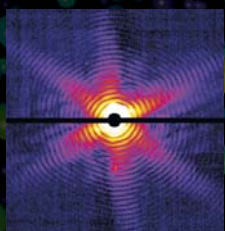


4/2012

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU



Higgsův boson
objeven?

Kruhové
urychlovače u nás

Rentgenová
difrakce (1912):
Max von Laue

Krystalografická
společnost

Difrakčně-
refrakční
rentgenová optika

Rentgenová
multivrstvá
zrcadla

Keplerův přínos
krystalografii



Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v. v. i., Praha
<http://cscasfyz.fzu.cz>

svazek 62

ČESKOSLOVENSKÝ ČASOPIS PRO FYZIKU

4/2012

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: srpen 2012
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 Fárnik, Jiří Limpouch,
Peter Lukáč, Jan Mlynář, Karel Rohlena,
Patrik Španěl, Jan Valenta, Vladimír Vetterl,
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:**
Marie Niklová, 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://cscasfyz.fzu.cz

Jazyková úprava:
Stanislava Burešová, Lúdia Murtinová

Technický redaktor a grafik:
© 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

Registrace: MK ČR E 3103,
ISSN 0009-0700 (Print),
ISSN 1804-8536 (Online).

Copyright © 2012
Institute of Physics of the ASCR, v. v. i.



Editorial



Vážení čtenáři,

horkou novinku přináší aktualita sepsaná pro náš časopis Jiřím Chýlou. LHC vysoce pravděpodobně naplnil své hlavní zadání a potvrdil existenci Higgsova bosonu s vlastnostmi předpokládanými v rámci standardního modelu.

Tomuto číslu dominuje blok příspěvků sebraných k připomenutí stého výročí epochálního objevu Maxe von Laueho, který odstartoval triumfální cestu rentgenové (ovšem také neutronové a elektronové) strukturní analýzy nejen fyzikou, ale i chemií, biologií a plejádou užitých a technických disciplín. S historií Lauem navrženého a Friedrichem a Knippingem provedeného experimentu nás v rubrice Historie fyziky seznámí Ivo Kraus. V téže rubrice nás Jan Fábry zavede až do 17. století, aby nastínil přínos Johanna Keplera krystalografii. Následuje příspěvek k historii difrakční analýzy v našich zemích. Představuje život a dílo profesorky Adély Kochanovské-Němejcové, zakladatelské osobnosti tohoto oboru u nás.

Ve zkratce se seznámíme s Krystalografickou společností (Czech and Slovak Crystallographic Association – CSCA). Blok referativních článků otevírá Jaromír Hrdý a Peter Oberta pojednáním o využití refrakce při difrakci. Pracovníci Fyzikálního ústavu SAV referují o rentgenové analýze rozhraní v multivrstvých zrcadlech, velmi rozšířených prvcích současné extrémní ultrafialové a rentgenové optiky. Václav Valvoda se zamýšlí nad souvislostí struktury krystalů s jejich vlastnostmi a nad fyzikálními a geometrickými principy difrakce rentgenového záření.

Experiment z roku 1912 otevřel cestu nejen ke zkoumání jemné struktury látek, ale umožnil efektivně studovat samotné rentgenové záření (především jeho vlnovou délku) a jeho zdroje. Abychom si udělali představu o stavu znalostí o vlnových délkách rentgenového záření před Laueho objevem, přetiskujeme jako dokument článek Bohumila Kučery o porozumění podstatě tohoto záření, který vyšel v Živě začátkem minulého století. Přetištěný dokument mimo jiné dokládá, jak dlouhou tradici u nás výzkum a rozličná vědecká a technická využití rentgenového záření mají. Od Kučery, a samozřejmě Strouhala, Nováka, Šulce, Puluje, Posejpala a dalších průkopníků přes Dolejška, Ježka, Šimůnka, Ulricha, Valoucha, Němejcovou, Línka a mnohé další, se dostaneme do nedávné historie a současnosti. Tu zobrazují například stránky výše zmíněné Krystalografické společnosti, viz <http://www.xray.cz/>. V budoucnu zde získá zkoumání látek rentgenovými paprsky novou, dynamickou dimenzi dostupností velmi intenzivních ultrakrátkých pulzů rentgenového záření sčasovaných s optickými laserovými svazky na zařízení ELI Beamlines, viz www.eli-beams.eu.

Vzhledem k tomu, že v experimentálních úlohách fyzikální olympiády nelze ze zřejmých důvodů studovat difrakci rentgenového záření, přinášíme úlohu využívající difrakce viditelného laserového záření ke stanovení jeho vlnové délky.

Igor Janovský a Čestmír Šimáně uzavírají přehled historie a současnosti urychlovačů nabitých částic v našich zemích druhou částí příspěvku. Ta je zaměřena na kruhové urychlovače.

Libor Juha
vedoucí redaktor

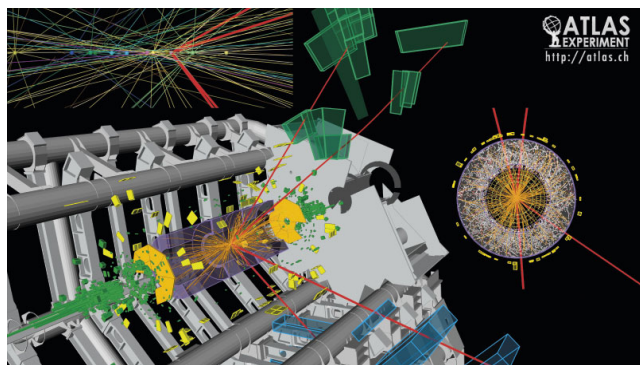
Obsah

AKTUALITY

Higgsův boson objeven?

218

Jiří Chýla



VE ZKRATCE

Krystalografická společnost Czech and Slovak Crystallographic Association (CSCA)

221

Radomír Kužel

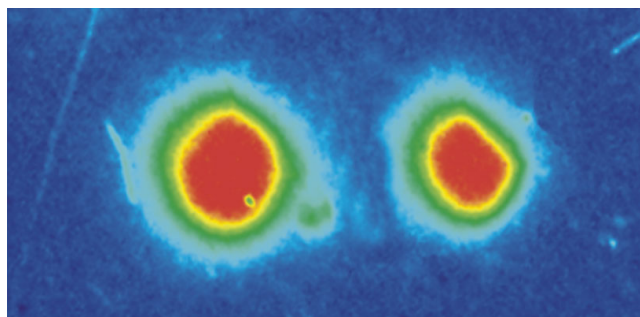


REFERÁTY

Využití refrakce při difrakci (difrakčně-refrakční optika)

