalda na banketu u příležitosti udělení Nobelovy ceny

10. prosince 2015

Vaše Veličenstva, Vaše královské Výsosti,
Vaše Excellence, drazí laureáti, studenti, dámy
a pánové!

Nyní hovořím za prof. Kajitu a za naše dvě vědecké kolaborace, Super-Kamiokande a SNO, které zde dnes mají několik reprezentantů

Rád bych vyjádřil naše hluboké díky Vaším Veličenstvům, Nobelově nadaci a Švédské akademii věd za obrovskou poctu, kterou jste nám vyjádřili. Za tuto poctu a za báječnou pohostinnost, jaké jsme se během našeho pobytu ve Stockholmu všichni těšili, jsme velmi vděční.

Bylo již řečeno, že za každým úspěchem stojí úsilí, za úsilím nadšení a za nadšením lidé, kteří mají odvahu to zkusit. Profesor Kajita a já jsme měli to velké štěstí mít kolem sebe mnoho vysoce kvalifikovaných a odvážných spolupracovníků, jimž děkujeme za jejich příspěvky k našemu úspěchu. Je několik zakladatelů naší kolaborace, kteří již nejsou mezi námi a které bych chtěl zvláště připomenout. Jsou to: Yoji Totsuka za Super-Kamiokande a Herb Chen za SNO. Budeme navždy vděční za jejich příspěvek k úspěchu našich experimentů. Jsem také velmi rád, že další zástupce mluvčích našich zakladatelů za SNO George Ewan je dnes zde a může slavit s námi. Rádi bychom také vyjádřili naše díky našim manželkám a rodinám, jakož i rodinám našich spolupracovníků, které naši práci po mnoho let tak podporovaly. Oceňujeme ohromnou finanční podporu, kterou nám poskytli naši mezinárodní partneři a důlní společnosti v Japonsku a Kanadě, a také

Atomic Energy of Canada Limited zápujčkou těžké vody pro SNO.

Naše experimenty ukázaly vlastnosti neutrin, které byly do té doby neznámé, včetně změny vůně a konečné hmotnosti. Jsme velmi potěšeni tím, že jsme změnili pohled na neutrina v nejdůležitějších fyzikálních teoriích, a těšíme se na další experimenty, které mohou otevřít cestu k ještě úplnějšímu porozumění těmto teoriím a našemu vesmíru. Upřímně vám děkuji za tuto velkou poctu!

Copyright © Nobel Media AB 2015,
přeložil Ivan Gregora



Artur B. McDonald promlouvá na banketu. Foto: Dan Lepp

Nobelova cena
za fyziku 2015



Takaaki Kajita – životopis

Narodil jsem se 9. března 1959 v Higashi-Matsuyama, malém městě asi hodinu cesty vlakem na sever od Tokia. Náš dům byl na venkově, ze severu, západu i východu obklopen rýžovými poli. Vyrůstal jsem v takovém klidném prostředí.

Do střední školy jsem chodil v Kawagoe, dost typické školy v malém městě. Tato škola měla tradici, že dovolovala studentům dělat víceméně cokoli, co se jim líbilo. Hodně času jsem strávil cvičením kyudo (japonská lukostřelba). Nijak zvlášť jsem v tom nevyníkal, ale líbilo se mi to. V době, kdy jste středoškolským studentem, musíte se rozhodnout, co chcete studovat dál, budete-li přijat na univerzitu. Protože mě na střední škole zajímala fyzika, byla moje volba poměrně jasná: rozhodl jsem se naučit se fyzice na univerzitě Saitama, místní univerzitě nedaleko Tokia.

Během prvních čtyř let univerzitního studia na Saitamské univerzitě jsem pokračoval v učení kyudo, a to dokonce ještě důkladněji než na střední škole. Lituji, že jsem se během těchto let víc nevěnoval fyzice, protože tato vysokoškolská studia tvoří základ každodenního výzkumu. V každém případě jsem však zjistil, že fyzika je opravdu zajímavá. A tak jsem se rozhodl pokračovat ve studiu fyziky na doktorandské úrovni.

Zejména mě zajímala experimentální fyzika částic. Profesor Masatoshi Koshiha mě přijal jako doktoranda do své skupiny na Tokijské univerzitě. Můj „doktorandský“ život začal v dubnu 1981. Katsushi Arisaka byl také studentem ve skupině profesora Koshihy. Právě dokončil svoji magisterskou disertaci na téma výpočtů Monte Carlo v experimentu týkajícím se rozpadu nukleonů. Šlo o experiment rozpadu nukleonů v Kamiokande.



(Kamiokande). Tehdy, počátkem roku 1981, byl Katsushi Arisaka jediným studentem pracujícím na experimentu Kamiokande. Právě když jsem začal ve skupině pracovat, začala výroba nově vyvinutých fotonásobičů o průměru 50 centimetrů. Katsushi Arisaka mě přesvědčil, že Kamiokande bude velmi zajímavý experiment, a požádal mě, abych se připojil. A to jsem také provedl.

