

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ivan Štoll

Dvacet pět let výchovy jaderných a fyzikálních inženýrů

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 25 (1980), No. 4, 181--185

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139756>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1980

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Dvacet pět let výchovy jaderných a fyzikálních inženýrů

*Ivan Štoll,
děkan FJFI ČVUT*

V poslední době se stále častěji zamýšlíme nad otázkami výchovy fyziků a matematiků a jejich uplatnění v podmínkách rozvoje vyspělé socialistické společnosti. Hovoříme o aplikaci fyziky a matematiky, jindy o aplikované fyzice a matematice, zabýváme se otázkou dělby práce mezi fyziky a matematiky na jedné straně, inženýry a pracovníky dalších oborů na straně druhé. Vznikají četné mezní obory, které začínají dosahovat prvních významných úspěchů.

Důležitou roli v těchto úvahách hrají i aspekty ekonomické. Sám fyzikální výzkum vyžaduje stále náročnější experimentální techniku a rozsáhlé inženýrské zázemí, a naproti tomu fyzikální poznatky mohou značně ovlivnit efektivnost, produktivitu a kvalitu výrobních procesů. Je proto zřejmé, že socialistická společnost má zájem a právo požadovat, aby prostředky investované do fyzikálního výzkumu přinášely maximální užitek. Tím se ovšem nemíní podceňování základního, poznávacího výzkumu, který ostatně často čerpá své podněty právě při řešení společensky naléhavých úkolů.

Je známo, že výchova přírodovědců a inženýrů probíhala u nás tradičně odděleně na vysokých školách univerzitního a technického typu. Přitom pojetí výuky matematiky a fyziky na technikách neodpovídalo vždy těm možnostem a úrovni, která by při současném pokroku těchto vědních oborů byla žádoucí. Lze říci, že ani při dnešní přestavbě vysokoškolského studia není dosud dořešena otázka výuky matematiky a fyziky na technikách a jejího sepětí s odbornými disciplínami. Naproti tomu univerzitní výchova neseznamovala vždy absolventy v dostatečné míře s potřebami technické praxe, orientovala je spíše na základní přírodovědní výzkum či pedagogické působení.

Tato situace je u nás do značné míry specifická. V zahraničí zpravidla nejsou rozdíly mezi výchovou přírodovědců a techniků tak ostře vyhraněny, inženýrské fakulty na univerzitách a přírodovědecké fakulty na technikách nejsou vzácností. Existuje celá řada škol, dokonce prominentních, které spojují přírodovědní a inženýrské vzdělání — uvedme École Polytechnique v Paříži, Massachussettský polytechnický institut, Moskevský inženýrsko-fyzikální institut a Fyzikálně technický institut a další.

Na obou jmenovaných moskevských institutech se důsledně využívá formy výchovy studentů při samostatné vědecké práci a účasti na řešení úkolů praxe. Moskevský fyzikálně technický institut má dohodu s Akademií věd SSSR, podle níž studenti vyšších

ročníků jsou po celých skupinách zařazováni do výzkumných ústavů akademie, pracují zde ve výzkumných týmech a vědečtí pracovníci akademie považují za vysoce odpovědný úkol tyto studenty pedagogicky vést a přednášet jim.

Na Moskevském inženýrsko-fyzikálním institutu byl vyzkoušen experiment se systematickým vyhledáváním matematických a fyzikálních talentů na různých vysokých školách v SSSR a tito studenti jsou zde pak soustředováni k intenzivní výchově. Je známo, že pedagogické metody a učebnice vypracované v těchto institutech udávají do značné míry směr výchovy i ostatním školám a fakultám a absolventi obou institutů jsou zařazováni na nejexponovanější místa výzkumu v aplikované fyzice, jaderné, kosmické a jiné špičkové technice. Vedle těchto a dalších institutů při sovětských polytechnických školách existují fyzikálně mechanické fakulty, které vychovávají inženýry na matematicko-fyzikálním základě. Učební program našim potřebám velmi blízký má například fyzikálně mechanická fakulta Leningradského polytechnického institutu, která byla koncipována již v roce 1919 pod vedením akademika A. F. Joffeho. Také na specializovaných technických institutech se zpravidla vedle klasických inženýrských profilů uplatňují matematické a fyzikální specializace zaměřené k danému inženýrskému odvětví.