225

Jaromír Hrdý, Peter Oberta

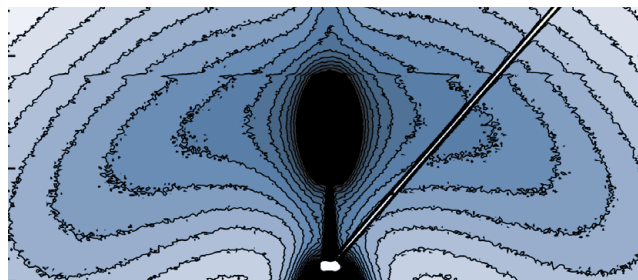


REFERÁTY

Röntgenová analýza rozhraní v multivrstvových zrcadlech

230

Matej Jergel, Peter Šiffalovič,
Eva Majková, Štefan Luby

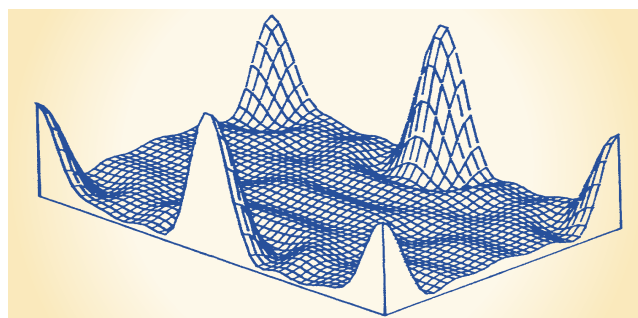


REFERÁTY

Za všechno mohou elektrony a reciproká mříž

236

Václav Valvoda



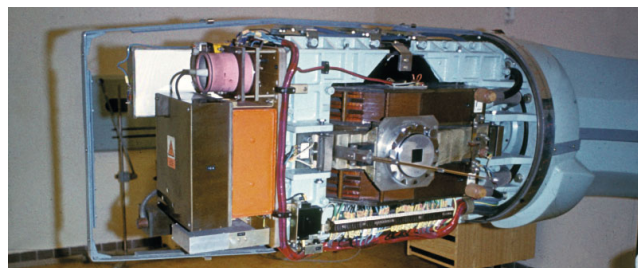
REFERÁTY

Historie a současný stav urychlovačů částic v českých zemích

239

II. Kruhové urychlovače

Igor Janovský, Čestmír Šimáně



HISTORIE FYZIKY

Max von Laue a jeho objev difrakce rentgenového záření na krystalech 248

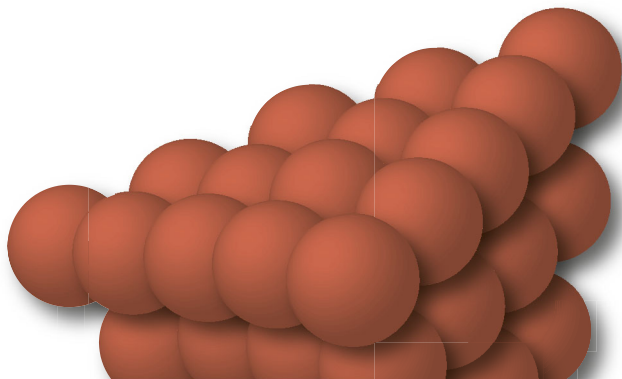
Ivo Kraus



HISTORIE FYZIKY

Keplerův Novoroční dar krystalografii 253

Jan Fábry



HISTORIE FYZIKY

Vzpomínka na zakladatelku československé rentgenografie Adélu Kochanovskou-Němejcovou 256

Ivo Kraus

O podstatě a rychlosti Roentgenových paprsků 259

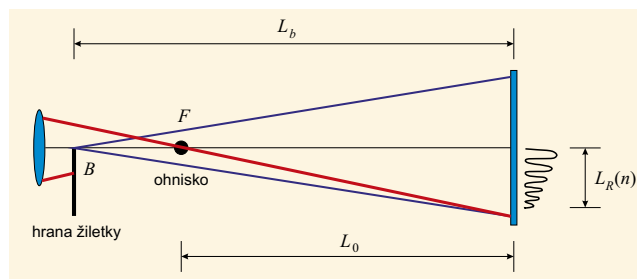
Bohumil Kučera (1874–1921)



MLÁDEŽ A FYZIKA

Určování vlnové délky laserového záření pomocí difrakce Experimentální úloha MFO 265

Jan Kříž, Bohumil Vybíral, Ivo Volf



MLÁDEŽ A FYZIKA

Matfyzácký FilmFest 15. a 16. června 2012 proběhl originální filmový festival „MFF UK FilmFest“ 270

Jan Valenta



Reportáž z MFF UK FilmFestu 2012 273

Natalie Neudachina

RECENZE KNIH

Paul Davies a Niels Henrik Gregersen, red.: Information and the Nature of Reality, From Physics to Metaphysics 238

Igor Jex

Alex Kamenev: Field Theory of Non-Equilibrium Systems 275

Pavel Lipavský

G. L. Squires: Introduction to the theory of Thermal Neutron Scattering 275

Jiří Kulda

Higgsův boson objeven?

Jiří Chýla

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

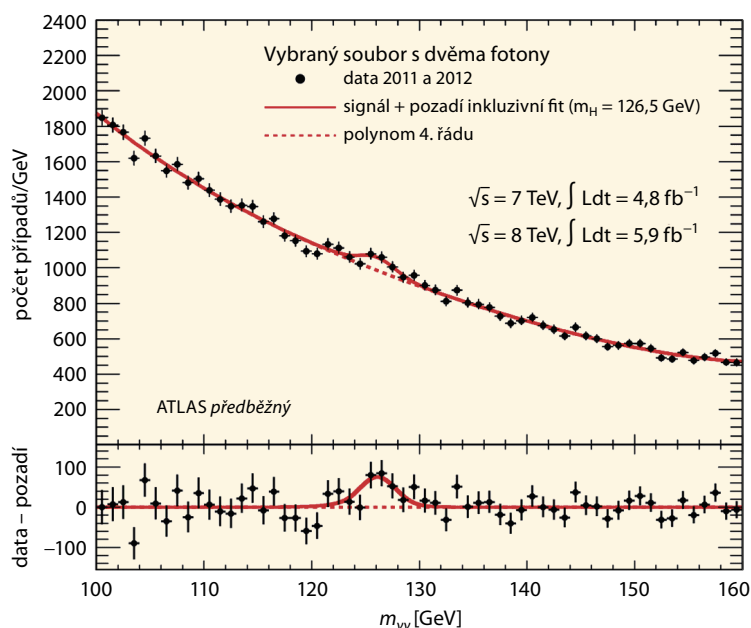
Ve středu 4. července 2012 proběhl v CERN napjatě očekávaný seminář, na němž dva experimenty na urychlovači LHC – ATLAS a CMS – oznámily objev částice, jejíž vlastnosti jsou konzistentní s vlastnostmi Higgsova bosonu. Jak událost charakterizoval generální ředitel CERN Rolf-Dieter Heuer, je to historický milník, ale teprve jeho začátek. Na experimentu ATLAS se podílí také početná skupina českých fyziků z Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR, Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy a Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské a Ústavu technické a experimentální fyziky Českého vysokého učení technického. Tyto instituce stály u zrodu kolaborace ATLAS a na vývoji, konstrukci a provozu detektoru ATLAS pracují již od roku 1995.

Svědectví pro existenci částice s hmotností okolo 126 GeV (ATLAS 126,6 GeV, CMS 125,3 GeV), tj. 133krát větší, než je hmotnost protonu, je přesvědčivé a opírá se o kombinaci dat z roku 2011 a 2012. Náznaky existence bosonu s touto hmotností, které byly patrné již v datech z roku 2011, byly plně potvrzeny v datech nabitých od počátku dubna do poloviny června roku 2012. Oba experimenty přitom pozorují zhruba stejný přebytek případů, kdy se ve srážkách dvou protonů produkují dva fotony (a v menší míře i dva páry opačně

nabitých leptonů) ve srovnání s tím, co bychom očekávali, kdyby Higgsův boson neexistoval. Skutečnost, že dva nezávislé experimenty (a každý ve dvou nezávislých analýzách, tj. de facto čtyři nezávislé analýzy) vidí stejný efekt, je silným argumentem, že nejde o statistickou fluktuaci, ale o reálný jev. Pokud se potvrdí, že jde skutečně o Higgsův boson, bude to triumf dnešního tzv. standardního modelu (SM). Podrobněji je SM popsán v článku [1]. Pokud by se ukázalo, že pozorovaná částice nemá přesně ty vlastnosti, které má mít Higgsův boson ve SM, byl by její objev ještě závažnější, neboť by mohlo jít o Higgsův boson v některé variantě rozšířeného SM, například té, která postuluje existenci supersymetrických partnerů částic SM. Anebo by mohlo jít o projev „nové fyziky“, kterou si zatím nedovedeme ani představit.

Higgsův boson ve standardním modelu

Hovoříme-li o Higgsově bosonu, je tím obvykle myšlen Higgsův boson ve standardním modelu. Ten shrnuje naše současné znalosti o základních stavebních kamenech hmoty a silách mezi nimi působících. Těmi kameny jsou fundamentální fermiony se spinem $\frac{1}{2}$, které existují ve třech generacích a dělí se na kvarky a leptony. Mezi nimi působí tři síly (gravitace není v SM zahrnuta): elektromagnetická, slabá a silná. Všechny tři jsou popsány v rámci tzv. kalibračních teorií, jež se vyznačují tím, že síly mezi fundamentálními fermiony jsou zprostředkovány „výměnou“ částic se spinem 1, tzv. intermediálních vektorových bosonů, česky nosičů sil. Důvod, proč ve SM vystupuje i Higgsův boson, souvisí se skutečností, že na rozdíl od nosičů elektromagnetických sil (fotonů) a silných sil (gluonů), které jsou nehmotné, mají nosiče slabých sil (bosony W^+ , W^- a Z) konečnou a velkou hmotnost (80, resp. 91 GeV). V důsledku toho mají slabé síly velmi krátký dosah, zhruba tisícinu poloměru protonu. Pokud by byly i bosony W^+ , W^- a Z nehmotné, žádný Higgsův boson bychom nepotřebovali a SM by byl plně matematicky i fyzikálně konzistentní. Problém vzniká, pokud chceme do takového zjednodušeného SM zavést nenulové hmotnosti bosonů W^+ , W^- a Z . Přidáme-li „rukou“ pouze běžný hmotový člen, zjistíme, že teorie bude dávat pro některé procesy matematicky i fyzikálně nesmyslné předpovědi. Primární role Higgsova bosonu je v tom, že v důsledku jeho interakce s bosony W^+ , W^- a Z tyto nesmyslné předpovědi zmizí a SM je konzistentní i pro hmotné bosony W^+ , W^- a Z . Obvyklé tvrzení, že Higgsův boson, resp. Higgsovo pole je zodpovědné za hmotnosti kvarků, leptonů a bosonů W^+ , W^- a Z , je nesprávné a matoucí. Podrobněji je role Higgsova bosonu ve SM rozebrána v textu [2].