Tehdy byli dalšími hlavními členy v Kamiokande Teruhiro Suda z Ústavu pro studium kosmického záření (ICRR – *Institute for Cosmic Ray Research*) Tokijské univerzity, a také Atsuto Suzuki a Kasuie Takahashi z Výzkumného centra urychlovačů (KEK – *High Energy Accelerator Research Center*). Krátce po mém příchodu do Kamiokande se z DESY (*Deutsches Elektronen-Synchrotron*) vrátil Yoji Totsuka a začal nám pomáhat. Brzy se i on ke Kamiokande připojil. Kazumasa Miyano z univerzity v Nigatě a Tadashi Kifune z ICRR je k nám přidali během přípravné fáze experimentu. Pracoval s námi také magisterský student Masayuki Nakahata.

Přípravné práce na Kamiokande se mi líbily. Počátkem jara roku 1983 jsme v Kamiokande začali s konstrukčními pracemi na detektoru rozpadu protonů. Dokončení detektoru si vyžádalo téměř čtyři měsíce. Práce na stavbě detektoru se mi líbila; bylo zajímavé pozorovat, jak detektor pomalu, ale jistě vzniká. Jakmile byl naplněn vodou, sběr dat v experimentu Kamiokande začal počátkem července 1983.

Krátce po spuštění detektoru jsme se vrátili do Tokia, abychom v datech z Kamiokande pátrali po událostech rozpadu protonů. Analýza dat se mi také líbila. Na základě zkušeností z celého procesu přípravy, konstrukce a analýzy dat z experimentu Kamiokande jsem se rozhodl stát se profesionálním fyzikem.

Doktorát (Ph.D.) jsem získal v březnu 1986; moje disertace měla název „Pátrání po rozpadu nukleonu na antineutrino a mezony“ (*Search for nucleon decays into anti-neutrino plus mesons*). Žádný důkaz rozpadu protonu se nepozoroval. Jednou z cest k získání postdoktorandského místa v rámci tehdejšího japonského systému bylo být vybrán jako postdok Japonskou společností pro podporu vědy (JSPS, *Japan Society for the Promotion of Science*). Já jsem vybrán nebyl. Naštěstí mi profesor Koshiha nabídl místo vědeckého asistenta v Mezinárodním středisku pro fyziku elementárních částic (ICEPP – *International Center for Elementary Particle*

Physics) Tokijské univerzity na dobu jednoho roku. Do konce roku se mi však nepodařilo najít nové místo, a tak jsem díky laskavému porozumění pracovníků ICEPP mohl zůstat v tomto postavení dva roky. Jejich vstřícného rozhodnutí si opravdu vážím, protože právě v tomto dvouletém období jsem objevil deficit atmosférických mionových neutrin ν_μ a provedl počáteční studia tohoto efektu.

V dubnu 1988 jsem jako vědecký asistent přešel do ICRR, kde jsem měl pracovat na experimentu nahrazujícím Kamiokande, a to na mnohem větším Super-Kamiokande. Od té doby už jsem byl řádným členem ICRR. Mohl jsem pracovat na atmosférických neutrinech a na přípravě Super-Kamiokande, aniž bych měl starosti s hledáním zaměstnání. Výstavbu Super-Kamiokande schválila japonská vláda v roce 1991. Lidé z USA, většinou přicházející z experimentu IMB, se připojili k Super-Kamiokande v roce 1992. (IMB byl velký Čerenkovův detektor provozovaný v USA v osmdesátých letech a na počátku devadesátých let.) Od té doby bylo Super-Kamiokande mezinárodní laboratoří. Jeho výstavba byla zahájena v dubnu 1995. Do Kamioky jsem se přestěhoval v březnu 1995. Účastnil jsem se konstrukce detektoru a rok pracoval v podzemí. Výstavba byla dokončena ke konci března 1996.

Po letech plánování a stavby byl experiment Super-Kamiokande spuštěn přesně podle časového plánu, úderem půlnoci, kterou začínal 1. duben 1996. Od té doby jsem pracoval jako organizátor analýzy atmosférických neutrin. V počátečním stadiu analýzy dat v Super-Kamiokande, prováděly analýzu dvě nezávislé skupiny. Po ověření, že obě analýzy dávají zcela podobné výsledky, bylo rozhodnuto obě skupiny spojit do jedné. Od té doby jsem analýzu atmosférických neutrin vedl já spolu s Edem Kearnssem z Bostonské univerzity. Z této funkce jsem odstoupil v dubnu 2008, kdy jsem byl jmenován ředitelem ICRR.

Když jsem nastoupil do Kamiokande, byly podzemní experimenty jen velmi malým podoborem experimentů ve fyzice částic. V současnosti, po více než 30 letech, se tyto podzemní experimenty staly nejslibnějším, nejmocnějším, nejuniverzálnějším a nejúčinnějším prostředkem studia jak částicové fyziky, tak i samotného vesmíru. Podzemní výzkum stále povzbuzuje můj zájem. Těším se na to, co nám budoucí objevy přinesou.

Přeložil Ivan Gregora

„To je neuvěřitelné!“

Telefonické interview s Takaakim Kajitou krátce po oznámení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2015 dne 6. října 2015. Tazatelem je Adam Smith, vědecký vedoucí administrativy Nobel Media.

(Copyright © Nobel Media AB 2015)

[Takaaki Kajita] Haló!

[Adam Smith] Ach, haló. Jmenuji se Adam Smith a volám z Nobelprize.org, oficiální webové stránky Nobelových cen ve Stockholmu. Blahopřeji vám k udělení Nobelovy ceny.