Důvodů k takovému prolínání matematicko-fyzikálních vědních oborů a techniky je celá řada. Jedním z nich je okolnost, že moderní technika a technologie stále více využívá matematických a fyzikálních poznatků, které se stávají inspirací dalšího technického pokroku. Druhý, neméně závažný důvod vyplývá ze skutečnosti, že změny, k nimž dochází při modernizaci výroby a techniky, vedou k nutnosti stále obnovovat náplň inženýrského vzdělání. Tato permanentní rekvalifikace inženýrů vyžaduje dostatečně široký základ matematického a fyzikálního vzdělání. Vzpomeňme jen bouřlivého rozvoje fyzikální elektroniky a radiotechniky za poslední desetiletí a těch fyzikálních poznatků z oblasti kvantové mechaniky, fyziky pevných látek, kvantové teorie záření a dalších, které se postupně stávaly základem nové techniky. A konečně způsob týmové práce, od základního výzkumu přes výzkum aplikovaný a vývoj až k výrobě, potřebuje maximálně usnadnit mezioborovou komunikaci, vyžaduje souhru odborníků různých profilů, mezi nimi i odborníků fyzikálně inženýrského charakteru.

Mocným popudem k zamyšlení a organizačním opatřením v oblasti výzkumu a vzdělávání se stala možnost mírového využívání jaderné energie a poznatků jaderných věd v široké praxi. Po prvních úspěších sovětské vědy a techniky, které prokázaly technickou i ekonomickou realizovatelnost jaderně energetických zařízení v mírovém životě, byly u nás před pětadvaceti léty podepsány dohody o spolupráci se Sovětským svazem v této oblasti. Vznikla celá řada vědeckovýzkumných, technických i školských institucí, které měly za úkol ve spolupráci se sovětskými odborníky rozvinout naši jadernou vědu a techniku, připravit nástup jedné ze závažných etap vědeckotechnické revoluce. Dělo se tak v ovzduší obětavosti, nadšení a historického optimismu a touha po vzdělání v těchto nových oborech se projevila v masovém zájmu o jejich studium, ať již řádné nebo postgraduální.

Jaderná a fyzikálně inženýrská fakulta vznikla v roce 1955 pod názvem fakulta technické a jaderné fyziky na Univerzitě Karlově. Sešli se na ní poprvé pod jednou střešou přírodovědci – matematikové, teoretičtí a jaderní fyzici, kteří do té doby působili na matematicko-fyzikální fakultě pražské univerzity, s inženýry, ale též s chemiky a odborníky

dalších profesí, aby tak vytvořili komplexně pojaté vysokoškolské učiliště nového typu, které by odpovídalo podmínkám nové etapy rozvoje vědy a techniky. Základní pedagogickou a vědeckovýzkumnou koncepcí, kterou fakulta dostala do vínku, vytvořili naši přední odborníci – prof. VÁCLAV PETRŽILKA a akademik FRANTIŠEK BĚHOUNEK, dnes již oba zesnulí, a dále nynější ředitel Fyzikálního ústavu ČSAV a místopředseda ČSAV akademik BOHUMIL KVASIL.

Vývoj fakulty za uplynulé čtvrtstoletí nebyl přímočarý a snadný, ale přinesl mnoho cenných zkušeností. V roce 1959 byla fakulta začleněna na České vysoké učení technické v Praze a o rok později promovala své první absolventy. Při výchově posluchačů i při své rozsáhlé vědeckovýzkumné činnosti fakulta citlivě reagovala na rychlý rozvoj vědy a techniky. Úspěchy fyziky plazmatu a fyziky pevných látek, vznik a bouřlivý rozmach kvantové elektroniky a mikroelektroniky, technologické využití urychlovačů nabitých částic, uplatnění jaderně fyzikálních a jaderně chemických metod ke stopové analýze, radiační ovlivňování vlastností látek, nové fyzikální principy automatizační techniky, poznatky o struktuře materiálů a jejich chování za extrémních podmínek, to vše nacházelo odraz v učebních plánech fakulty.

Relativně nevelký počet posluchačů umožnil rozvíjet i netradiční metody výuky, především bohatě využívat individuálních studijních plánů a diferencované výuky nadaných studentů a jejich přímé zapojování do vědeckovýzkumné práce na katedrách, v ústavech ČSAV i resortů a dalších pracovišť, s nimiž fakulta udržuje těsné kontakty. Tento princip se také stal podle vzoru některých fakult v Sovětském svazu základem nového systému studia v rámci celostátní přestavby.

