

O roli fyziky v technickém vzdělání

K napsání tohoto příspěvku, vlastně jakési obhajoby fyziky, pro náš Bulletin mě přivedlo několik podnětů. Prvním z nich je předprázdninová účast na První evropské konferenci o vyučování fyzice v inženýrském vzdělávání (PTEE 97). Ta se konala pod záštitou SEFI (Société Européenne pour la Formation des Ingenieurs) a EPS (European Physical Society) v červnu 1997 v Kodani.

Druhou motivací je to, že jsem nedávno psal obsáhlejší článek o širších souvislostech fyziky, techniky a lidské kultury, o který jsem byl požádán pro časopis *European Journal of Engineering Education*, jehož jedno čtvrtletní číslo bylo připravováno pro výroční konferenci SEFI v Krakově v září t.r.

A třetím aktuálním impulsem je i skutečnost, že po několika letech fungování současného systému a struktury studia na FEL ČVUT přistupují fakultní orgány ke zhodnocení dosavadních zkušeností a chystají se k úpravám této struktury, k inovaci náplně, zlepšení návaznosti, změnám v závaznosti a volitelnosti předmětů, případně k redukci časového rozsahu studia a zatíženosti učitelů apod. Chtěl bych do této diskuse přispět poznámkou o poslání fyziky v technickém vzdělávání obecně a o situaci na FEL konkrétně.

Myslím, že není nutno a vůči čtenářům Bulletinu by asi bylo i nepatřičné, pokusit se podrobně zdůvodňovat a dokládat, že právě poznání fyzikálních zákonů je nejvladnějším základem a kořenem celé techniky. Elektrotechnika je vlastně plodem a vyústěním fyzikálního poznání elektrodynamických dějů v 19. století, vrcholícího předpovědi existence elektromagnetických vln. Hlubší poznání kvantového světa atomů a struktury látek pak umožnilo vznik všech dnešních oborů s nejrozmanitějšími aplikacemi, s miniaturizovanými součástkami a nejvyspělejšími technologiemi. Fyzikální poznání je přímo motorem a hnací silou tohoto rozvoje.

V neprospěch fyziky jako předmětu bývá někdy ze strany specializovaných kateder argumentováno: „My všichni děláme fyziku. Co potřebujeme v našem oboru, naučíme si studenty nejlépe sami.“ To je ovšem ošidný argument. Redukovat vyučování fyzice na ovládnutí jistého souboru formulí a vzorců, které se bezprostředně využívají v jednotlivých elektrotechnických aplikacích, je krátkozraké a z hlediska budoucí úrovně školy i škodlivé.

Je třeba mít na paměti, že posláním školy není jen příprava a vyškolení specializovaných odborníků, upotřebitelných okamžitě v úzkém zaměření studovaného oboru. Mnoho absolventů ostatně záhy přechází ve své aktivitě mimo svoje původní zaměření a v dlouhodobé perspektivě téměř každého potkají významné změny v jeho oboru. Vysoká škola má připravovat odborníky pro čtyřicet let aktivní tvůrčí práce. Posláním technické univerzity je poskytnout především kvalitní technické vzdělání, nikoli jen školení v jistém oboru a v úzkém zaměření s nácvikem speciálních činností a zkušeností.

Kvalitně vzdělaný inženýr musí být schopen aktivního přístupu i v případě změn v budoucích technologiích a postupném rozvoji elektrotechniky v několika příštích desetiletích. Klíčovou součástí vzdělání inženýra je proto i přiměřené poznání a porozumění zákonům, z nichž technické aplikace těží a z nichž vyrůstají.

Vyučující fyziky (a jistě i matematiky apod.) na technické vysoké škole si musí ovšem uvědomovat a musí ve svých nárocích respektovat fakt, že nepřipravuje budoucí fyziky. Musí mít na zřeteli, koho vzdělává a k jakému poslání. Studenti musejí kromě jeho předmětu zvládnout ještě mnoho a mnoho dalších obecných i speciálních vědomostí a dovedností, než z nich vyrostou dobří inženýři.