Takaaki Kajita po přijetí Nobelovy ceny ve Stockholmské koncertní hale, 10. prosince 2015.
Copyright © Nobel Media AB 2015

Foto: Pi Frisk

[TK] Velice vám děkuji.

[AS] Jak jste se o té zprávě dověděl?

[TK] Ale, vlastně jsem si prohlížel e-mail, když najednou zazvonil telefon.

[AS] Ve vaší kanceláři? OK. A jaká byla vaše první reakce?

[TK] No, bylo to pro mne opravdu překvapení.

[AS] Dovedu si představit, že ještě neodeznělo.

[TK] Ano, ano, prostě něco neuvěřitelného.

[AS] Zdá se mi, že jste sám. Ještě u vás nikdo není?

[TK] Víte, jsem v malé místnosti, a tak tu nikdo není.

[AS] Jsem si jistý, že velmi brzy budete lidmi obklopen.



Takaaki Kajita se svou ženou, paní Michiko Kajita, a dcerou při návštěvě Nobelovy nadace 12. prosince 2015. Copyright © Nobel Media AB 2015.

Foto: Alexander Mahmoud

[TK] (smích) Děkuji vám.

[AS] Svoji výzkumnou kariéru jste věnoval studiu neutrin. A já bych se vás chtěl zeptat, co je pro vás na neutrinech tak fascinující.

[TK] Ano, skutečně jsem svoji vědeckou dráhu začal na tzv. experimentu Kamiokande. Šlo o experiment s protony, ale po dokončení disertace jsem chtěl své studium rozpadu protonů ještě doplnit a potřeboval jsem studovat atmosférická neutrina, protože ta právě souvisejí s protonovým rozpadem. Všiml jsem si, že se tam děje něco podivného. To je tedy počátek mého výzkumu neutrin.

[AS] A co znamená váš objev, že neutrina mají hmotnost?

[TK] No, myslím si, že hlavním důsledkem objevu je fyzika nad rámcem standardního modelu fyziky částic.

[AS] Ano, objev rozšiřuje standardní model. A snad i vysvětlí část chybějící hmoty ve vesmíru.

[TK] Dobře, ano, hmotnosti neutrin stanovené tímto experimentem pomohou k objasnění většiny hmot ve vesmíru.

[AS] Aha, ale snad vysvětlí alespoň trochu té hmoty.



Takaaki Kajita, ředitel Ústavu pro výzkum kosmického záření a profesor na Tokijské univerzitě v roce 2010.

[TK] Ano, ano.

[AS] Na vaší práci je hezké, že si můžete hrát s tak udivujícím experimentem, se všemi kolektory hluboko v podzemí. To musí být vzrušující, báječné.

[TK] Jistě, ano, jako experimentátor jsem byl vždy zaujat prací na experimentech Super-Kamiokande a Kamiokande.

[AS] Úžasné, úžasné zařízení. A co myslíte, že se vám teď stane? V příštích minutách a hodinách?

[TK] Nic mě nenapadá. (smích)

[AS] (smích) Sníl jste někdy o tomto okamžiku?

[TK] No, ovšem, opravdu to byl jen sen. Už je tomu několik let, ale nebylo to žádné vážné snění.



Takaaki Kajita a švédská princezna Sofie kráčeji do Modrého sálu stockholmské radnice na nobelovský banket 10. prosince 2015.

Copyright © Nobel Media AB 2015.

Foto: Dan Lepp

[AS] Bude vzrušující slyšet, jak vám to vyjde. Moc se těšíme, až vás v prosinci přivítáme ve Stockholmu, kam si přijedete pro svoji Nobelovu cenu.

[TK] Ano, moc vám děkuji.

[AS] Děkuji vám. A gratuluji!

[TK] Moc vám děkuji.

[AS] Myslím, že byste si měl ještě dnes užít trochu klidu. Umím si představit, že to pro vás bude na dlouhou dobu poslední klidná chvíle.

[TK] Hm, ano.

[AS] OK, děkuji vám za rozhovor.

[TK] Velice vám děkuji. Na shledanou.

[AS] Na shledanou.

Přeložil Ivan Gregora

Arthur B. McDonald – životopis

Narodil jsem se roku 1943 v Sydney, Nové Skotsko, Kanada, ve městě s třiceti tisíci obyvateli na ostrově Cape Breton. Rodiny mé matky a otce byly potomky skotských a francouzských kolonistů, kteří přišli do atlantické Kanady koncem osmnáctého a počátkem devatenáctého století. Můj otec byl poručíkem v kanadské armádě a odjel do Evropy, když mi byl asi rok, aby se účastnil bitev spojených s osvobozením Holandska. Byl vyznamenán válečným křížem, jedním nejvyšších vyznamenání za statečnost, byl zraněn a do Kanady se vrátil v roce 1946. On i moje matka byli tvrdě pracující lidé, kteří oceňovali hodnotu dobrého vzdělání a povzbuzovali mne po celá školní léta. Mnoho podpory jsem měl i od rozšířeného příbuzenstva a užíval jsem si svého dětství s vyrovnaným mixem studia, sportu, rodinných aktivit a práce. (Roznášel jsem noviny po 104 domácnostech a vzpomínám, že skoro všechny cesty k nim vedly do kopce, což zejména v zimě nebylo příjemné.) Můj otec byl v místní komunitě velmi aktivní: byl městským radním a spolu s mou matkou pracoval v celé řadě charitativních organizací. Mám jednu sestru, o deset let mladší. Máme však k sobě skvělý vztah, přestože jsem z domova odešel na univerzitu, když jí bylo pouhých sedm let.