Obr. 1 Rozdělení invariantní hmotnosti $m_{\gamma\gamma}$ párů fotonů v experimentu ATLAS. Data pocházejí z let 2011 a 2012. Plná červená čára popisuje celkové rozdělení, červená přerušovaná čára rozdělení invariantní hmotnosti fotonů, které nevznikají rozpadem Higgsova bosonu a které představují tzv. pozadí, jemuž dobře rozumíme. V dolní části obrázku je rozdíl mezi plnou a přerušovanou červenou čarou, na němž je patrný pík při invariantní hmotnosti 126 GeV.

Krystalografická společnost

Czech and Slovak Crystallographic Association (CSCA)

Radomír Kužel

Historie

Experimenty s rentgenovým zářením na území bývalého Československa začaly bezprostředně po objevu parsků X Wilhelmem Conradem Röntgenem v roce 1895. První aplikace se objevily zejména v oblasti lékařství a testování materiálů a směřovaly k praktickým aplikacím. Před druhou světovou válkou bylo rozvíjeno především zkoumání kvality materiálů ve škodových závodech, ve výzkumných ústavech čs. zbrojovek. Rtg. strukturní analýza byla přednášena na některých vysokých školách (Skulari, Dolejšek, Kochanovská).

Význam strukturní analýzy vzrostl po druhé světové válce. Hned v roce 1945 byla v Praze uspořádána mezinárodní konference zabývající se studiem materiálů rtg. zářením. V roce 1948 byla založena též světová organizace – Mezinárodní krystalografická unie IUCr (*International Union of Crystallography*) – spadající pod ICSU. Československo bylo na prvním kongresu v Bostonu IUCr v roce 1948 jednou z pěti zakládajících zemí společně s USA, Velkou Británií, Norskem a Kanadou. Členství „Československého národního komitétu“ bylo původně garantováno Přírodovědeckou fakultou Karlovy univerzity, později tuto roli převzala Československá akademie věd (ČSAV).

První specializované setkání krystalografů bylo zorganizováno profesorkou Adélou Kochanovskou v roce 1954 na půdě ČSAV pod názvem „Rozhovory o aktuálních otázkách studia jemné struktury materiálů ionizačním zářením“. Tato obvykle jednodenní setkání se od té doby konají pravidelně několikrát ročně až do současnosti. V současné době pod názvem „Rozhovory o aktuálních otázkách rentgenové a neutronové strukturní analýzy“, zjednodušeně „Rozhovory“. Tyto Rozhovory hrály důležitou roli pro zavedení výroby kompletního vybavení pro rtg. strukturní analýzu firmou Chirana v padesátých letech minulého století. V současné době se pořadové číslo Rozhovorů blíží ke třem stům.

V letech 1972–1974 byly poprvé zorganizovány vícedenní pokročilé kurzy strukturní analýzy z iniciativy Allana Líneka a Slavomila Ďuroviče. V roce 1975 byla skupinou Dr. Humla z ÚMCH AV ČR pod záštitou IUCr uspořádána desetidenní „International School of Crystallographic Computing“, čítající více než 200 účastníků.

Od roku 1980 začaly být každoročně pořádány vícedenní výroční konference (setkání pro krystalografy a odborníky z oblasti rentgenové a neutronové analýzy v České a Slovenské republice). Tyto vícedenní konference byly realizovány již 30krát a slouží kromě prezentace výsledků i k různým kurzům, diskusím odborných problémů i obecného směřování krystalografie u nás.

Vznik

Krystalografické společnosti

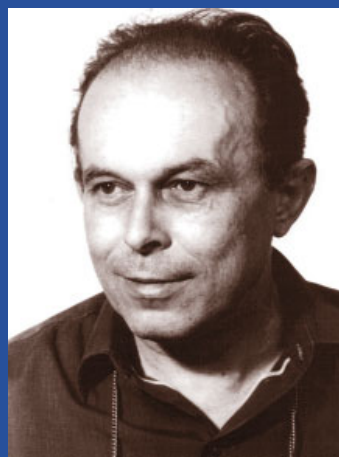
Iniciativa k pořádání společných akcí v letech 1953–1959 vycházela z Ústavu technické fyziky ČSAV. Později, v období 1959–1991, byly tyto aktivity zastřešeny Československou vědeckotechnickou společností (VTS).

V posledních dvaceti letech akce organizuje Krystalografická společnost. Přípravy k založení Krystalografické společnosti jako samostatné právnické osoby probíhaly již od roku 1986, ale k jejímu formálnímu schválení na Ministerstvu vnitra došlo až 6. 2. 1991.

Historicky byly aktivity krystalografické komunity organizovány dominantně dvěma lidmi – předsedou a tajemníkem (1954–1966 A. Kochanovská, F. Kohl, 1966–1975 A. Kochanovská, K. Melka, 1975–1978 A. Líněk, M. Nehasil, 1978–1984 A. Líněk, J. Hašek, 1984–1989 J. Hašek, V. Valvoda, 1989–1992 J. Hašek, R. Černý – vznik Krystalografické společnosti, a od roku 1992 J. Hašek a R. Kužel).

Počet členů Krystalografické společnosti (350–400 registrovaných) se v historii příliš neměnil, ale počet pracovišť v posledních letech poklesl ze 74 na cca 50.

Profesorka Adéla Kochanovská-Němčicová (1907–1985).
Zakladatelka československé rentgenografie. Více viz str. 256.



Dr. Allan Líněk (1925–1984).
V roce 1952 sestrojil v Československu první samočinný počítač „ELIŠKA“ pro řešení krystalových struktur.

Využití refrakce při difrakci (difrakčně-refrakční optika)

Jaromír Hrdý¹, Peter Oberta^{1,2}

¹ Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

² Rigaku Innovative Technologies Europe, s. r. o., Novodvorská 994, 142 21 Praha 4

V referátu je popsáno využití refrakce, která provází difrakci rtg. záření na dokonalých monokrystalech. Jedná se o malé úhlové odchylky difraktovaného svazku rentgenového záření v případě, že povrch monokrystalu je odkloněn od difraktujících krystalografických rovin. Tohoto jevu lze využít k fokusaci nebo kolimaci synchrotronového záření, k rozštěpení úzkých svazků záření nebo k prostorovému oddělení harmonických. Takto může vzniknout rentgenový monochromátor mající další optické funkce.

Úvod

Až do roku 1996 bylo učebnicovým faktem, že v rentgenovém oboru nemohou fungovat refrakční čočky, neboť index lomu se jen nepatrně liší od jedničky (odchylka je řádu 10^{-5}). Navíc poměrně silná absorpce rtg. záření by způsobila silné ztráty intenzity v čočce. V měřítku klasické rentgenové laboratoře toto v podstatě platí dodnes. S rozvojem synchrotronového záření se však situace změnila. Svazky synchrotronového záření jsou často tenké svazky o průřezu několika mm^2 , dlouhé desítky metrů. K fokusaci takovýchto svazků již tak malá odchylka indexu lomu od jedničky snadno stačí. Pokud jde o absorpci, lze volit materiál čočky a její geometrii tak, aby ztráty intenzity v čočce byly minimální. Poprvé byla fokusace rtg. záření pomocí refrakčních čoček popsána Snigirevem, Kohnem, Snigirevovou a Lengelerem v r. 1996 [1] a tato práce se stala průkopnickou v současné rentgenové optice. Od té doby byla vyvinuta řada typů rtg. refrakčních čoček, které se k fokusaci synchrotronového záření používají a některé se i komerčně vyrábějí.