Přesto je třeba fyzice umožnit, aby byla podávána jako ucelený pohled na přírodní dění. Je třeba nepomíjet souvislosti, které budovu fyziky vytvářejí a sjednocují. Fyzika není souborem pouček a vzorců. Fyzika je živý, vnitřně provázaný a vyvíjející se systém poznání přírodního dění na základní a nejhlubší úrovni. Fyzika zaujímá v celé soudobé přírodovědě centrální a klíčové místo. Zavádí a vymezuje nejzákladnější pojmy jako prostor, čas, energie, částice, pole, interakce, náboj, symetrie atp., bez kterých by se žádná přírodní věda (chemie, molekulární biologie atd.) ani žádný technický obor neobešly. Od počátku 20. století pronikla fyzika do světa atomů a stala se teorií jejich struktury (i subnukleárních částic) a také struktur, které jsou z nich vytvářeny (molekul, kondenzovaných látek atp.). Tím se fyzika stala i základem chemie, biologie a vlastně celé přírodovědy. Rozvoj poznání těchto struktur umožnil dříve nikdy netušený rozmach techniky 20. století. Nejvladnějším fyzikou našeho století je kvantová fyzika mikrosvěta. Z opojení těmito úspěchy pramení, někdy až příliš směle, populární vize o brzké fyzikální „teorii všeho“.

Samozřejmě, studenty lze do budovy fyziky jen uvést a pomoci jim se v ni zhruba orientovat a porozumět jen základním pojmům a souvislostem. Speciální elektroinženýrské předměty mohou a musejí dodat a zdůraznit svoje speciální potřeby a výrazně rozšířit a prohloubit znalosti studentů ve vybraných oblastech. Vytváření uceleného pohledu na základy a souvislosti přírodního dění však nabídnout nemohou. Nejsou k tomu ani určeny.

Při nedostatečné a stále se zhoršující vstupní úrovni fyzikálních znalostí ze střední školy u velkého počtu nastupujících studentů v prvním ročníku, je splnění úkolů základního kurzu obecné fyziky velmi nesnadné a stále obtížnější. Základní pojmy a znalosti, které u studentů přicházejících studovat technickou fakultu by měly být vlastně samozřejmostí, je třeba dohánět a teprve pracně budovat.

K významným úkolům kurzu obecné fyziky patří i úkoly metodické. Studenti se musejí naučit dovednostem, jako je např. přijetí zjednodušeného abstraktního popisu a modelu dané situace (místo družice zaujme hmotný bod, místo reálného plynu spojitě homogenní prostředí atp.), formulace úlohy, nalezení řešení, zhodnocení a interpretace

získaného výsledku, ocenění případné modifikace předpokladů atp. Význam matematiky, jako nezbytného jazyka fyzikální teorie, je ovšem základní. Při laboratorních cvičeních pak přistupuje i budování a upevňování návyků laboratorní práce, metodika vyhodnocení výsledků měření, vypracování referátu atd. To vše je v počátcích studia také ne právě snadný úkol. Ne vždy učitelé specializaci doceňují problémy základních předmětů a ne vždy si dostatečně uvědomují, že k nim studenti přicházejí již připravenější a vyzrálejší.

Jedním ze zcela specifických problémů na elektrotechnických fakultách je rozdělení „elektrodynamické tematiky“ mezi fyziku a odborné předměty. Myslím, že problém není až tak nesnadný. Ve fyzice je třeba zachovat (tak jako je tomu dosud) právě to, bez čeho by budova fyziky byla neúplná, nesouvislá a vnitřně nekonsistentní. Patří sem tedy základní elektrodynamické jevy, v nich formulované pojmy a obecné zákony i značná část problematiky spjaté s interakcí mezi částicemi na mikroskopické úrovni. Fyzika zná čtyři (při uvážení sjednocené interakce elektroslabé jen tři) typy základních interakcí: gravitační, silnou jadernou, slabou a elektromagnetickou. Ta se na struktuře světa na nám běžně dostupné každodenní úrovni jeví projevuje nejvýrazněji. Je rozhodující pro existenci a stavbu atomů a molekul i pro kvantovou strukturu látek a pro jejich makroskopické vlastnosti, včetně mechanických, optických aj. To je oblast jistě náležející fyzice. Základní pojmy jako náboj, interakce, pole a jeho charakteristiky, dipól atd. jsou z fyziky nevydělitelné (kupř.: Jak bychom se v mikrosvětě obešli bez pojmu magnetický dipólový moment? Spin je kvantově relativistický jev.). To, že o Maxwellových rovnicích, které jsou vlastně pohybovými rovnicemi elektromagnetického pole a základními rovnicemi elektrodynamiky vůbec, studenti případně uslyší na obecné úrovni dvakrát, ovšem s různými důrazy na jejich souvislosti, může pro některé obory spíše prospět než uškodit. Výpočty polí, metody teorie obvodů, technické souvislosti, četné konkrétní aplikace apod., to vše ovšem náleží předmětům elektroinženýrským. Elektrotechnika se na půdě fyziky elektrodynamických jevů sice zrodila, dále však žije svým vlastním nezávislým životem. Fyzika také postoupila všechny aplikace mechaniky strojnímu a stavebnímu inženýrství, aniž by tím byla mechanika ve fyzice zrušena. Myslím, že stávající vztahy mezi předměty kateder fyziky, teorie pole a obvodů, případně i jiných kateder, jsou přijatelné a vyhovující.

