

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Ivan Štoll

Vývoj a význam spolupráce české fyziky s průmyslem

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 28 (1983), No. 4, 186--194

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139179>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1983

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>

Na záver svojho príhovoru chcem vyjadriť nesmierny obdiv tomu veľkému dielu, ktoré sa za uplynulých 100 rokov podarilo po sebe nasledujúcim generáciám našich fyzikov vytvoriť, a vysloviť úprimné želanie, aby čs. fyzika výsledkami svojej práce čo najviac obohacovala ľudské poznanie, aby účinne prispievala k vedeckotechnickému pokroku a k jeho širokému uplatneniu pri budovaní rozvinutej socialistickej spoločnosti v našej vlasti.

## Vývoj a význam spolupráce české fyziky s průmyslem\*)

*Ivan Štoll, Praha*

Hodnotit vývoj a význam spolupráce fyziky, v daném případě české fyziky, s průmyslem není snadný úkol a vede nás k zamyšlení nad úlohou fyziky v rozvoji lidské společnosti, vztahem mezi lidským poznáním a aktivním uplatňováním poznatků pro potřeby člověka, nad cestami dalšího rozvoje socialistické společnosti a úkoly, které nás přitom očekávají. Je těžko rozhodnout, co bylo prvním popudem člověka k poznávání okolní přírody a jejích zákonitostí, zda touha ukojit přirozenou zvědavost nebo nutnost uspokojovat své praktické potřeby. V každém případě se obě tyto stránky v průběhu vývoje vědeckého poznání prolínaly, praktické potřeby společnosti vyvolávaly k životu velké přírodní a fyzikální objevy – pokud k tomu byl vývoj vědeckého bádání připraven – a naopak nová poznání přírodních zákonitostí revolucionalizovala výrobu a praktickou činnost člověka – pokud k tomu byla společnost připravena. V dřívějších dobách byla ovšem tempa vývoje pomalá, fyzikální objevy se jevily jako individuální akty tvůrčího osvětlení izolovaných jednotlivců a procházely trnitou cestou k praktickému uplatnění. To se postupně měnilo s nástupem kapitalistické průmyslové revoluce. bohužel i s potřebami moderní vojenské techniky, a fyzika spolu s některými dalšími přírodními vědami, především chemií, se stala jednou z hybných sil technického, hospodářského a společenského pokroku.

V současné etapě vědeckotechnické revoluce a výstavby rozvinuté socialistické společnosti se postavení vědy mění zásadním, kvalitativním způsobem. Nové vědecké objevy v postupných vzájemně se překrývajících vlnách vyvolávají kvalitativní zvraty v technice a technologii a fyzika pak současně stimuluje i rozvoj přístrojové základny a metod výzkumu ostatních přírodních i společenských věd. Společenská objednávka nabývá charakteru dlouhodobých, perspektivně plánovaných záměrů a právě od fyziky se

---

\*) Předneseno na sympoziu *100 let české novodobé fyziky*, pořádaném KU, ČSAV a JČSMF 22. 9. 1982.

© Sborník přednášek *100 let české novodobé fyziky*, TS-KU Praha 1983.

očekává rozhodující přínos při řešení otázek materiálových, energetických a technologických, bez něhož není další technický pokrok myslitelný. Fyzikální výzkum sám, zejména v měřítkách tzv. „velké vědy“, se stává ekonomicky a technicky nesmírně náročnou záležitostí, často přesahující možnosti hospodářství jednotlivých států a zároveň kolektivní činností s rozvětvenou dělbu práce. Z hlediska plánování a ekonomiky je nutno vytvářet zvláštní strategii vědeckého výzkumu, brát v úvahu časové i materiální faktory a zvažovat priority, jak k tomu přistupujeme v této pětiletce a dalších pětiletkách. Hranice mezi základním a aplikovaným výzkumem se do značné míry stírají, aplikovaný výzkum často otevírá nové problémy základního gnozeologického významu a naopak v průběhu základního výzkumu vznikají vedlejší produkty a výsledky často velké společenské závažnosti. Realizace výsledků fyzikálního výzkumu v průmyslu a národním hospodářství není již zdaleka pouze záležitostí fyziků samotných, k jejímu prosazování je třeba součinnosti inženýrů a techniků, novátorů i řídících a politických pracovníků, sumy lidského důvtipu, iniciativy, nadšení, organizačního úsilí a vytrvalosti. S pokrokem ve výzkumu i průmyslu souvisí ovšem i úroveň vzdělání, způsob přípravy mladých odborníků ve fyzikálních, fyzikálně inženýrských a inženýrskotechnických oborech, a proto i těmto otázkám musíme věnovat pozornost.