K refrakci rtg. záření však dochází i při difrakci na dokonalých monokrystalech. V naší skupině jsme v minulých letech tento jev intenzivně studovali a uká-

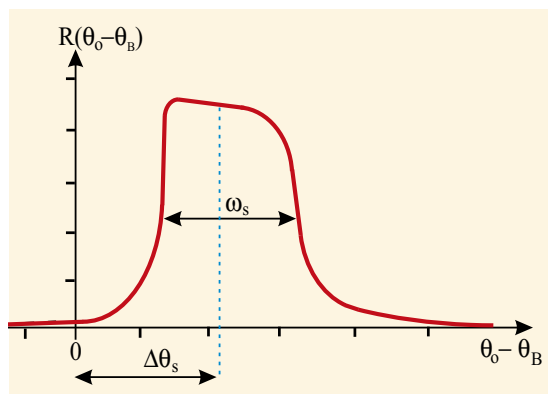
zali jsme, že ho lze využít, podobně jako u refrakčních čoček, k fokusaci rtg. záření a některým dalším aplikacím. Vzniká tak krystalový monochromátor, který kromě vlastní monochromatizace i fokusuje nebo kolimuje rtg. záření, případně štěpí svazek na dva nebo prostorově separuje harmonické. Jeden optický element tak má více funkcí. Tyto funkce jsme postupně demonstrovali na amerických synchrotronech BNL a APS a evropských synchrotronech ESRF a SLS. Vzhledem k tomu, že jde o současnou kombinaci dvou jevů v jednom optickém prvku, difrakce a refrakce, byla tato optika nazvána difrakčně-refrakční optikou (A. Freund, ESRF).

Technicky je difrakčně-refrakční optika (DR optika) založena na dokonalých monokrystalech, v našem případě monokrystalech křemíku, jejichž povrch je opracován někdy i do složitých tvarů. Zde měla a má zcela nezastupitelné postavení firma ABB, s. r. o., dříve Polovodiče, a. s., (Mgr. D. Mrázek a Mgr. B. Lukáš), kde se Si monokrystaly vyráběly.

Refrakce při difrakci

Symetrická difrakce

Už z kinematické teorie difrakce je známo, že Braggův zákon je třeba korigovat na refrakci. Přesný obraz difrakce na dokonalých monokrystalech však dává dynamická teorie difrakce [2]. Uvažujme nejprve monokrystal, jehož difrakční povrch je říznut paralelně s difraktujícími krystalografickými rovinami. Pro jednoduchost ho budeme nazývat symetrickým krystalem a difrakce na takovémto krystalu se nazývá symetrická difrakce. Difrakce pro monochromatický paralelní svazek záření je popsána Darwinovou-Prinsovou (DP) funkcí, která udává hodnotu reflexního koeficientu v závislosti na odchylce od Braggova úhlu θ_B (obr. 1). Odchylka středu DP funkce od Braggova úhlu θ_B reprezentuje korekci Braggova zákona na refrakci a je řádově v úhlových vteřinách. Dopadá-li na monokrystal paralelní, avšak polychromatický svazek záření pod úhlem θ_0 vzhledem k difraktujícím krystalografickým rovinám, pak difraktovaný svazek je rovněž paralelní, úhel



Obr. 1 Schematické znázornění závislosti reflexního koeficientu na odchylce od Braggova úhlu.

100 let
objevu rentgenové
difrakce na krystalech



Röntgenová analýza rozhraní v multivrstvových zrkadlách

Matej Jergel, Peter Šiffalovič, Eva Majková, Štefan Luby

Fyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied, Dúbravská cesta 9, 845 11 Bratislava

Článok popisuje aplikáciu metód röntgenovej spekulárnej reflektivity a malouhlového röntgenového rozptylu pri šikmom dopade (GISAXS) na komplexnú charakterizáciu náhodne drsných rozhraní v multivrstvových zrkadlách. Na príklade interferenčného multivrstvového zrkadla W/B_4C s veľmi malou periódou sú ukázané možnosti analýzy tepelnej stability a korelačných a škálovacích vlastností rozhraní v rámci mikroskopického modelu rastu vrstiev. Získané informácie sú určujúce pre praktické aplikácie zrkadla a prinášajú tiež nové poznatky z fyziky rozhraní.

Multivrstvové zrkadlá

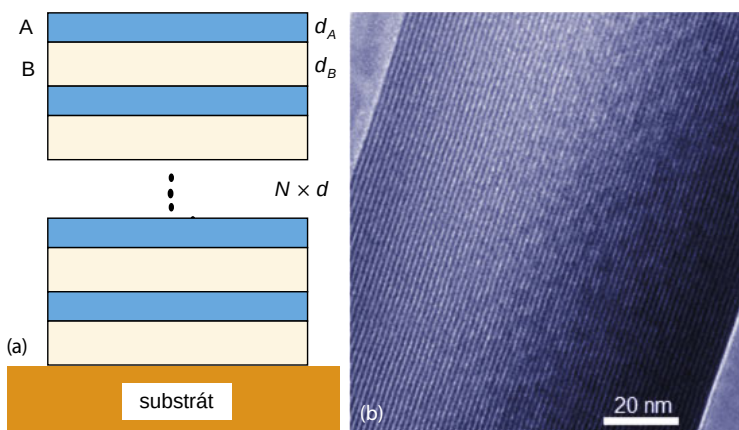
Multivrstvové zrkadlá sú tenkovrstvové štruktúry pripravené striedavou depozíciou dvoch alebo viac prvkov (príp. zlúčenín) na vhodný substrát. Zrkadlá s pravidelne sa striedajúcimi vrstvami predstavujú v smere kolmom na substrát jednorozmerne periodickú štruktúru, kde opakujúcim sa motívom je základná dvojvrstva alebo viacvrstva (obr. 1). Elektromagnetická vlna odrazená na rozhraniach podlieha konštruktívnej interferencii pri uhloch dopadu daných Braggovou podmienkou. Na rozdiel od kryštálov je perióda multivrstvového zrkadla (hrúbka základnej dvojvrstvy alebo viacvrstvy) nastaviteľná parametrami depozície. Pri hrúbkach vrstiev niekoľko nanometrov je takáto štruktúra schopná spracovať svetlo v mäkkej röntgenovej (0,4–12 nm) a extrémnej ultrafialovej (EUV) (12,5–80 nm) oblasti, kde sa kryštály s podstatne menšou mriežkovou konštantou nedajú použiť. Dobrá odrazivosť rozhraní sa zabezpečuje kombináciou materiálov s veľkým rozdielom indexu lomu ako kov/metaloid. Počet periód je limitovaný javmi ako absorpcia a extinkcia a môže dosahovať až niekoľko sto periód, čo kladie extrémne požiadavky

na stabilitu depozície. Používa sa depozícia elektrónovým zväzkom v ultravysokom vákuu alebo rôzne spôsoby naprašovania, kde sa najviac osvedčila metóda naprašovania iónovým zväzkom.

Kvalita multivrstvového zrkadla je daná kvalitou a stabilitou rozhraní pri prevádzkových podmienkach. Vysokú odrazivosť zabezpečujú len geometricky hladké a kompozične ostré rozhrania s ostrým gradientom chemického zloženia (obr. 2). Geometrická drsnosť rozhraní spôsobuje nespekulárny difúzny rozptyl na úkor odrazivosti a zníženie optického kontrastu pri zobrazovaní. Kompozičná neostrosť rozhraní je daná javmi ako interdifúzia a miešanie zložiek, kde hnacou silou je gradient chemického potenciálu. Výhodné je kombinovať nemiešateľné materiály so záporným zmiešavacím teplom, čo je ďalším kritériom pre výber materiálov. Tepelná stabilita zrkadla je limitovaná teplotou, pri ktorej začína degradácia rozhraní. To môže nastať napríklad vplyvom intenzívneho synchrotrónového zväzku alebo pri diagnostike intenzívneho plazmového zdroja.

Osobitnou výzvou pre technológiu multivrstvových zrkadiel a diagnostiku ich rozhraní sú zrkadlá s extrémne malou periódou (okolo 1 nm a menej), ktorá sa blíži šírke samotných rozhraní. Takéto zrkadlá boli pripravené nedávno vďaka pokroku v depozičných technikách s cieľom maximalizovať uhol dopadu voči rozhraniu na 1. Braggovom maxime multivrstvy, a tým minimalizovať optické aberácie. Tieto zrkadlá sú využiteľné aj v oblasti tvrdého röntgenového žiarenia, s ktorým sa bežne pracuje v röntgenových laboratóriách pre štruktúrnú analýzu. Príkladom aplikácií sú prvky multivrstvovej röntgenovej optiky komerčných difraktometrov alebo nové mikrofokálne zdroje so vstavanou multivrstvovou optikou. Pre bližšie oboznámenie sa s problematikou súčasnej multivrstvovej optiky možno čitateľa odkázať napr. na monografiu [1].

Analýza kvality rozhraní a ich tepelnej stability je dôležitá jednak ako spätná väzba pre ciele vývoj technológie vysokovýkonných multivrstvových zrkadiel, ale prináša tiež nové poznatky z fyziky rozhraní. To platí



Obr. 1 (a) Schéma multivrstvového zrkadla; (b) obrázok z transmisného elektrónového mikroskopu v priečnom reze multivrstvového zrkadla W/B_4C s periódou $D = 1,37$ nm.