Sydney bylo pro dospívání báječným místem: bezpečné, společenské a podporující. Vzpomínám na pozitivní atmosféru

ve školách, s mnoha vstřícnými učiteli. Mne i mnoho mých spolužáků ovlivnil zvláště Bob Chafe, náš učitel matematiky, který se neobvykle snažil angažovat nás do tohoto předmětu – včetně přidání dalších hodin, které šly nad rámec normálního učebního plánu. Řada mých spolužáků se pak dala na akademickou dráhu, v níž bylo i několik profesorů matematiky.

V naší komunitě bylo i velmi zdravé sociální prostředí. Byl jsem členem servisního klubu pro teenagery, který se jmenoval HI-Y a byl součástí místní organizace YMCA. To bylo v padesátých letech. Rock and roll byl králem a každý sobotní večer jsme po schůzi pro chlapecké a dívčí kluby pořádali taneční, abychom doplnili naši pokladnu pro servisní služby. Tam jsem také potkal svoji budoucí manželku Janet a s potěšením si uvědomuji, že v roce 2016 oslavíme padesáté výročí svatby. Máme čtyři děti a osm vnoučat, které nám dělají velkou radost. Díky naší pozitivní středoškolské zkušenosti s tanečními jsme po celý náš život nepřestali tanec milovat.

Když mi bylo 17 let, odešel jsem na univerzitu Dalhousie v Halifaxu, vzdáleném 400 km, abych studoval „vědu“, avšak s velmi nejasnou představou o tom, jaký vědní obor by se mi líbil. Opět jsem byl silně ovlivněn svými učiteli, zejména profesorem Erniem Guptilem, mým učitelem fyziky v prvním ročníku, který mi ukázal, jak lze použít matematiku k velmi detailní představě o tom, jak funguje svět. Také jsem zjistil, že jsem velmi dobrý v řešení fyzikálních problémů a že mne to baví. Dnes, kdy se mne mladí lidé ptají, jaký obor si mají pro svoji životní dráhu zvolit, navrhuji jim, aby to zkusili ve více oborech. Tak poznají ty, které je zajímají, a také ty, v nichž jsou dobří. Kombinace těchto dvou atributů jim umožní úspěšnou kariéru v oboru, kde jsou šťastni a v němž mohou pracovat den co den. Cítím, že pro mne byla touto cestou fyzika. Mojí první zkušeností ze „strojírenské fyziky“ byla letní práce pro profesora Ewarta Blancharda, kdy jsme pečlivě měřili zemskou přitažlivost („tíhu“) na silnicích Nového Skotska a kde jsme také zjistili anomálie, z níž se později vyklubal výnosný důl na sádrovec. Zůstal jsem v Dalhousie až do magisterských zkoušek a pracoval jsem s profesorem Innesem MacKenziem na zkoumání dob života pozitronů v kovech. Článek ukazující na vztah mezi dobou života pozitronů a defekty v materiálech zůstává stále jednou z mých nejci-



S rodiči a sestrou Faith.

tovanějších prací. K získání magisterského titulu (M.Sc.) mi stačil rok, a pak jsem již věděl, že opravdu chci být experimentálním fyzikem.

Když jsme přemýšleli o tom, kam jít na doktorandské studium, napadlo mne a Petera Nicholsona, že se obrátíme na vedoucího katedry v Dalhousie. Říkali jsme si, že kdyby chtěl sponzorovat naši cestu po potenciálních univerzitách na východním pobřeží Spojených států, dělali bychom si pečlivě poznámky a pak pro ostatní studenty uspořádali přednášku s návodem, kde se mají ucházet o přijetí. On souhlasil a my jsme prožili úžasný čas návštěvou několika vysokých škol z Ivy League¹ i jiných. Pak jsme se v některých z těchto škol přihlásili ke studiu a byli i přijati, ale současně jsme byli také přijati na CalTech (*California Institute of Technology*) a Stanford (operační výzkum pro Petera). A protože právě Kalifornie se nám zdála úžasným místem k získání zkušeností, nabídky jsme přijali.

CalTech byl báječným zážitkem. Ve sklepech Kellogovy laboratoře byl Van de Graaffův urychlovač a my jsme na něm měli k dispozici tolik měřicího času, kolik jsme jen chtěli. Vedoucí mé disertace prof. Charlie Barnes byl vynikajícím učitelem a velmi nás podporoval v měřeních, která jsme chtěli realizovat při studiu atomového jádra a fundamentálních symetrií a procesů, což by nám umožnilo naučit se něco víc o základních fyzikálních zákonech. Měl jsem tu čest pracovat se dvěma blízkými kolegy – Ericem Adelbergerem a Hay-Boonem Makem. Eric pokračoval ve velmi plodné



S otcem Brucem a matkou Valerieí McDonaldovými.

