

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Jan Klíma; Bedřich Sedlák
Fyzika, fyzikové a společnost

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 40 (1995), No. 4, 169--173

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138430>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1995

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>

Fyzika, fyzikové a společnost

Jan Klíma a Bedřich Sedlák, Praha

První fyzikální poznatky založené na empirické zkušenosti vznikly již ve starověku a některé z nich již měly formu exaktně formulovaných zákonů. Přesto idea novodobé (empirické) přírodní vědy má svůj počátek v době renesance. Vznikla jako syntéza tehdejšího stupně poznání, jehož hlavními složkami a současně protipóly byly alchymie a antická filosofie. Od té doby se datuje bouřlivý rozvoj přírodních věd charakterizovaný obrovským nárůstem konkrétních poznatků a odpovídajícími změnami ve struktuře vědních disciplín. V celé historii přírodovědy však zůstává v platnosti základní cyklické schéma procesu poznání: shromažďování a popis empirických poznatků — jejich analýza — vytvoření modelu či teorie schopné pozorované poznatky vyložit — konfrontace modelu s novou zkušeností.

Je nepochybné, že přírodovědné poznání rozhodujícím způsobem ovlivnilo rozvoj techniky a technologií, a bylo tedy jedním z hlavních faktorů formujících tvářnost naší doby. Fyzika přitom hrála prvořadou roli. Sledujme proto v hrubých rysech její zrychlující se rozvoj a vztah k jiným přírodovědným oborům a technickým aplikacím.

Zatímco ještě na počátku našeho století se badatelskou činností ve fyzice na celém světě zabývalo jen několik set lidí, soustředěných převážně do univerzitních laboratoří, a fyzici žili v povědomí veřejnosti jen jako nepraktičtí podivíni či jako „potrhlí vědci“ v anekdotách, dnes pracují statisíce fyziků v tisících laboratořích a očekává se od nich vyřešení fundamentálních otázek počínaje problémy vzniku vesmíru a stavby hmoty až po nalezení neomezených zdrojů energie.

Hranice mezi fyzikou, aplikovanou fyzikou a technikou je ovšem neostrá a s časem se mění. Když před zhruba stopadesáti lety objevil anglický fyzik M. Faraday elektromagnetickou indukci, jevil se jeho objev tak nepraktický, že se ho britský ministerský předseda zeptal, k čemu to bude dobré. „To nevím,“ odpověděl tehdy Faraday, „ale soudím, že to britská vláda jednoho dne zdaní!“ Dnes se pomocí elektromagnetické indukce vyrábí veškerá elektrická energie, transformuje se elektrické napětí v rozvodné síti a na jejím využití jsou založeny elektromotory — oblasti, které jsou již dávno doménou techniky a inženýrů, a fyzikální jevy, na nichž jsou tyto aplikace založeny, si už ani neuvědomujeme.

Otázka aplikace objevů či výsledků základního fyzikálního výzkumu je důležitá už tím, že se od ní odvíjí ochota základní fyzikální výzkum finančně podporovat. Její nesnadnost spočívá v tom, že mezi aplikací a objevem uplyne většinou dlouhá doba, typicky deset a více let. Někdy v technické využití objevu nevěří ani vlastní objevitel. Lord E. Rutherford objevil umělou přeměnu jader v roce 1919 a skepticky prohlásil:

Doc. RNDr. JAN KLÍMA, CSc. (1938), pracuje jako docent na katedře fyziky polovodičů MFF UK, Ke Karlovu 5, 121 16 Praha 2.

Prof. RNDr. BEDŘICH SEDLÁK, DrSc. (1933), je děkanem MFF UK, Ke Karlovu 5, 121 16 Praha 2.

„Každý, kdo očekává, že transformace jader bude zdrojem energie, fantazíruje!“ Za patnáct let potom bylo objeveno štěpení uranového jádra a za pětadvacet let po Rutherfordově objevu byl uveden do chodu první jaderný reaktor a krátce potom dopadla v Hirošimě první atomová bomba.

Fyzika se tak již po staletí významně podílí na technickém pokroku. Můžeme říci, že to je *základní fyzikální výzkum*, jehož nositeli jsou v celém světě především univerzity, který je schopen přinášet nové myšlenky, nové postupy, objevovat nové procesy a nové materiály a který tak hraje roli jakéhosi předvoje technického pokroku.