Za všechno mohou elektrony a reciproká mříž

Václav Valvoda

Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze, Ke Karlovu 5, 121 16 Praha 2; valvoda@karlov.mff.cuni.cz

Krátké zamyšlení nad souvislostí struktury krystalů s jejich vlastnostmi a nad fyzikálními a geometrickými principy difrakce rentgenového záření.

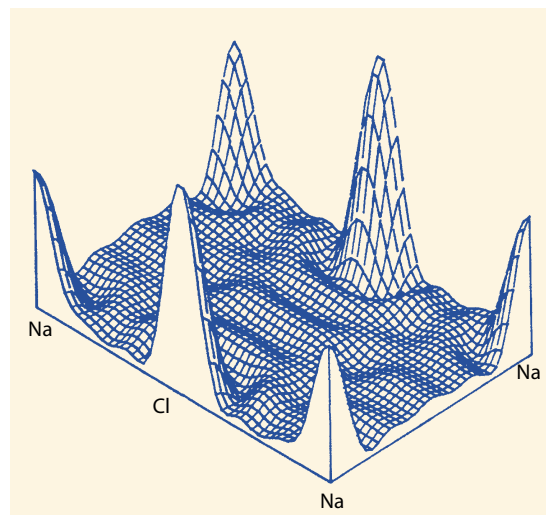
Difrakce rentgenového záření se během uplynulých sta let stala nejpoužívanějším nástrojem ke studiu struktury látek, především látek krystalických. Existuje mnoho spektroskopických metod k určování atomového (chemického) složení látek, ale ty na rozdíl od difrakčních metod nedokážou určit prostorové uspořádání atomů nebo molekul v daném materiálu.

Před popisem difrakčních jevů se ještě na chvíli zastavme u samotného vzniku rentgenového záření a role elektronů v tomto procesu. V laboratorních podmínkách vzniká rtg. záření v rentgenové lampě **dopadem elektronů na kovový terčík** (anodu). **Dopadající elektrony vybudí elektrony atomů** anody do vyšších energetických stavů a tyto elektrony návratem do základního stavu vyzařují rentgenové záření velmi krátkých vlnových délek. Pro difrakční účely se využívá nejčastěji pouze jedna ze silných čar rentgenového spektra těchto atomů. Naopak v rentgenové spektroskopii se pro účely hledání atomového složení zkoumané látky porovnávají celá naměřená rtg. spektra se známými (charakteristickými) spektry atomů. A tato charakteristická spektra jsou zase **obrazem energetických stavů elektronů** těchto atomů. Takže role elektronů při vzniku rentgenového záření a v rentgenové spektroskopii je zásadní.

Ale zpět k difrakci. Vlny rentgenového záření dopadající na krystal se **rozptylují na elektronech jednotlivých atomů** a konstruktivní interferencí těchto rozptýlených vln vzniká difrakční obraz, ze kterého lze dešifrovat například rozmístění atomů v základní buňce krystalu. Tento dešifrovací proces není přímočarý, a tak říkáme, že musíme strukturu krystalu „řešit“, což v praxi především znamená hledat řešení tzv. fázového problému (z intenzit dokážeme určit pouze amplitudy rozptýlených vln, informace o fázi těchto vln se v difrakčním experimentu ztrácí). O to je hledání atomové struktury látek komplikovanější oproti určování jejich atomového složení. Přesněji řečeno, rentgenové záření se rozptyluje i na jádrech atomů, ale intenzita takto rozptýleného záření je o tři řády nižší. Podle **počtu elektronů** pak nakonec dokážeme rozlišit, které atomy obsazují které polohy v základní buňce pravidelné struktury krystalu. Amplituda rozptýleného záření (a tudíž i jeho intenzita) je tím větší, čím více

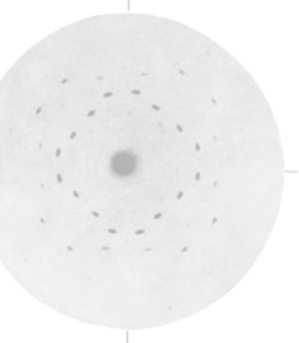
elektronů obsahuje rozptylující atom. Aníž bychom zacházeli do podrobností difrakčních jevů, všimněme si právě role elektronů při difrakci rentgenového záření a při určování atomové struktury látek. Jejich význam je zde opět nezpochybnitelný.

Z difrakčního obrazu lze během úspěšného určení struktury nebo i po něm spočítat a nakreslit **mapu elektronové hustoty**, tj. rozdělení hustoty elektronů v prostoru, v řezu nebo v projekci. V těchto mapách se pak vyskytují maxima právě v polohách, kde se nacházejí atomy, a tato maxima jsou tím větší, čím více má daný atom elektronů (obr. 1). A nejen to – tyto mapy ukazují, že vlivem vazby mezi atomy není rozdělení elektronové hustoty v okolí atomových poloh sféricky symetrické. Aby vynikla vazebná role elektronů z vnějších slupek atomů, konstruuji se ještě tzv. **mapy deformace elektronové hustoty**. Ty se získají tak, že se od běžné mapy elektronové hustoty odečte mapa spočtená za předpokladu, že se jejich elektrony na vazbách mezi atomy vůbec nepodílejí. Rozdíl tak názorně ukazuje „přelití elektronové hustoty“ ve směru vazeb, což je například nejlépe výstižné u chemických kovalentních vazeb (obr. 2). Zde tedy vidíme opačnou službu difrakčních experimentů elektronům za jejich



Obr. 1 Rozdělení elektronové hustoty v řezu (1 –1 0) krystalu NaCl vypočtené z dat získaných difrakcí na práškovém vzorku.

100 let
objevu rentgenové
difrakce na krystalech



Historie a současný stav urychlovačů částic v českých zemích

II. Kruhové urychlovače¹

Igor Janovský^a, Čestmír Šimáně^b

^a Národní technické muzeum, Kostelní 42, 170 78 Praha 7

^b Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i., 250 68 Řež u Prahy

Článek navazuje na první část, v níž byl stručně podán celosvětový vývoj urychlovačů částic, a poté probrány urychlovače lineární, které byly či jsou provozovány v českých zemích. Tento článek je věnován (1) cyklotronům výzkumným, k výrobě radiofarmak i pro radioterapii, (2) synchrotronům, k jejichž realizaci u nás nedošlo, (3) betatronům defektoskopickým i radioterapeutickým a (4) mikrotronům.

CYKLOTRONY

Cyklotrony Ústavu jaderné fyziky AV ČR

V roce 1960 byl v Ústavu jaderného výzkumu (ÚJV) ČSAV² v Řeži u Prahy spuštěn cyklotron klasického typu U120 [2–6]. Byl vyroben v SSSR a dodán³ – podobně jako reaktor VVR-S – v rámci pomoci při budování jaderného výzkumu v ČSSR. Na jeho uvedení do provozu však spolupracovala řada československých podniků, např. Tesla Hloubětín při montáži vf generátoru. Základní charakteristiky cyklotronu jsou uvedeny v tabulce 1 [7].

- 1 První část práce autorů [1] pojednává nejdříve stručně o celosvětovém vývoji urychlovačů a poté o lineárních urychlovačích, které byly či jsou provozovány v českých zemích, tedy v bývalém Československu a dnešní České republice.
- 2 V roce 1955 vznikl Ústav jaderné fyziky (ÚJF), roku 1956 byl začleněn do ČSAV a roku 1959 byl přejmenován na Ústav jaderného výzkumu (ÚJV); roku 1972 došlo k rozdělení ÚJV a vzniká ÚJF ČSAV a ÚJV Řež.
- 3 Do ČSSR byl dopraven v 889 bednách o celkové váze asi 310 tun.

Průměr pólů magnetu	1 200 mm
Výška pracovního prostoru komory	170 mm
Poloměr poslední dráhy částice	520 mm
Intenzita magnetického pole v ose	1,41 T
Amplituda vf napětí mezi duanty	140–150 kV
Celková váha elektromagnetu	120 t

Tab. 1 Charakteristiky cyklotronu U120.

Cyklotron U120 sloužil potřebám výzkumu, průmyslu a lékařství (pro výrobu radiofarmak). Urychloval protony na energii 6,5 MeV, po úpravách pólových nástavců pak v rozsahu 8,7–10,7 MeV, deuterony na 13 MeV a alfa částice na 25 MeV. Významným úspěchem laboratoře bylo urychlení a vývod iontů $^3\text{He}^{2+}$ o energii až 28 MeV. Byl vyvinut zdroj polarizovaných iontů s radiální injekcí do cyklotronu a na vyvedeném svazku byl postaven multispektrograf. Provoz cyklotronu U120 byl ukončen roku 1976, kdy se vzhledem k již nevyhovujícím parametrům přistoupilo k jeho přestavbě; nebylo totiž možno měnit energii částic v dostatečně širokém rozsahu a také jejich monochromatizace a emitance již nebyly postačující.