¹ Pozn. překladatele: Ivy League (Břečtanová liga) je název sportovního sdružení osmi elitních soukromých univerzit na severovýchodě USA. Dnes se používá obecně jako označení pro tuto skupinu nejprestižnějších amerických univerzit jako celek. (Podle Wikipedie)

Neúspěšní kandidáti na Nobelovu cenu za fyziku v letech 1951–1965

Jiří Jindra

Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, Vlašská 9, 118 40 Praha 1; jindra@usd.cas.cz

O neúspěšných kandidátech na Nobelovu cenu za fyziku (NCF) v letech 1901–1956 byl publikován článek v roce 2008 [1]. Zpřístupněním materiálů Nobelova archivu ve Stockholmu o NCF do roku 1965 lze tudíž referovat o kandidátech NCF z let 1951–1965, což je obsahem tohoto příspěvku.

V období let 1901–2015 bylo uděleno 109 NCF, a to 201 laureátům. J. Bardeen (1908–1991) je jediný laureát, který NCF obdržel dvakrát, což znamená že NCF získalo 200 jednotlivců. Přitom počet nominací byl mnohem vyšší. Bylo jich přesně 2 658. Z tohoto údaje vyplývá, jak obtížné bylo dostat se mezi úspěšné, tedy laureáty NCF. Do zapomnění se propadlo ohromné množství kandidátů – velmi kvalitních fyziků, z nichž některé chceme připomenout.

Pokud jde o české země, za Československo bylo nominováno 173 kandidátů 246 navrhovatelů. Nikdo z nich se nestal laureátem NCF. Podmínky pro nominace byly již sděleny před 10 lety [2].

V období 1950–1965 byli postupně členy Nobelova komitétu pro fyziku B. Edlén (1906), O. Klein (1894–1977), L. Hulthén (1909–1995), I. Waller (1898–1991), A. E. Lindh (1888–1960), M. Siegbahn (1886–1978), E. Rudberg (1902–1980), tajemníkem komitétu byl A. Ölander (1902–1984).

Nominační proces má svůj kalendář. V září předchozího roku jsou rozesílány v utajené formě výzvy vybraným nominátorům k podávání návrhů. 31. leden je závěrečný termín k dodání nominací. Nobelovy komitét, v našem případě pro fyziku, roztrídí došlé návrhy a vyberou předběžné kandidáty. Od března do května je čas na konzultace pověřených expertů (Skandinávců, hlavně Švédů) k návrhům. V červnu a červenci se píše zprávy pro komitét, které je odeslány na Akademii a které již obsahují návrhy na kandidáty. V říjnu jsou vyhlášeny výsledky, tedy noví laureáti, kteří Nobelovy ceny převezmou na ceremonii 10. prosince.

rok	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
počet nominací	50	45	51	53	58	72	67	50	62	82	54	79	80	89	111

Tab. 1 Počet nominací na Nobelovu cenu za fyziku v letech 1951–1965

kandidát	celkový počet nominací	počet nominací 1951–1965	počet ročníků	počet nominátorů do 1950	počet nominací později	na celou NC
G. P. S. Occhialini	20	13	15	7	16	13
B. Rossi	29	29	13	0	17	18
G. E. Uhlenbeck a S. A. Goudsmit	36	36	8	0	25	0
G. I. Taylor	17	17	9	0	9	17
B. M. Lyot	22	8	7	11	6	10

Tab. 2 Vybraní neúspěšní kandidáti navrhovaní na NC za fyziku v letech 1951–1965

V tabulce 1 jsou uvedeny počty nominací na NCF v letech 1951–1965. Vyplývá z ní, že Nobelův komitét zpracovával ročně v průměru 65 nominací. Jako nejméně úspěšní se ukázali (podle počtu získaných nominací) následující kandidáti: dvojice G. E. Uhlenbeck a S. A. Goudsmit a jednotlivci B. Rossi, G. P. S. Occhialini, B. M. Lyot a G. I. Taylor. Přehled o jejich postavení podává tabulka 2.

Kandidátská dvojice G. E. Uhlenbeck (1900–1988) a S. A. Goudsmit (1902–1978) vystupovala v návrzích vždy společně. Získala celkem 36 nominací. Oba vědci byli fyzici nizozemského původu, naturalizovaní v USA, kam oba přišli v roce 1925. Jejich klíčovým fyzikálním objevem byl vlastní rotační moment



Vysokoškolská autonomie a svoboda badání

Večer klubu Přítomnost dne 16. prosince 1936

František Weyr

[Nakladatelství Fr. Borovský, Praha 1937]

V souvislosti s novelou vysokoškolského zákona a různými rušnými událostmi na akademické půdě byla u nás opět diskutována otázka hranic akademických svobod a samospráv. Ne poprvé a jistě ne naposled. K tématu přinášíme pozoruhodnou přednášku právníka a teoretika státu a práva profesora Františka Weyra (25. dubna 1879 – 29. června 1951), syna významného matematika Emila Weyra. Zde přetištěná úvaha byla iniciována případem Weyrova kolegy a přítele, pražského rodáka a světově proslulého právního vědce Hanse Kelsena (11. listopadu 1881 – 19. dubna 1973). Ten byl, stejně jako četní jiní německy píšící a přednášející učenci židovského původu anebo názorů nekonvenujících právě nastoupivšímu nacionálně socialistickému režimu nucen opustit v roce 1933 říšskoněmeckou univerzitu, aby hledal uplatnění na německých vysokých školách v zatím svobodných zemích. Nakonec zakotvil v Praze, ale jeho jmenování profesorem mezinárodního práva na pražské německé univerzitě neproběhlo navzdory nezpochybnitelnému mezinárodnímu vědeckému renomé hladce [1, 2]. Volba byla jen těsná, následovaná administrativními obstrukcemi. Celé Kelsenovo pražské působení v letech 1936–38 pak poznamenaly pasivní i aktivní protesty nacistických studentů a s nacismem sympatizujících kolegů. Jednu dobu dokonce musela být jeho osobní bezpečnost zajišťována československými policisty v civilu. Jak československé úřady a akademické kruhy reagovaly na přístup části německých profesorů ke Kelsenově volbě, je předmětem zde přetištěné Weyrový přednášky.