Typickým příkladem tohoto procesu je rozvoj *fyziky polovodičů*, který byl umožněn teoretickým a experimentálním zkoumáním krystalických látek: kovů, polovodičů a izolátorů. Jeden ze tří objevitelů tranzistoru (1947) W. Brattain o tom říká: „... klíčem k objevení tranzistoru byla spíše práce věnovaná *pochopení základních fyzikálních jevů*, než pokus objevit užitečný elektronický prvek.“ Tento objev pak vedl již během jednoho desetiletí k revoluci v elektronice, k nahrazení vakuových elektronek polovodičovými prvky s následnou miniaturizací, která během několika dalších desetiletí umožnila vznik moderních počítačů, xeroxů, kompaktních disků a všech zázraků dnešní spotřební elektroniky, a zároveň snížila na zlomek energii potřebnou k jejich provozování.

Fyzika pevných látek, která má dnes z velké části podobu *materiálového výzkumu* a která v sobě fyziku polovodičů zahrnuje, je dodnes jedním z nosných fyzikálních programů univerzit i laboratoří. Abychom si uvědomili, jaké problémy bylo třeba zvládnout, uveďme jediný příklad: výchozím materiálem většiny polovodičových prvků je křemík, který je třeba nejdříve vyrobit v takové čistotě, že na každou miliardu křemíkových atomů smí obsahovat jen jednu nečistotu (cizí atom).

Méně známým příkladem využití výsledků základního fyzikálního výzkumu a experimentálních technik, které fyzici vyvinuli, je použití *jaderné magnetické rezonance* v medicíně. Atomová jádra (např. jádra vodíku, protony) konají v magnetickém poli krouživý pohyb. Podle charakteristik tohoto pohybu lze rozeznat různá jádra a jejich okolí a fyzikové používali jaderné magnetické rezonance již od čtyřicátých let ke stanovení vlastností jader. Později této techniky používali i chemikové k chemické analýze látek. Po zhruba třiceti letech byly na tomto principu, a s využitím zkušeností třiceti let základního výzkumu, zkonstruovány nejmodernější diagnostické přístroje současné medicíny, tomografy, schopné (s pomocí zabudovaných počítačů) vykreslit průřezy lidským tělem a například rozpoznat zhoubné nádory.

Fyzika sehrává ohromnou roli při vytváření materiálů zcela nových vlastností, ať už jde o materiály „klasické“, jako jsou kovy (např. kovová vlákna enormní pevnosti), nebo materiály v přírodě neznámé, např. polovodiče, jejichž jednotlivé vrstvy atomů jsou na sebe speciální technikou nanášeny tak, aby polovodič měl požadované vlastnosti. S vývojem všech těchto materiálů jde ruku v ruce vývoj stále přesnějších diagnostických metod, které stanovují uspořádání atomů látek v prostoru, identifikují přítomnost poruch mřížce či výskyt cizích atomů uvnitř i na povrchu.

Zatímco dopad fyziky na rozvoj techniky je, jak lze usoudit z uvedených příkladů, přímo vyčíslitelný, a tedy koneckonců v principu i vyjádřitelný ekonomickým přínosem,

fyzika sehrává i druhou, neméně významnou roli: jako obor, který posouvá naše pochopení fundamentálních otázek kulturního světa, otázek po vzniku vesmíru, podstaty času, složení hmoty apod., otázek, které si lidstvo klade od nepaměti.

Vznik vesmíru, teorie „velkého třesku“, existence černých děr a podobné problémy *astrofyziky a teorie obecné relativity* jsou široce publikovány, ale neméně vzrušující je pátrání po stále hlubším pochopení stavby hmoty. Jestliže pro většinu z nás je zcela postačující vědomí, že hmota se skládá z atomů, ty z jádra a elektronů — současná *fyzika elementárních částic a jaderná fyzika* zkoumá strukturu nejen jádra (o poloměru přibližně 10^{-15} m), ale i strukturu částic, které jádro tvoří (např. proton, neutron). Zařízení, která umožňují zkoumat hmotu tak nicotných rozměrů, jsou obří urychlovače, v nichž dochází ke srážkám částic urychlených na neuvěřitelnou energii měřenou v miliardách nebo i bilionech elektronvoltů. Jsou to zařízení tak nákladná a ohromná, že jsou soustředěna do několika laboratoří na světě, v Evropě je nejznámějším takovým společným centrem CERN — Evropské centrum pro jaderný výzkum — u Ženevy, kam se k práci sjíždějí fyzici z celé Evropy.