Roku 1977 byl cyklotron U120 nahrazen izochronním cyklotronem U-120M (obr. 1), vyrobeným s mezinárodní účastí ve Spojeném ústavu jaderných výzkumů (SÚJV) v Dubně (SSSR), přičemž projekt přestavby byl vypracován za účasti pracovníků ÚJF [3, 4, 8]. Za zmínku stojí, že právě na magnetu zde instalovaném byl již roku 1959 v SÚJV v Dubně jako na jednom z prvních pracovišť ve světě ověřen princip prostorové variace magnetického pole, který je jedním ze základních principů izochronních cyklotronů. Cyklotron byl postupně modernizován a vybaven složitým transportním systémem, vybudovaným v ÚJF a umožňujícím přenos urychlených částic pěti ionto-optickými trasami k různým měřicím aparaturám. Cyklotron byl rovněž přizpůsoben k urychlování záporně nabitých iontů. V případě potřeby ozařování vysokými proudy částic, např. při výrobě radiofarmak, je na něm možno ozařovat i vnitřním svazkem. Charakteristiky svazků urychlených částic

Max von Laue a jeho objev difrakce rentgenového záření na krystalech

Ivo Kraus

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze, Břehová 7, 115 19 Praha 1-Staré Město

V březnu 2007 vyhlásila profesní organizace American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, která sdružuje kolem 90 tisíc báňských, metalurgických a naftařských odborníků, výsledky ankety o nejvýznamnější objevy a vynálezy v oblasti technologie materiálů. Není překvapující, že se na prvních místech umístilo zpracování železných a měděných rud, výroba oceli, skla, cementu nebo vynález mikroskopu. Málokdo by však v první desítce hledal Laueho objev difrakce rentgenového záření na krystalech z roku 1912.

Krystalografie není vědou, které dali jméno naši současníci; její úloha však rozhodně nepatří minulosti. Krystaly jsou pěstovány v laboratořích pozemských i kosmických, na jejich hromadné výrobě závisí prosperita celých průmyslových odvětví. Za zprávy, které o zákonitostech vnitřní stavby krystalických látek přinesly rentgenové, elektronové nebo neutronové paprsky v minulém století fyzikům, chemikům a lékařům, byly uděleny na tři desítky Nobelových cen.

Nositel té první, německý teoretický fyzik Max Theodor Felix von Laue [1], se narodil 9. října 1879 v Pfaffendorfu u Koblenze. Protože se rodina vysokého civilního úředníka císařské armády Julia Laueho často stěhovala, nemá Pfaffendorf – jedno z posádkových měst tehdejší německé říše – v osudech budoucího laureáta Nobelovy ceny jinou úlohu než údaj na rodném listu. Pro Koblenz to byl však důvod dát jméno slavného pfaffendorfského rodáka do názvu svého gymnázia.

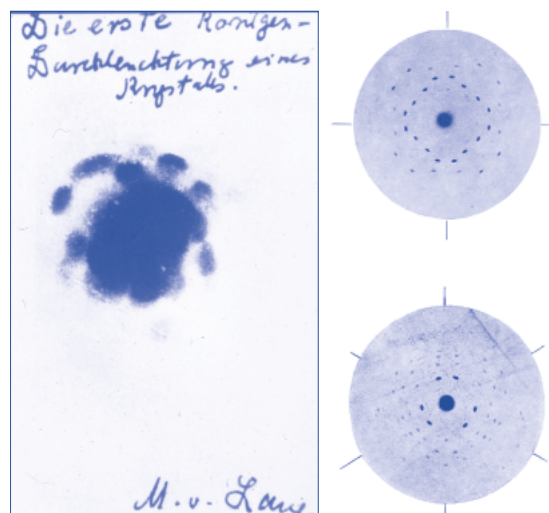
Co se v mládí naučil...

Podle Laueho vzpomínek se jako první pokusil usměrnit jeho zájmy dědeček Theodor Zerrenner, od něhož v deseti letech dostal k Vánocům bohatě ilustrovaný desetidílný Brehmův život zvířat. Zůstalo ale jen při četbě a prohlížení obrázků; hlubší vztah k biologii Laue nikdy nezískal. Odezvu nenašlo ani pozdější matčino přání, aby šel v otcových stopách a stal se právníkem. O jeho budoucnosti rozhodlo až setkání s fyzikou v tercii berlínského gymnázia. „Tehdy jsem – už nevím, v jaké souvislosti – uslyšel, že účinkem elektrického proudu může být z roztoku modré skalice vyloučena měď. Několik dnů nešlo myslet na nic jiného. Matka si přirozeně mého podivného chování všimla, a když

jsem jí svůj problém svěřil, zařídila, abych mohl chodit do Uranie.“ Tak se jmenovala populárněvědecká společnost, která ve svých objektech na berlínské Taubstrasse instalovala velký počet přístrojů pro demonstraci podstaty různých fyzikálních jevů. Stačilo jen podle návodu stisknout správný knoflík.

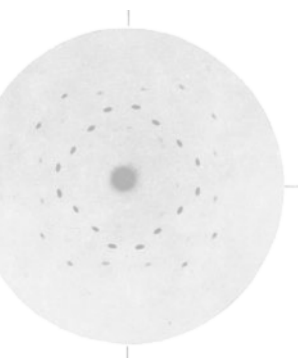
Návštěvy Uranie ale brzy skončily, protože se rodina přestěhovala do Štrasburku. Bylo to vlastně velké štěstí; jinak by nepoznal tamějšího gymnazijního profesora matematiky a fyziky Göhringa. „Tisíce chyb, které měl, by každého jiného před třídou pubertálních gymnazistů zcela znemožnily. Podivínský Göhring však své nedostatky kompenzoval duševní převahou, uznávanou i těmi nejprohnanějšími dareby. Říkal, že konkrétní vědomosti jsou stejně důležité jako logické myšlení a vzdělání je to, co zůstane, jestliže zapomeneme všechno naučené. Přestože nikdy netrestal a také napomenutí byla jen zcela výjimečná, provést při jeho hodině nějakou lumpárnu nikoho ani nenapadlo.“

Už na gymnáziu Laue vynikal mimořádnými schopnostmi teoreticky uvažovat. Pozoruhodně antitalentovaný byl naopak na numerické počítání. „Při maturitní písemné práci mi dohlížející profesor doporučil, abych



Vlevo: Lauegram náhodně orientovaného krystalu modré skalice. Vpravo: Lauegramy krystalu sirniku zinečnatého, na který dopadalo záření ve směru osy čtyřčetné a trojčetné.

100 let
objevu rentgenové
difrakce na krystalech



Keplerův Novoroční dar krystalografii

Jan Fábry

Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; fabry@fzu.cz

Richard Feynman [1] v úvodu svých proslulých přednášek pokládá čtenáři otázku: Pokud by se lidstvo mělo vrátit na začátek své kulturní historie a mělo si s sebou vzít jedinou informaci ze všech vědomostí, jichž nabylo během svého kulturního vývoje, jaká by to měla být? Feynmanova odpověď je následující: Tou informací by měl být poznatek o atomové stavbě hmoty.

Vycházejí z Feynmanova názoru, lze tedy první rtg. difrakční experimenty Laueovy a otce a syna Braggových, jimiž byla potvrzena teorie o periodicitě atomové struktury krystalů, považovat za epochální kulturní přerod, kdy atomy, hypotetické částice, byly „zviditelněny“, a byla tedy potvrzena atomová stavba hmoty. Zároveň byla potvrzena hypotéza o povaze rentgenového záření jako krátkovlnného elektromagnetického záření a teorie o stavbě krystalů jako trojrozměrné mříže.

Laueův experiment je však zároveň i důsledkem předcházejícího kulturního, resp. vědeckého vývoje, který studiem krystalů, jež bylo ve své době především doménou mineralogie a později chemie, dospěl k teorii o stavbě krystalů jako o struktuře, jíž prostupuje trojrozměrná mříž. Čestné místo v tomto úsilí o poznání stavby hmoty patří zde Johannu Keplerovi a jeho útlému spisu *Strena Seu de Nive Sexangula (Novoroční dar aneb o šestiúhelných vločkách)* z r. 1611 [2], vydanému poprvé ve Frankfurtu nad Mohanem, avšak podle všeho napsaného ještě o rok dříve v Praze¹, jejíž realie, jako např. pražský most, jsou ve spise uvedeny.