Musím říci, že v otázce potřeby usměrňovat akademické svobody státními zásahy s Fr. Weyrem, jakoli chápu jeho tehdejší důvody, nesouhlasím. Akademické svobody a samosprávy pokládám za fenomén natolik významný, unikátní a pro volná univerzální badání a učení vlastně konstitutivní, že ani jeho občasné zneužívání některými členy akademické obce k hlásání, uplatňování a prosazování obskurních politických tezí a „odborářskému“ protekcionismu často zcela osobních, hmotných a mocenských zájmů nemůže systematické státní zásahy na tomto poli ospravedlnit. Každého pozorovatele minulého a současného aka-



demického a politického provozu také ihned napadne otázka: „Nechopili by se realizace státem podpořené reglementace akademických svobod a samospráv paradoxně právě ti, proti jejichž společensky destruktivním aktivitám by taková akce byla původně zamýšlena?“ Jsem pevně přesvědčen, že jen uplatňováním a rozšiřováním svobody slova a demokratických zásad, a to nejen na akademické půdě, je možno poslat různé aktuální pseudovědecké konstrukty, které se tváří vědecky, avšak představují čiré politikum, tam, kam patří – na smetiště kulturních dějin, někam mezi „vědecký ateismus“ a „rasovou hygienu“.

Libor Juha

[1] T. Machalová: „Předmluva“, in: H. Kelsen: *O státu, právu a demokracii. Výběr prací z let 1914–1938.* (Sestavil O. Horák.) Wolters Kluwer, Praha 2015, s. XIII.

[2] B. Černý: *Most k novému životu. Německá emigrace v ČSR v letech 1933–1939.* Lidová demokracie, Praha 1967, s. 166–7.

Fyzikální olympiáda a neutrino

Filip Studnička¹, Lubomír Konrád², Jan Kříž¹, Bohumil Vybíral¹

¹ Ústřední komise Fyzikální olympiády, Univerzita Hradec Králové, Rokitského 62, 500 03 Hradec Králové

² Gymnázium, Veľká okružná 22, 010 01 Žilina

Již v minulém čísle Československého časopisu pro fyziku jsme představili úlohu „Sluneční částice“ zkoumající ve své části B sluneční neutrino. V tomto příspěvku představíme další dvě teoretické úlohy fyzikální olympiády, které se problematiky neutronu dotýkají. Podle sylabu Mezinárodní fyzikální olympiády (MFO) mají soutěžící znát náboj a spin některých elementárních částic včetně neutronu. Kromě toho jim sylabus předepisuje znalost relativistických zákonů zachování energie a hybnosti pro silové interakce částic. Jak se přesvědčíte níže, i na tomto základě lze vytvořit poměrně náročné fyzikální úlohy. První úloha, kterou představíme, byla zadána na 34. MFO v roce 2003. MFO se tehdy konala na Tchaj-wanu a prezentovaná úloha je pouze jednou ze dvou nezávislých částí teoretické úlohy. Druhá úloha je z celostátního kola 44. ročníku slovenské fyzikální olympiády, které proběhlo rovněž v roce 2003.

TEORETICKÁ ÚLOHA ZADANÁ NA 34. MFO NA TCHAJ-WANU V ROCE 2003:

Hmotnost neutrino a rozpad neutronu

Volný neutron o hmotnosti m_n je v klidu a rozpadá se v laboratorní vztažné soustavě na tři vzájemně neinteragující částice: proton, elektron a antineutrino. Klidová hmotnost protonu je m_p , klidovou hmotnost antineutrino m_ν považujeme za nenulovou a výrazně menší než klidovou hmotnost elektronu m_e . Rychlost světla ve vakuu označíme c . Naměřené velikosti hmotností jsou tyto

$$m_n = 939,565\,63 \text{ MeV}/c^2,$$

$$m_p = 938,272\,31 \text{ MeV}/c^2,$$

$$m_e = 0,510\,990\,7 \text{ MeV}/c^2.$$

Všechny energie a rychlosti jsou vztažné k laboratorní soustavě. Necht E je celková energie elektronu po rozpadu.



Nalezněte maximální hodnotu $E_{\max}$ energie E a rychlost antineutrino v_m , pokud platí $E = E_{\max}$. Obě odpovědi vyjádřete pomocí klidových hmotností částic a rychlosti světla. Za předpokladu $m_\nu < 7,3 \text{ eV}/c^2$ vypočtete $E_{\max}$ a poměr v_m/c na tři platné cifry.