Mohlo by se zdát, že toto bádání se odehrává čistě k uspokojení lidské zvědavosti a zvědavosti, ale pomíneme-li jadernou energetiku, která již přešla rovněž do stádia průmyslového využití, jsou vedlejším produktem jaderné fyziky a fyziky elementárních částic diagnostické metody zkoumání materiálů (defektoskopie), příprava radioaktivních izotopů pro použití v lékařství, ke sterilizaci potravin apod., nové metody výroby integrovaných obvodů (urychlovače slouží k nastřelování iontů do polovodičů), legování slitin nepatrným množstvím vzácných kovů, přeměna některých umělých hmot (např. při přípravě kojeneckých lahví, které lze vyvařovat) apod. Ještě větší dopad tohoto fyzikálního odvětví však představuje vypracování technik k dosažení ultravysokého vakua a zvládnutí výroby supravodivých magnetů (obvod prstence synchrotronu ve Fermiho laboratoři v USA měří přes šest kilometrů a je vyplněn 1000 supravodivými magnety, ponořenými v kapalném heliu při teplotě blízké absolutní nule, tj. -273 °C. Uvnitř prstence musí být téměř dokonalé vakuum, aby urychlené částice nenarážely na atomy vzduchu). Bez zkušeností získaných v tomto oboru by stěží došlo ke konstrukci superrychlých vlaků, které se vznášejí nad kolejí tvořenou supravodivým magnetem.

Navzdory uvedeným skutečnostem dokumentujícím úspěšný rozvoj fyziky, i navzdory velmi úspěšnému rozvoji poznání v dalších přírodních vědách, se dnes často klade otázka o budoucnosti vědy a jejím významu pro další vývoj civilizace, která na konci dvacátého století prochází vážnou krizí. Bouřlivý nárůst objemu průmyslové výroby a spotřeby v posledních desetiletích, jehož bezprostřední podmínkou byl rozvoj přírodních věd, matematiky a informatiky, způsobil značnou devastaci přírody. Její důsledky začínají mít globální charakter a mohou ohrozit i podmínky života na Zemi. Na druhé straně současná technická civilizace nedokázala vyřešit mnohé vleklé problémy lidstva, především zaostalost tzv. třetího světa. Zatímco společnost technicky vyspělých zemí žije v nadbytku, plýtvá hmotnými statky a topí se v odpadcích, v jiných částech světa hrozí hladomory a epidemie. Populační exploze právě v těchto chudých oblastech je dalším zdrojem devastace přírody. Reakcí mnohých na tento stav je celková deziluze a ztráta důvěry v základní principy a hodnoty současné civilizace, včetně role technického pokroku. Často se mluví o vzniku tzv. postmoderní společnosti, která by měla

být otevřena všem alternativním názorům a ideám, ale i všem možným alternativám vývoje. V této souvislosti se objevují také výzvy k návratu k „prapůvodním hodnotám lidstva“, k alternativním formám poznání, k náboženské mystice apod. V těchto výzvách je také obvykle zpochybňována, resp. negována role vědy a exaktního myšlení vůbec.

Jaká je tedy perspektiva přírodních věd? Pokládat přírodovědné poznání za jediného či hlavního viníka negativních aspektů vývoje společnosti je absurdní. Jsme přesvědčeni, že příčiny jsou především v přecenění konzumního stylu života v rozvinutých částech světa a z něho vyplývajícího nadhodnocení technického pokroku a nedocení jiných hodnot. Cesta z dané situace nemůže být v návratu, neboť zpáteční cesty ve vývoji civilizace nejsou možné. Možný je jen další vývoj, pro jehož optimalizaci je nezbytná syntéza veškeré dosavadní zkušenosti lidstva. K pochopení tohoto závěru stačí jeden prostý příklad: Při současném početním stavu populace musí důsledky lidské činnosti při jakémkoliv vývoji nezbytně ovlivnit stav životního prostředí v globálním měřítku a nápravy negativních vlivů pak již není možné dosáhnout neuvědomělým a nekoordinovaným postupem. Naopak nápravu či zmírnění může přinést jen globálně koordinovaná činnost založená na poznání přírodních, ekonomických a dalších zákonitostí.