Keplerova práce je dosud citována v seriózních přírodovědných časopisech, např. v *Acta Crystallographica* je 34 odkazů na heslo „Kepler“, ba dokonce v *Mezinárodních krystalografických tabulkách* z r. 1952 [3] píše M. von Laue o Keplerově přínosu, který spočíval v popisu nejtěsnějšího uspořádání koulí. Traduje se, že se Kepler touto prací stal prvním, kdo popsal nejtěsnější uspořádání koulí, když se snažil nalézt vysvětlení pro hexagonální tvar sněhových vloček². Lze tedy v jistém smyslu Keplerův spis považovat za první krystalografickou práci. Nastolený problém, jak vysvětlit vnější tvar, známe-li vnitřní strukturu, je ovšem obecnějšího rázu: Ani dnes přes znalost struktury neumíme odpovědět na otázku, jaký bude habitus krystalů, anebo nevíme, proč např. některé květy vyšších rostlin mají pěti-, jiné šestičetnou souměrnost³. Dlužno dodat, že podle mínění autora tohoto článku největší význam



Část frontispisu k Rudolfínským tabulkám vydaným v Ulmu r. 1627 s vyobrazením Johanna Keplera (Zdeněk Horský: *Kepler v Praze*, Mladá fronta, 1980, str. 230). Kepler se nechal vyobrazit jako sedící postava dole vlevo.

tkví ve způsobu uvažování, který nám představuje Keplerův text. Je pozoruhodné, jak Kepler z analogií makroskopického světa uvažuje o mikrosvětě, a výjimečný je i jeho pozorovací talent. Ostatně je poučením pro současného čtenáře, že správně položená otázka, např. proč jsou všechny sněhové vločky šestiúhelné, je možná důležitější než všechny myslitelné odpovědi. V následujícím textu jsou čtenářům předloženy pasáže z uvedeného Keplerova díla⁴, které popisují nejtěsnější uspořádání koulí.

1 Kepler působil v Praze mezi lety 1600–1612 (Z. Horský: *Kepler v Praze*, Mladá fronta, edice Kolumbus, Praha, 1980).

2 Podle Wikipedie (http://en.wikipedia.org/wiki/Kepler_conjecture) měl Kepler předchůdce, jímž byl Thomas Harriot.

3 Tohoto jevu si Kepler též všimá ve svém spise o šestiúhelných vločkách.

4 Autor článku zde vyšel z anglického překladu upraveného latinského textu (*The Six-Cornered Snowflake*, Clarendon Press, Oxford 1966), překladatelé Colin Hardie, B. J. Mason, L. L. Whyte s přihlédnutím k upravenému latinskému textu uvedenému souběžně s tímto anglickým překladem a dále z německého překladu od Dorothee Goetzové nazvaného *Vom sechseckigen Schnee*, Ostwalds Klassiker der

100 let
objevu rentgenové
difrakce na krystalech





Vzpomínka na zakladatelku československé rentgenografie Adélu Kochanovskou- Němejcovou

Ivo Kraus

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Trojanova 13, 120 00 Praha 2

Vyučovat umění inženýrskému se v českých zemích začalo už před třemi stoletími. První titul císařského inženýra-profesora inženýrství byl udělen v prosinci 1706 zkušenému fortifikačnímu odborníkovi Christianu Josefu Willenbergovi. První ženě se stejného uznání dostalo u nás teprve v roce 1960. Byla jí tehdy třiapadesátiletá Adéla Kochanovská.

Poprve jsem se s paní profesorkou setkal koncem roku 1960. V malé pracovně s dveřmi otevřenými do rentgenografické laboratoře pražského Ústavu technické fyziky Československé akademie věd mě přijala vlídná žena v bílém plášti; tmavé vlasy s pruhy šedin, růžolící tváře, nenápadné vrásky kolem očí, úsporná gesta mírně se třesoucích rukou. Obavy čerstvého absolventa univerzity z konzultací u proslulé vědecké autority rychle zmizely, přání být jejím žákem se mi splnilo.

Adéla Kochanovská-Němejcová se narodila 8. března 1907 ve Slezské Ostravě v rodině důlního inženýra [1]. Matka paní profesorky byla všestranně vzdělaná, znala několik jazyků, ráda hrála na klavír, prý si dokonce přála budoucnost své dcery spojit s hudbou. Lásku k umění získala Adéla Němejcová od strýce, akademického malíře Augustina Němejce. Žádná z múz ji ale nepřesvědčila. Po maturitě (1926) na reformním gymnáziu v Plzni, kam se inženýr Němejc s rodinou přestěhoval, odešla do Prahy na Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy studovat matematiku a fyziku. Tehdy začala první kapitola jejího odborného životopisu a téměř dvě desítky let v blízkosti profesora Václava Dolejška. Oblíbila si nejen jeho přednášky, ale díky němu i rentgenografii, vědní obor, který se u nás právě v té době ucházel o důvěru inženýrů a techniků.

Své první zaměstnání hledala počátkem třicátých let minulého století. I když z vysoké školy odcházela jako doktorka přírodních věd (disertaci zaměřenou na studium inverzních účinků některých druhů záření jí vedl profesor Dolejšek) a aprobovaná středoškolská profesorka, v období hospodářské krize nebylo volné místo ani pro učitele na měšťance. Ráda proto přijala nabídku profesora Trkala, který ji znal ze svých přednášek teoretické fyziky, a s jeho přímluvou nastoupila jako koncipientka v patentní kanceláři. Problematikou

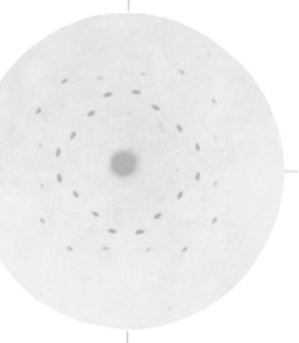
patentního práva se zabývala jen asi rok, pak byla zaměstnána ve výpočetním oddělení Všeobecného penzijního ústavu. Protože jí tam pracovní doba končila už ve dvě hodiny, měla dost času na svého koníčka – fyzikální experimenty v univerzitním Spektroskopickém ústavu u profesora Dolejška.

V polovině třicátých let došlo k pracovnímu spojení tohoto ústavu se Škodovými závody a k dohodě o propůjčení části jeho laboratoří nově založené instituci – Fyzikálnímu výzkumu ŠZ. Prof. Dolejšek byl jmenován poradcem Škodovky, práce doktorandů Spektroskopického ústavu zapojených do řešení problémů Fyzikálního výzkumu mohly být odměňovány a řadě našich fyziků se otevřely dobré pracovní příležitosti. Koncem roku 1935 nastoupila do Dolejškovy kolektivu i osmdvacetiletá Adéla Němejcová.

Výzkum požadovaný Škodovkou se přirozeně netýkal jen původního zaměření Spektroskopického ústavu. Profesor Dolejšek musel vytvořit okruh spolupracovníků, kteří byli schopni nové technologie a fyzikální diagnostické metody nejen zavést a rozvíjet, ale prokázat také jejich spolehlivost a užitek pro strojírenskou a elektrotechnickou výrobu. V té době má své počátky česká elektronová difrakce, pokovování ve vakuu, technologie velmi čistých látek nebo magnetická defektoskopie.

Po uzavření vysokých škol v listopadu 1939 došlo sice k přemístění Fyzikálního výzkumu Škodových závodů z univerzitního prostředí do smíchovské budovy autoopravny Škodovky a později do Příbrami, vědecká práce však zůstala stále na vysoké úrovni. Dokladem je příručka *Zkoušení jemné struktury materiálu rentgenovými paprsky*, kterou v říjnu 1943 vydal Elektrotechnický svaz českomoravský v Praze. Na konci předmluvy k této první česky psané, téměř třísetstránkové souhrnné práci o možnostech využití rentgenové

100 let
objevu rentgei
difrakce na kry



O podstatě a rychlosti Roentgenových paprsků

Bohumil Kučera (1874–1921)

profesor experimentální fyziky na Univerzitě Karlově v Praze

Přetiskujeme zde dobový přehled znalostí o charakteru a vlastnostech rentgenového záření, jak jej v roce 1903 podal profesor Bohumil Kučera ve třináctém ročníku Živy na stranách 257–262. Již záhy po Röntgenově epochálním objevu se prokázalo, že jeho paprsky X jsou krátkovlnným elektromagnetickým zářením šířícím se rychlostí světla. Přestože první ohybové experimenty na štěrbinách neposkytovaly ještě jednoznačné a reprodukovatelné výsledky, podařilo se je postupem času zdokonalit a odhadnout pomocí nich vlnovou délku rentgenového záření. V článku je již explicitně řečeno, že hodnoty vlnové délky jsou řádu „molekulárních dimensí“. Vidíme tak zřetelně, jak vývoj oboru směřoval k von Laueho objevu.