Zamýšlíme-li se nad vztahem fyziky jako přírodní vědy k rozvoji průmyslové výroby, může se na první pohled zdát, že tato souvislost je nového data a že průmysl si pouze čas od času vypůjčuje nové fyzikální poznatky, které se pak stávají základem inovací a nových průmyslových odvětví. Úloha fyziků a fyziky se pak okamžitě z tohoto procesu jakoby vytrácí a výroba je pak již čistě technickou a inženýrskou záležitostí. Příznačné je, že na příklad chemie jako přírodní věda má svůj protějšek v rozvětveném chemickém průmyslu (s vlastním ministerstvem), brzy se zřejmě dočkáme i biologického průmyslu (s vlastním ministerstvem), ale výraz „fyzikální průmysl“ nebo fyzikální inženýr nám zní nezvykle i jako slovní spojení. Souvisí to ovšem s tím, že vlastně veškerý průmysl, veškerá lidská činnost zaměřená na přetváření a zpracování přírodních produktů využívá fyzikálních zákonů a poznatků – často bez fyziků a bez znalosti fyziky – na základě empirických zkušeností a dlouhodobé technické praxe. Přitom hlubší úroveň fyzikálních znalostí a metod by mohla často přispět k vyšší technologické úrovni výroby. Moderní průmyslová výroba je si toho ovšem stále více vědoma, průmysl musí stále více využívat poznatků a metod těžících z výsledků jaderné, kvantové, relativistické fyziky, fyzika se stává rafinovanější, a zde se už společnost těžko může obejít bez fyziků.

Úloha fyziky (a matematiky) v rozvoji techniky zůstává u nás stále do značné míry otevřeným problémem a lze to ilustrovat i tím, že rozsah výuky těchto předmětů na vysokých školách technického zaměření nejen nevzrůstá, ale naopak klesá, přičemž fyzikální poznatky jsou v podstatě obsaženy ve speciálních technických předmětech. Přitom si vzpomínám, jak na příklad objev laserů a nepřehledné množství možností jejich praktických aplikací vyvolal v polovině šedesátých let živelný zájem o studium kvantové fyziky, které bylo třeba rychle organizovat v podobě postgraduálních kursů. Podobná situace nastala ostatně o deset let dříve v oblasti jaderné fyziky. Tedy přesto, že fyzika rozvíjí takové metody a oblasti výzkumu, které se v příštích letech a desetiletích stanou základem nových technologií a revoluce v průmyslu, děláme dosud málo pro to, aby

fyzikové lépe znali potřeby průmyslových aplikací a naopak inženýři byli připravováni hlouběji a s perspektivním přístupem v oblasti fyziky.

Je třeba říci, že česká fyzika a čeští fyzikové – jistě až na výjimky, které potvrzují pravidlo – projevovali vždy živý zájem o to, aby se nové poznatky, ať již původní, domácí nebo světové vědy, uplatňovaly pro blaho člověka, nacházely svůj výraz v konstrukci nových strojů a zařízení, usnadňovaly lidskou práci, přinášely praktický užitek. Často přitom čeští fyzikové projevovali nemalou houževnatost, s níž se snažili přesvědčit veřejnost a příslušná místa o tom, že se v ekonomickém a společenském zájmu tyto nové objevy musí využívat. Česká fyzika, která se rozvíjela v minulých stoletích v nesnadných podmínkách národnostního a politického útisku v rakousko-uherské monarchii, nemohla svými původními výsledky soutěžit s předními ohnisky světového fyzikálního výzkumu. Přesto však je třeba připomenout jména a práce několika českých vědců, kteří přispívali k rozvoji fyziky a jejím technickým aplikacím. Jako uvědomění vlastenci usilovali o to, aby česká mládež mohla studovat fyziku ve svém mateřském jazyce, věnovali se významné publikační činnosti a položili základy k české fyzikální terminologii. Na význam některých z nich upozornil nedlouho před svou smrtí známý český fotofyzik a pedagog, profesor Ladislav Zachoval, který se též připravoval vystoupit na tomto našem sympoziu k otázkám historie české fyziky.