Řešení

Nechť $(c^2 E_e, c \mathbf{q}_e)$, $(c^2 E_p, c \mathbf{q}_p)$ a $(c^2 E_\nu, c \mathbf{q}_\nu)$ jsou čtyřvektory energie-hybnosti elektronu, protonu a antineutrino v klidové vztažné soustavě neutronu. Všimněte si, že veličiny $E_e, E_p, E_\nu, \mathbf{q}_e, \mathbf{q}_p, \mathbf{q}_\nu$ jsou všechny v jednotkách hmotnosti. Proton a antineutrino můžeme považovat za systém o celkové hmotnosti M_c , celkové energii $c^2 E_c$ a celkové hybnosti $c \mathbf{q}_c$. Tím získáváme

$$E_c = E_p + E_\nu, \quad \mathbf{q}_c = \mathbf{q}_p + \mathbf{q}_\nu, \quad M_c^2 = E_c^2 - \mathbf{q}_c^2. \quad (1)$$

Velikost vektoru $\mathbf{q}_c$ jsme označili jako q_c , stejné značení použijeme i na další vektory.

Energie a hybnost se při rozpadu neutronu zachovává, máme tedy

$$E_c + E_e = m_n, \quad (2)$$

$$\mathbf{q}_c = -\mathbf{q}_e. \quad (3)$$

Umocníme-li poslední rovnici na druhou, získáme následující rovnost

$$q_c^2 = q_e^2 = E_e^2 - m_e^2. \quad (4)$$

Z rovnice (4) a třetí rovnosti z (1) získáváme

$$E_c^2 - M_c^2 = E_e^2 - m_e^2. \quad (5)$$

Prohodíme-li druhý a třetí člen této rovnice, můžeme (5) vydělit rovnici (2)

$$E_c - E_e = \frac{1}{m_n} (M_c^2 - m_e^2). \quad (6)$$

Soustavu lineárních rovnic (2) a (6) nyní můžeme vyřešit:

$$E_c = \frac{1}{2m_n} (m_n^2 - m_e^2 + M_c^2), \quad (7)$$

$$E_e = \frac{1}{2m_n} (m_n^2 + m_e^2 - M_c^2). \quad (8)$$

S použitím rovnice (8) můžeme přepsat poslední rovnost v (4)

$$q_e = \frac{1}{2m_n} \sqrt{(m_n^2 + m_e^2 - M_c^2)^2 - (2m_n m_e)^2} = \quad (9)$$

$$\frac{1}{2m_n} \sqrt{(m_n + m_e + M_c)(m_n + m_e - M_c)(m_n - m_e + M_c)(m_n - m_e - M_c)}$$

Homogenní směs přírodního uranu s grafitem nemůže dosáhnout kritického stavu

Stanislav Daniš

Katedra fyziky kondenzovaných látek MFF UK v Praze, Ke Karlovu 5, 121 16 Praha 2

Odpověď na otázku, může-li homogenní směs uranu o přírodním izotopovém složení a grafitu dosáhnout při nějakém poměru zmíněných složek kritického stavu, zní ne. Musela by se vypustit podmínka homogenity, tj. palivo (uran) použít ve formě palivových tyčí, tak jak to udělal Enrico Fermi v případě první řízené jaderné reakce.

Pro potvrzení výše uvedeného tvrzení použijeme tzv. čtyřfaktorový vztah, který definuje podmínku kritického stavu reaktoru (štěpné reakce) jako součin čtyř parametrů (faktorů):

$$k = \epsilon \eta f p, \quad (1)$$

$k < 1$ podkritický stav

$k = 1$ kritický stav

$k > 1$ nadkritický stav.

Význam parametrů ve vztahu (1) je následující:

Parametr ϵ

Parametr ϵ je faktor štěpení rychlými neutrony a je dán poměrem

$$\epsilon = \frac{\text{rychlost produkce štěpných neutronů}}{\text{rychlost produkce neutronů v palivu}} \quad (2)$$

Pro uran s přírodním zastoupením izotopů je hodnota $\epsilon = 1,03$ [1].

Parametr η

Parametr η udává podíl štěpných neutronů na jeden neutron absorbovaný v palivu (závisí tedy na účinných průřezích záchytu (absorpce) σ_a a štěpení σ_f)

$$\eta = \frac{N(^{235}\text{U})\sigma_f(^{235}\text{U})}{N(^{235}\text{U})\sigma_a(^{235}\text{U}) + N(^{238}\text{U})\sigma_a(^{238}\text{U})} \nu, \quad (3)$$

Pozn. redakce: Přinášíme jediné do redakce podané řešení soutěžní úlohy s následujícím zadáním: Může homogenní směs uranu o přírodním izotopovém složení a grafitu dosáhnout při nějakém poměru zmíněných složek kritického stavu? Úspěšnému řešiteli blahopřejeme. Knihy výherci soutěže věnovalo nakladatelství Academia.