Za zdůraznění stojí i další souvislosti fyziky, ne vždy dostatečně vnímané. Fyzika je významným článkem v řetězci: kulturní a duchovní život lidí - racionální vědecké poznání - fyzika - technika - materiální život společnosti. Fyzika je základem techniky, ale má i své aspekty světonázorové a filosofické. Zájem přemýšlivých studentů o popularizaci fyziky, kosmologií, relativistické paradoxy prostoročasu, překvapivě a udivující vlastnosti kvantových jevů a podobné, okamžitě nepřilíší praktické otázky, je toho vyjádřením a je příznivým znamením. Tudy vede i cesta jak nasytit zájem o podivuhodné jevy a omezovat iracionální, nekritické antivědecké způsoby myšlení, které ve složitě, nestabilní moderní společnosti ve svých souvislostech mohou vést až k víře v cokoli a komukoli, a být při ohromných možnostech dnešní technické civilizace i potenciálně globálně nebezpečné.

Někdy se zdá, že důležitost fyziky pro různé obory je značně odlišná; zvláště pro inženýrské obory, jako by její význam byl přece jen o poznání nižší než pro obory jiné. Rozhodující role fyziky v přípravě „součástkové základny“ a v technologii počítačů v přicházející „informační a komunikační společnosti“ je ovšem obecně uznávána. Myslím však, že pojem informace má k fyzice mnohem těsnější vazbu než se obecně soudí. Toky informace jsou nevyhnutelně spjaty s toky hybnosti a s disipací energie. Toky informační a „toky fyzikálních veličin“ jsou dvě stránky úhrnného přírodního procesu. Fyzika již přestává být jen teorií základních elementů přírodních struktur (částic, atomů,...), usiluje postihnout také funkční souvislosti a časově evoluční procesy v takovýchto strukturách a v jejich systémech. Toky informací se řídí fyzikálními zákony a fyzikální zákony mají jen tehdy dobrý smysl, jsou-li počitatelné a jsou-li vyjádřitelné v informačních termínech. Ostatně, jádro fyziky 20. století, kvantová teorie, stále hledá svoji interpretaci a pojem informace zde hraje závažnou roli. Pojem informace je také, a možná i především, pojmem fyzikálním a v budoucím vývoji snad i pojmem klíčovým (A. Wheeler: „It from bit“). Ačkoli takové úvahy patří prozatím do říše spekulací, naznačují, že ani inženýrské obory nejsou fyzice do budoucna vzdálenější než jiné oblasti elektrotechniky a elektroniky.

Od snění přejdeme k věčné přítomnosti. Před 40 lety, kdy jsem na škole začínal působit, byl kurs obecné fyziky třísemestrový a trval od druhého do čtvrtého semestru. Dnes je tento kurs vložen do semestrů dvou. Že by role fyziky v elektrotechnickém vzdělávání za oněch 40 let tolik poklesla? Hesla: tranzistor, integrované obvody, mikročipy, laser, družicová komunikace, metody magnetické rezonance, supravodivost, atd., tomu jistě nenasvědčují. A že by změna od let 1968-75, kdy rozsah povinných kursů fyziky ve třech letech po semestrech (na slaboproudu) činil 3+2, 4+3, 6+4+4 (lab.), 0+0, 2+2, 3+2, k dnešním 0+0, 3+3, 4+3, 0+0, vyjadřovala opravdu změnu v úloze fyziky? Spíše je vyjádřením měnících se hodnocení a vlivů kateder. Aby mi bylo však správně rozuměno: Vůbec si nemyslím, že tento rozsah byl tím jedině správným a ideálním! Pokles je jistě také vyjádřením toho, že tehdy katedra nedokázala obsahem a využitím těchto hodin přesvědčit o tom, že tak tomu má být a že takový stav je pro elektrotechnické inženýrství optimální. Uvedená čísla však jistě stačí přesvědčit o tom, že současný rozsah je na dolní hranici možného.

Jak závěrem shrnout smysl tohoto příspěvku při dnešním vyhodnocování zkušeností a v dnešních úvahách o prospěšných korekcích. Myslím, že je třeba:

- a) V základním studiu zajistit dostatečný prostor pro solidní, přiměřený a ucelený kurs obecné fyziky
- b) V bakalářské a inženýrské etapě (a také v doktorandském studiu) poskytnout dosti časových možností pro uplatnění specializovaných předmětů podle oborů a zájmu studentů, které by jim umožnily nahlédnout i do současné živé fyziky a prohloubit si vědění v určitých oblastech, které přinesou své technické plody v nedaleké budoucnosti.