Počátky průmyslové výroby v Čechách jsou spojeny s nástupem první průmyslové revoluce na rozmezí osmnáctého a devatenáctého století, založené na poznatcích mechaniky a hydrodynamiky a především pak spjaté s vynálezem parního stroje. Mezi vynikající vědecké osobnosti této doby a organizátory vědecké i pedagogické práce v matematice, fyzice a technice, jakož i v oblasti průmyslových aplikací fyzikálních poznatků patřil František Josef Gerstner. Jeho vědecká práce v oblasti matematiky, astronomie, mechaniky, hydrauliky, metalurgie a teorie vlnění směřovaly k tomu, aby budování technických děl bylo hlouběji teoreticky podloženo. Jako profesor University Karlovy a zároveň ředitel pražské inženýrské školy, předchůdce dnešního ČVUT, usiloval i o sblížení univerzitní a inženýrské výchovy a zanechal nám i v tomto ohledu cenný odkaz.

Také následující etapa rozvoje průmyslu, v níž se postupně připravovalo uplatnění elektrických objevů a elektromagnetické síly v praxi, má svého významného představitele v osobnosti profesora Františka Adama Petřiny, učitele fyziky na pražské universitě a českého vlastence. Petřinovy výzkumy v oblasti elektřiny a magnetismu vedly ke konstrukci několika zařízení, z nichž „elektromagnetický rotační aparát“ byl jakýmsi předchůdcem elektromotoru, „magnetoelektrický stroj“ předchůdcem dynama a konečně Petřinovy práce o větvení proudů přispěly ke zdokonalení telegrafie. Petřina předvídal a propagoval využití elektrických a magnetických jevů v denním životě a technické praxi.

Také ve druhé polovině devatenáctého a na počátku našeho století se práce četných fyziků zaměřovaly k potřebě rozvoje průmyslové výroby. Tak Václav Zenger přispěl ke zlepšení konstrukce řady přístrojů, Bartoloměj Navrátil svým studiem účinků elektrického proudu na fotografickou desku se stal předchůdcem elektrografie, Čeněk Strouhal je znám jako spoluautor průkopnické práce o galvanických a magnetických vlastnostech oceli, Bedřich Macků svými pracemi o kohereru a spřažených kmitavých

obvodech přispěl k bezdrátové telegrafii a telefonii a konečně Bohumil Kučera svými pracemi o povrchovém napětí připravoval půdu ke světovému objevu československé vědy, k polarografii.

Dvacáté století zrodilo moderní jadernou, kvantovou a relativistickou fyziku, avšak rozvoj jejich průmyslových aplikací v podobě jaderné energetiky, kvantové elektroniky a urychlovací techniky nastává až od čtyřicátých let a pokračuje v současné době. Zároveň se rozvíjí studium vlastností pevných látek, kovových, magnetických a dielektrických materiálů, polovodičů a také elektromagnetického vlnění stále kratších vlnových délek.