Nový název fakulty jako jaderné a fyzikálně inženýrské měl vyjádřit především komplexní sepětí všech oborů zaměřených na jadernou energetiku a technologii (jaderné fyziky, jaderné chemie a jaderného inženýrství) a dále pak formování fyzikálního inženýrství jakožto speciálního technického oboru. Z diferencované výchovy matematicky nadaných studentů se postupně vyvinul další obor, tj. matematické inženýrství, jehož absolventi, základem svého vzdělání matematici, využívají matematických metod k řešení konkrétních inženýrských problémů, například v teorii řízení a spolehlivosti složitých soustav a konstrukcí.

Fakulta má v pedagogické i vědecké oblasti řadu společných úkolů a problémů se svou sesterskou matematicko-fyzikální fakultou Univerzity Karlovy. V novém vysokoškolském areálu v Praze-Troji se dnes instalují četné moderní fyzikální přístroje a zařízení, jako je Van de Graaffův urychlovač, neodymový a jódový laser o energiích stovek jouleů, soubory sloužící k modelování kinetických procesů v jaderném reaktoru a další zařízení, která budou sloužit odborníkům obou fakult i pracovníkům z praxe.

Naproti tomu fakulta jako součást Českého vysokého učení technického posiluje své vazby s ostatními fakultami této naší nejstarší a největší vysoké školy technické, usiluje o to, aby fyzika a matematika stále více pronikala do techniky, aby nové fyzikální poznatky se co nejdříve v praxi využívaly. Fakulta se podílí na diferencované výchově posluchačů a na postgraduálním studiu; vědecká rada fakulty za účasti matematiků a fyziků všech fakult ČVUT provádí habilitační řízení a uděluje vědecké hodnosti v matematických a fyzikálních oborech. Další rozvoj jaderné energetiky a moderní techniky si bude

vyžadovat stále těsnější spolupráci fyziků a techniků i účast matematiků a fyziků na inženýrské výchově.

Zaměření vědecké práce fakulty je orientováno na ty fyzikální, matematické a jaderné chemické problémy, které mají blízko k technické praxi. V jaderné oblasti je to například využití neutronové difraktoografie ke studiu struktury některých nerostů a průmyslových materiálů, studium kinetiky neutronů v podkritickém souboru a hustoty toků rezonančních neutronů v impulsním reaktoru Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně. Ve spolupráci s tímto ústavem bylo vybudováno též mikrotronové ozařovací pracoviště, které umožní využít vysoce účinného zdroje neutronového a záření gama pro potřeby praxe. Pracovníci fakulty se úspěšně podílejí na mezinárodním výzkumném programu SPIN zaměřeném na studium vlastností orientovaných atomových jader.

Na fakultě byla zkonstruována čidla pro potřeby speciální osobní a havarijní dozimetrie v jaderných elektrárnách a byly studovány možnosti dozimetrického využití lyoluminiscenčních jevů. Jsou studovány nové perspektivní způsoby dělení izotopů a rozpracovávají se postupy stanovení obsahu stopových prvků, především rtuti a radia z hlediska ochrany životního prostředí. Nových výsledků se dosáhlo při radiačním ovlivňování vlastností chemických katalyzátorů a elektrických vlastností křemíku.

Fyzikálně inženýrský výzkum se zaměřuje na zdokonalování a využití výkonné laserové techniky, na technologické aplikace urychlených iontových svazků, na studium luminiscenčních vlastností některých monokrystalů a na rentgenografické studium struktury materiálů, fyzikálních procesů probíhajících při mechanickém namáhání a křehkém lomu; studují se i některé další problémy.

Laserové systémy různých konstrukcí (na bázi rubínu, neodymového skla, yttrium-aluminiového granátu s příměsí neodymu, kysličníku uhličitého) jsou využívány jednak ke studiu laserového výboje a laserového vysokoteplotního plazmatu, jednak v rámci programu Interkosmos k přesnému určování polohy umělých družic a globální triangulaci zemského povrchu. Výzkum probíhá ve spolupráci s Lebeděvovým fyzikálním ústavem Akademie věd SSSR v Moskvě a v příští pětiletce má být uveden do provozu výkonný jódový laser, který byl vyvinut v tomto ústavu a předán do Československa.