V diskusích o „alternativních formách poznání či vědění“ je třeba si ujasnit smysl pojmů. Alternativní forma poznání se dosti dobře nemůže týkat činnosti, která by měla nahradit vědecké poznání v daném oboru. Samozřejmě mohou existovat nové, sebepřevratnější ideje, může existovat i požadavek společenské praxe na preferenci určitých směrů rozvoje. Metodologické otázky vědeckého zkoumání a kritéria pravdivosti výsledků jsou však výlučně vnitřní záležitostí dané vědní disciplíny. V přírodních vědách je konečným kritériem pravdivosti souhlas s empirickou zkušeností, v matematice formální logika; rovněž filozofie, humanitní či sociální vědy mají svou metodologii a kritéria pravdivosti — poznatek, který daným kritériím nevyhovuje, nemůže mít nárok na vážné přijetí.

Naopak, pokud se výzvami k alternativním formám vědění rozumí požadavek, aby se ve společenské praxi vedle konkrétních poznatků jednotlivých vědních disciplín podstatnější měrou uplatnily výsledky i jiných civilizačních aktivit, jde o požadavek nejen oprávněný, ale i velmi žádoucí. Vždyť například právě umění a náboženství mohou rozhodujícím způsobem ovlivnit formování a přijetí etických norem naší civilizace. V tomto smyslu jde o onu potřebnou syntézu veškeré dosavadní zkušenosti lidstva, která by měla určovat vývoj civilizace.

Je pozoruhodné, že potřebu takové syntézy formuloval ve zcela přesné formě již před více než sto lety L. N. Tolstoj, který ve svém díle „Co tedy máme dělati?“ v roce 1886 napsal (citováno podle českého překladu vydaného v r. 1923 v nakladatelství B. Kočího v Praze): „Od těch dob co existují lidé, vždycky měli vědu v nejprostším a nejširším smyslu. Věda ve smyslu všech vědomostí lidských byla a jest a bez ní je nemyslitelný svět. . . . Obor těchto vědomostí všeho lidstva je však tak rozmanitý, . . . že se člověk ztrácí v těchto rozličných vědomostech, nemá-li vedoucí niti A proto nejvyšší moudrost lidská vždycky byla v tom, aby našla tu vedoucí niti, podle níž mají být rozloženy vědomosti lidské. . . . Od těch dob co existuje lidstvo, vždycky

u všech národů se objevovali učitelové, kteří tvořili tuto vědu . . . , jejímž předmětem byla vždycky znalost toho, v čem je smysl, a proto právě blaho každého člověka a všech lidí. . . . Totéž je s uměním. Umění tam, kde byla pravá věda, bylo vždy projevem znalosti o úkolu a štěstí lidském.“

K těmto slovům jednoho z největších umělců a filozofů 19. století nelze mnoho dodat; snad jen vyjádřit víru v pozitivní vývoj společnosti a z pohledu naší profese vyjádřit přesvědčení, že fyzika (spolu s ostatními vědami) bude přispívat nejen k rozvoji výrobních sil, ale díky svým obecným výsledkům — například fundamentálními poznatky o struktuře hmoty, prostoru a času — zůstane trvalou součástí kulturního bohatství lidstva.

Zemětřesení — nepřítel i přítel

Jiří Zahradník a Jaromír Janský, Praha

Ničivou schopnost zemětřesení zná každý. Připomeňme např. zemětřesení v japonském Kóbe (16. 1. 1995), které si právě v době sepisování tohoto článku vyžádalo několik tisíc obětí.

Pro fyzika jsou takové přírodní katastrofy výzvou k hlubšímu poznání, z něhož by měla vzejít účinná ochrana. Některé z metod studia zemětřesení stručně naznačuje tento článek. Více podrobností přístupně podává [1]. Základní teoretické vlastnosti seismických (elastických) vln vysvětluje [2].

Pozorování zemětřesení

Hlavní informace o zemětřesení poskytují *seismogramy*. Představují analogový nebo digitální záznam časového průběhu mechanických kmitů v určitém místě pozorování na povrchu Země. Moderní seismografy umožňují získat zvětšený, ale jinak nezkrácený průběh pohybů půdy v širokém frekvenčním oboru. Při zemětřesení vzdáleném několik tisíc kilometrů je to např. v oboru 0,01–1 Hz; vlny vyšších frekvencí jsou již silně oslabeny či potlačeny útlumem. Při blízkém zemětřesení je to řádově až do 100 Hz. Dobrý záznam zachycuje současně pohyb od jeho maximálních výchylek až do drobných detailů, např. 100 000-krát menších než maximum.

Doc. RNDr. Jiří ZAHRADNÍK, CSc. (1947), a RNDr. JAROMÍR JANSKÝ, CSc. (1936), katedra geofyziky MFF UK, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8. E-mail: geofjz@aci.cvut.cz