Česká fyzikální škola těsně spjatá s potřebami průmyslové výroby vyrostla z tradice Spektroskopického ústavu University Karlovy pod vedením profesora Václava Dolejška, na jehož odborný i lidský profil jeho dnešní žáci s úctou a obdivem vzpomínají. Rentgenoskopická strukturní analýza kovových materiálů a studium vlastností krystalů přispělo jednak k rozvoji metalurgie, jednak připravilo půdu pro urychlené zvládnutí technologie polovodičů. Z následovníků profesora Dolejška to byl především akademik Jindřich Bačkovský, který se vedle rentgenové spektroskopie zabýval též studiem látek za vysokých tlaků, což umožnilo zvládnout průmyslovou výrobu umělých brusných diamantů a byl též průkopníkem domácí výroby polovodičových součástek, kterou převzala Tesla Rožnov. Rentgenostrukturní analýzu kovů dále rozvíjela a další generaci pracovníků v této oblasti vychovala profesorka Adéla Kochanovská. Práce v oblasti piezoelektrických vlastností krystalů, podněcované rovněž profesorem Dolejškem, rozvíjel náš významný experimentální fyzik, spjatý též s činností Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně, profesor Václav Petržílka. Aplikací nových metod elektronové mikroskopie ke studiu vlastností pevných látek se zabýval dr. Miroslav Rozsíval se svými spolupracovníky. Je zřejmé, že tyto výzkumy, k nimž byl dán počátek v letech před druhou světovou válkou, směřovaly k požadavkům rozvoje strojírenské výroby. První fyzikální výzkumný ústav mimo půdu vysokých škol byl také založen profesorem Dolejškem při Škcdových závodech a tak byl dán popud k pozdějšímu založení Ústředního ústavu fyzikálního a Ústavu technické fyziky ČSAV.

Vedle výzkumu ve fyzice pevných látek a jejich průmyslových aplikací se rozvíjely u nás též práce ve fyzikální elektronice, vakuové technice a akustice. Již v době první světové války se profesor František Záviška zabýval šířením elektromagnetických vln vlnovody a ve dvacátých letech proslavil českou fyziku profesor Augustin Žáček objevem krátkovlnných elektromagnetických oscilací v magnetronu. Práce v oblasti mikrovlnné a vakuové techniky připravily pak půdu k významným výsledkům po druhé světové válce. Vedly k úspěšné konstrukci československého betatronu k defektoskopickým a terapeutickým účelům a lineárního urychlovače elektronů, jakož i k četným aplikacím ve fyzice plazmatu, a to s perspektivním zaměřením na výzkum řízené termojaderné reakce i pro bezprostřední využití plazmových technologií.

Zkušenosti v oblasti fyzikální elektroniky a mikrovlnné techniky předznamenaly pozdější nástup kvantové elektroniky, laserové a holografické techniky a optoelektroniky s rozsáhlými průmyslovými aplikacemi. Jednou z vůdčích vědeckých osobností tohoto směru výzkumu je nynější předseda ČSAV a ředitel Fyzikálního ústavu ČSAV akademik Bohumil Kvasil. Konečně je třeba připomenout i dlouhou tradici našeho fyzikálního

výzkumu v akustice spojenou se jménem profesora J. B. Slavíka. Nejde jen o to, že otázky hluku, vibrací a generace akustických polí nabývají na významu s rozvojem moderního průmyslu a dopravy a s ochranou životního prostředí. Ultrazvukové metody se dnes stávají nejdůležitějším prostředkem studia jednak kavitačních procesů v kapalinách, jednak i nedestruktivní defektoskopie velkých kovových odlitků, reaktorových nádob apod.

Jaderná fyzika se zrodila v našem století a její éru zahájilo studium radioaktivity a vlastností jaderného záření. I zde reagovali čeští fyzici již na první práce manželů Curieových a výzkumy Rutherfordovy. Předčasně zesnulý nadaný fyzik, profesor Bohumil Kučera, o němž byla již zmínka v souvislosti se studiem elektrokapilárních jevů, publikoval již v prvním desetiletí našeho století řadu prací o vlastnostech radioaktivního záření. Praktické aplikace radioaktivity dlouho směřovaly především k radioléčebným metodám a v tomto směru si u nás získal trvalou zásluhu žák Marie Curieové, akademik František Běhounek. Objev neutronu, štěpení atomových jader a možnost využití štěpné řetězové reakce jako průmyslového zdroje energie zahájil ovšem úplně novou éru ve vztahu mezi fyzikou a průmyslem, novou etapu vědeckotechnické revoluce. V našem státě, který trpí nedostatkem klasických energetických zdrojů a má naopak dlouhou tradici v těžbě uranu, vyvolala tato perspektiva opravdový entuziasmus a dala mocný popud k dalšímu rozvoji české fyziky. Spuštění jaderné elektrárny v Obninsku, první ženevská konference o mírovém využívání jaderné energie, založení Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně a současně s tím zahájení československého jaderného programu využívajícího unikátních experimentálních zařízení, dodaných Sovětským svazem, otevřely nové možnosti fyzikálnímu výzkumu. Tento vývoj umožnil československým fyzikům účastnit se náročných experimentů na předním kraji světové vědy, avšak postavil je před novou odpovědností přispívat k rozvoji jaderné energetiky a k využití radioizotopů a metod jaderné fyziky v průmyslu. Velkoryseji byla koncipována v této době i příprava vysokoškolských i středoškolských kádrů pro československý jaderný program a v roce 1955 vznikla na Univerzitě Karlově nová fakulta technické a jaderné fyziky.