Zařízení k urychlování iontů zkonstruované na fakultě je v Československu unikátní a slouží k implantaci iontů do polovodičů při přesně zadaném hustotním profilu, ovlivňování mechanických vlastností povrchů některých druhů ocelí a slitin a k semikvantitativní analýze povrchů pevných látek. Možnosti této progresivní technologické a analytické metodiky bude možno dále rozšířit po uvedení do provozu nového urychlovače Van de Graaffova v novém areálu v Praze-Troji.

Výzkum mechanických vlastností kovových materiálů jak rentgenografický, tak i dalšími metodami s využitím řádkovacího elektronového mikroskopu, přinesl cenné poznatky o fyzikálních procesech souvisejících s rozložením napětí a energie v namáhaných součástkách, šíření napěťových vln i trhlin a svými praktickými závěry přispěl k mnohamiliónovým úsporám v mnoha odvětvích našeho národního hospodářství.

To jsou některé vybrané úkoly a směry, jimiž se ubírá vědeckovýzkumná činnost fakulty. Fyzikální problematika zasahovaná těmito úkoly je předmětem několika článků,

kteřé jsou publikovány v tomto čísle časopisu. Chtěl jsem proto u příležitosti čtvrtstoletého jubilea jaderné a fyzikálně inženýřské fakulty ČVUT vyvolat zamyšlení nad zkušenostmi z výchovy mladých lidí, kteří mají být současně fyziky i inženýry, iniciátory nových myšlenek a nových cest, které fyzika a matematika před moderní technikou a technologií otevírají; mají se stát nositeli hlubšího stupně porozumění mezi přírodovědci a inženýry.

Laserová termojaderná reakce

*Petr Schmiedberger,
katedra fyzikální elektroniky FJFI*

Problém řízené termojaderné reakce je jedním z hlavních problémů současné fyziky. Jeho přitažlivost z hlediska vědeckého i ekonomického je dána tím, že umožní využít ohromné zásoby termojaderného paliva na Zemi. Nejvhodnějším palivem jsou těžké izotopy vodíku a litium, jejichž množství ze zemských zdrojů přístupných člověku je takové, že by vystačilo pro potřeby lidstva na milióny let i při mnohokrát vyšší spotřebě energie, nežli je tomu dnes. Avšak na cestě k uskutečnění řízené termojaderné reakce leží řada překážek, které vznikají z toho faktu, že termojadernou reakci lze uskutečnit pouze v tom případě, že dvě jádra reagujících atomů se k sobě přiblíží na vzdálenost řádově 10^{-13} cm. Aby se kladně nabitá jádra k sobě přiblížila na takovou vzdálenost je nutné, aby překonala vzájemné elektrostatické odpuzující síly. Uskutečnit tento proces je možné tím, že látka je zahřata na vysokou teplotu a tím se kinetická energie jader stane dostatečně vysokou, aby překonala elektrostatické odpuzující síly při srážkách jader. Pro těžké izotopy vodíku, deuterium a tritium je požadovaná teplota pro překonání elektrostatického valu nejmenší a je $\approx 10^8$ °C, což představuje kinetickou energii jádra ≈ 10 keV.

Aby se při termojaderné reakci dosáhlo energetického zisku, nestačí reagující atomy pouze zahřát na požadovanou teplotu, ale je potřeba udržet tuto teplotu po dostatečně dlouhou dobu, aby se uvolněnou energií reakce nahradila energie spotřebovaná na zahřátí látky. Tato zjednodušená úvaha vede k další podmínce pro uskutečnění termojaderné reakce, kde energie uvolněná bude větší než energie dodaná: součin hustoty reagující látky (plazmatu) a doby jejího udržení, tj. $n \cdot \tau$, musí být větší než $2 \cdot 10^{14}$ s/cm³ pro směs deuteria a tritia (D + T), které mají nejmenší požadavky z hlediska teploty i minimální $n \cdot \tau$ proti jiným látkám.

Práce na řízené termojaderné reakci byly zahájeny téměř před třiceti lety. Za tuto dobu se fyzika plazmatu a řízené termojaderné reakce rozvíjela, stala se pevnou součástí fyziky,