ν je střední počet neutronů uvolněných při štěpení, $N(^{238}\text{U})$ a $N(^{235}\text{U})$ značí atomové hustoty izotopů uranu. Hodnota η závisí na izotopovém složení paliva, Arnikar [1] v tabulce 6.2 na straně 195 uvádí pro přírodní uran hodnoty

$$\nu = 2,50,$$

$$\eta = 1,36.$$

Uvedenou hodnotu η můžeme snadno ověřit výpočtem. Hodnoty účinných průřezů lze najít v [1]

$$\sigma_f(^{235}\text{U}) = 582 \text{ b},$$

$$\sigma_a(^{235}\text{U}) = 694 \text{ b},$$

$$\sigma_f(^{238}\text{U}) = 2,71 \text{ b},$$

kde b značí jednotku barn (stodola, $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$). Atomové hustoty, tj. počet atomů v jednotce objemu, určíme ze vztahu

$$N_A = \frac{\rho}{A r_A u}, \quad (4)$$

kde ρ je hustota daného izotopu (g/cm^3), $A r_A$ je relativní atomová hmotnost izotopu A a $u = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$ je ato-



Smolinc (uraninit) z uranového dolu Zálesí u Javorníka.

Obsah a autorský rejstřík

Čs. čas. fyz. sv. 66 (2016)

číslo 1 (Nobelova cena za fyziku 2014, 2015) str. 1–66
 číslo 2 str. 67–140
 číslo 3 (100 let od úmrtí Ernsta Macha) str. 141–208

číslo 4 str. 209–276
 číslo 5 (60 let Katedry fyziky povrchů a plazmatu MFF UK) ... str. 277–342
 číslo 6 str. 343–408

Obsah

Aktuality

- Michal Malinský*, Nobelova cena za fyziku 2015 T. Kajitovi a A. B. McDonaldovi za experimentální potvrzení existence efektu neutrinových oscilací 1 4
- Miroslav Piršel*, Oprava poškozené DNA. Nobelova cena za chemii 2015 1 8
- Tomáš Ledvinka, Jiří Bičák*, Pozorování gravitačních vln ze srážky černých děr 2 70
- Antonio Lucianetti, Ondřej Slezák, Ondřej Novák, Tomáš Mocek*, Faradayovy izolátory pro detektory gravitačních vln LIGO a pro vysokovýkonné lasery 2 74
- Zdeněk P. Bažant, Milan Jirásek*, Zhroucení budov Světového obchodního centra (WTC) z hlediska stavební mechaniky 5 280

Alžbeta Orendáčová, Slavomír Gabáni, Martin Orendáč, Nobelova cena za fyziku v roce 2016 z oblasti fyziky kondenzované fáze: D. J. Thouless, F. D. M. Haldane a J. M. Kosterlitz ocenění za teoretické objevy topologických fázových přechodů a topologických fáz hmoty 6 346

Ve zkratce

- Jan Novotný*, Gravitační vlny: historie, současnost, perspektivy 3 144
- Vladimír Scholtz*, Fyzika hudebních nástrojů 4 212
- Petr Kulhánek*, Plazma 5 284
- Jana Veterníková*, Materiály pokročilých reaktorových systémů 6 349

Referáty

- Isamu Akasaki*, Fascinující cesty za modrým světlem. Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014 1 12
- Hiroshi Amano*, Pěstování GaN na safíru pomocí mezivrstvy deponované při nízkých teplotách a realizace GaN typu p s využitím dopování Mg s následným ozáření elektronovým svazkem o nízké energii. Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014 1 23
- Shuji Nakamura*, Historie cesty k objevu účinných modrých svítivých diod na bázi InGaN. Přednáška u příležitosti udělení Nobelovy ceny za fyziku za rok 2014 1 28
- Milan Řípa*, Supernova jménem Wirbelrohr 2 78
- Jozef Michalík*, Ako „hviezdy“ riadia osudy našej planéty Zeme. Geologický záznam orbitálnych

- a kozmických vplyvov na pozemské procesy 2 82
- Vladimír Štefl*, Newtonovo objasnění tajemného pohybu Měsíce 2 86
- Natália Tomašovičová*, Anizotropné magnetické kvapaliny 3 149
- Martin Bohata, Jan Hamhalter*, Symbióza kvantové teorie a funkcionální analýzy 3 153
- Michal Odstrčil*, Využití koherentních difrakčních metod v mikroskopii 4 219
- Michal Křížek*, Stáčení perihelia Merkuru z pohledu numerického matematika 4 225
- Vladimír Štefl*, Kdy byla poprvé určena vzdálenost Země–Slunce? 4 231
- Petr Kulhánek*, Ubíhající elektrony 6 353
- Milan Řípa, Oleg Alexandrovič Lavrentěv* a výzkum termojaderné fúze v Sovětském svazu 6 357
- Peter Zamarovský*, Nekonečno, fyzika a realita 6 367

Nobelova cena za fyziku

- Shuji Nakamura*, Proslov na banketu. Životopis. Interview 1 38
- Hiroshi Amano*, Životopis. Interview 1 45
- Isamu Akasaki*, Životopis. Interview 1 48

Historie fyziky

- Jan Hladký*, Praha–Dubna (1956–2016). 60 let Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně u Moskvě 2 91
- Juraj Šebesta*, Korešpondencia Leonharda Eulera s Christianom Goldbachom 2 108
- Pavel Pecháček, Petr Průša*, Čtvrté skupenství hmoty, thallium a síla mysli. Sir William Crookes v kontextu viktoriánské vědy a ohlas jeho díla v českých zemích 2 114
- William Crookes*, Ještě několik pokusů psychické síly 2 119