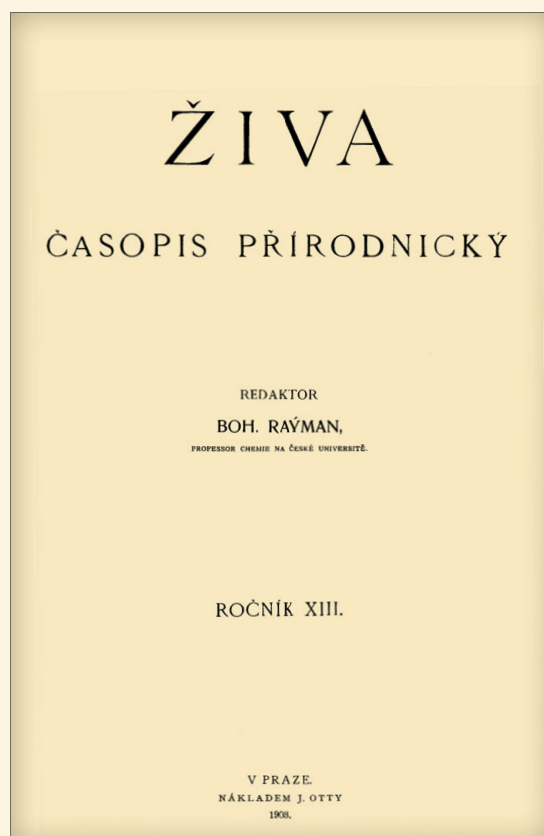


Foto: MÚA AV ČR, Almanach ČAVU, roč. 31–32 (1922)

Sotva kdy způsobil vědecký objev podobný rozruch veřejnosti, to jest veškerého sebe menší žurnál čtoucího p. t. publika, jako r. 1895 Roentgenem objevené a později po něm nazvané paprsky. A bylo také čemu se divit; vždyť každý mohl si ještě za živa dát vyfotografovat svoji kostru, ba na fluorescenčním stínítku přímo si prohlédnout, jak bude vypadat jeho závěš podepsavší ruka, až bude už žít jen ve věčné paměti veselých dědiců.

Ale také vlny ve vědecké republice byly vysoko vzduty, nejen u mediků, jichž věda přes noc byla obohacena o netušená nová odvětví — roentgenologickou diagnostiku¹⁾ a roentgenoterapii — ale neméně i u fyziků. Vždyť právě oficiální zástupce jejich vědy na universitě Würzburgské to byl, který v sezení tamější medicínsko-fyzikální společnosti učinil kraťánek, pětistránkové sdělení »Ueber eine neue Art von Strahlen«, jež mu později mělo vynést stotisícovou cenu Nobelovu a uznání celého světa, dokonce i vysokých kruhů vládních. Ale měli také páni fyzikové čemu se divit: Mimo efekt fotochemický a fluorescenci vzbuzující, které má i obyčejné světlo a zvláště jeho fialová a ultrafialová část, jevílo nové záření zjevy dosud neznámé — prostupnost různými látkami pro obyčejné světlo neprostupnými — a co bylo ještě nápadnější, tvrdošijně odpíralo jevíti jiné, na něž u známých druhů záření jsme zvyklí, totiž lomivost při přechodu ze vzduchu do jiného prostředí (skla, vody, paraffinu), interferenci, polarisaci, nebo s hlediska

paprsků katodových uchýlitelnost magnetickým polem. To vše již v prvním krátkém sdělení Roentgenově bylo popsáno; ký div, že veškerých vědeckých ústavů fyzikálních rá-



¹⁾ Srv. nejn. knihu Dra H. Albers-Schönburga: Roentgenotechnik, Hamburg 1903, 8° 264 str.

IPHO40
MÉXICO
2009

Ústřední komise Fyzikální olympiády, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové

Původní anglický text mexických organizátorů v konečné podobě po diskusi mezinárodní jury je dostupný na internetové stránce MFO [4]. Úlohy do češtiny přeložili vedoucí české delegace Bohumil Vybíral a Jan Kříž. Text zadání uvádíme bez zkrácení, v podobě předložené řešitelům. Experimentální sestava je

Poznámka: Ačkoliv jsme vám poskytli imbus klíče, ve všech případech stačí dotahovat rukou.



Matfyzácký FilmFest

15. a 16. června 2012 proběhl originální filmový festival „MFF UK FilmFest“

Jan Valenta

Katedra chemické fyziky a optiky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Ke Karlovu 3, Praha 2; jan.valenta@mff.cuni.cz

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze slaví v roce 2012 šedesáté výročí svého vzniku (formálně vznikla oddělením od Přírodovědecké fakulty ke dni 1. září 1952). Při této příležitosti je organizováno množství akcí pro veřejnost. Mezi nejoriginálnější a nejzdařilejší bude jistě možné zařadit *FilmFest*. Tento soutěžní festival filmů o matematice, fyzice a informatice (MFI) získal neobvykle velký ohlas především mezi studenty středních škol.

Téměř stovka přihlášených snímků překvapila nejen organizátory, ale i návštěvníky festivalu. Ačkoliv filmy pocházely od neprofesionálních tvůrců (nevylučuji nějakou výjimku), jejich úroveň byla často výborná – co chybělo ve znalosti filmařského řemesla, bylo nahrazeno nadšením a vtipem. Zdá se, že se organizátorům podařilo nalézt novou cestu k popularizaci MFI oborů a účinnou motivaci pro studenty zabývat se těmito – zhusta neoblíbenými – předměty i ve volném čase. Doufejme tedy, že se jednalo o první ročník z dlouhé řady *FilmFestů* MFF UK.

Abych čtenářům podal podrobnější obrazy o festivalu, požádal jsem o rozhovor kolegu *Martina Vlacha*, předsedu organizačního výboru *FilmFestu*:

■ *Máte za sebou premiérový festival MFF UK FilmFest 2012. Musím vám poblahopřát ke skvělému zvládnutí organizace takové velké akce, měřeno fakultním měřítkem. Podařilo se vám přitáhnout velký počet účastníků a získat obdivuhodně velký ohlas v médiích. V rozhlasu i v televizi se vás již vyptávali na různé aspekty akce, ale já bych vám rád položil možná trochu jinak cílené otázky. Co bylo prvotní či hlavní motivací k uspořádání této akce? Vždyť filmových festivalů nyní existují desítky, a to i v oblasti zájmu MFF UK FilmFestu, například tradiční Academia film Olomouc. Čím tedy podle vás měl FilmFest zaujmout a zdůvodnit svou existenci?*

Jednou z motivací bylo netradičně oslavit 60 let existence Matematicko-fyzikální fakulty UK a také trochu nabourat stereotypní představy o Matfyzu, matfyzákách a nepřístupném světě matematiky, fyziky

a informatiky. Je pravda, že filmových festivalů existuje velká řada a že jejich zaměření je na současnou produkci v oblasti populárně-vědecké a didaktické tvorby. Nicméně na MFF UK FilmFestu šlo převážně o amatérskou tvorbu ze škol. Tomu odpovídaly i hodnotné ceny festivalu – byla to kombinace cen nejen pro autory, ale také pro celou instituci, z jejíž dílny snímek vzešel. Dokonce součtová hodnota cen převyšovala vlastní finanční náklady akce, což je jistě dobrá vizitka festivalu. Další rozdíl je v užším zaměření – a to pouze na oblast matematiky, fyziky, informatiky a počítačové grafiky. Z těchto důvodů jsme jako festival myslím jedineční, minimálně v České republice.

■ *Věnujete se sám aktivně filmové tvorbě?*

Nemohu říci, že se věnuji filmové tvorbě vyloženě aktivně, to by bylo moc vznešené.

V souvislosti s mojí prací na Matfyzu mám určité zkušenosti s demonstrací fyzikálních experimentů, jejich natáčením a postprodukcí. V současné době se podílím na přípravě multimediálních materiálů pro výuku vybraných partií fyziky pro gymnázia. Jsem též spoluautorem scénáře a účinkujícím v první řadě televizního vzdělávacího seriálu „Rande s Fyzikou“ České televize.

■ *Očekával jste, jako zkušený středoškolský pedagog, že většina příspěvků přijde od studentů středních škol? Z mého pohledu bylo vysoce odborných a vážně pojatých filmů relativně málo; většinou se jednalo o zábavné až recesistické snímky. Byl to záměr?*

Do jisté míry jsem tento zájem škol očekával. Z celkového počtu téměř sta přihlášených snímků tvořily středoškolské zhruba 70 %, velkou část ale prezentovaly i snímky



Areál MFF UK a FJFI v Holešovičkách – celkový pohled na rekonstruované prostranství s bývalými chladicími věžemi reaktoru. Foto: Jan Valenta