Učební program této nové fakulty, která se čtyři roky poté jako dnešní fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská stala součástí Českého vysokého učení technického, byl koncipován našimi předními odborníky, fyziky a inženýry, k nimž patřili první děkan fakulty, profesor Václav Petržílka, akademik František Běhounek a akademik Bohumil Kvasil. Typickým rysem fakulty se stalo jednak trvalé úsilí o sblížení fyzikální a inženýrské výuky, jednak komplexní přístup k jaderné a fyzikálně inženýrské problematice, spolupráce odborníků různých profesí, různých oblastí matematiky, fyziky, chemie a techniky, rozvíjení hraničních vědních a inženýrských oborů. Těsná spolupráce fakulty jednak s dalšími fakultami ČVUT a se sesterskou matematicko-fyzikální fakultou University Karlovy, s níž sdílí dnes společný areál matematicko-fyzikálního učiliště za mostem Barikádníků, přispívá k obohacení možností pedagogické i vědecké práce a k dalšímu sepětí fyziky s inženýrskými a průmyslovými aplikacemi. Zmíněný vysokoškolský areál, přes četné stavební a provozní nedostatky, otevírá i pro pražské vysoké školy nové možnosti experimentálního výzkumu pro potřeby vědy i praxe. Postupně by zde měla být uvedena do provozu taková experimentální zařízení, jako je van de Graaffův generátor,

výkonné laserové systémy, zařízení umožňující práci s milikelvinovými teplotami a školní jaderný reaktor. Přitom se zde počítá s vytvářením společných laboratoří a pracovišť vysokých škol a institucí Čs. akademie věd jako progresivní formy kooperace vědecko-výzkumné činnosti.

Program československé jaderné energetiky, původně orientovaný na těžkovodní reaktory s přírodním, neobohaceným uranem a v současné době na lehkovodní osvědčené reaktorové systémy VVER 440 a VVER 1000 prošel mnoha peripetemi a znamenal neocenitelnou zkušenost pro práci fyziků i pro celou koncepci našeho průmyslu. Výstavba jaderné energetiky neklade nové nároky pouze z jaderného hlediska, aktivní zóny reaktoru a primárního okruhu, resp. ochrany před zářením. Vyžaduje zároveň kvalitativně novou, vyšší úroveň metalurgie, techniky sváření, ochrany proti korozi, defektoskopických metod, signalizace a automatizační techniky, dálkového ovládní a výpočetní techniky atd., tedy v podstatě kvalitativně vyšší úroveň celých odvětví průmyslové výroby. Této vyšší úrovni se ovšem nemůže dosáhnout bez využití nejnovějších fyzikálních metod, tedy úzké spolupráce fyziky s průmyslem. Přitom tu nejde jen o jadernou energetiku, ale o moderní průmyslovou výrobu vůbec. Rychle stoupají nároky na vlastnosti materiálu, rostou provozní teploty, tlaky, rychlosti, přidružují se nové nepříznivé faktory, jako je vliv záření, nízkých teplot a agresivních chemikálií (stačí si představit problémy spojené s chlazením nové generace jaderných reaktorů tekutými alkalickými kovy), zmenšují se tolerance, rostou nároky na spolehlivost, na řízení a na ochranu životního prostředí. Mění se i ekonomické kalkulace; náklady na testování, kontrolu zařízení a defektoskopické zkoušky, jakož i na ochranu před znečištěním životního prostředí se stávají srovnatelné s výrobou zařízení samotných.

A právě zde musí zejména fyzika dát k dispozici nové, citlivé metody, které by umožnily takové sledování, kontrolu a řízení výrobních procesů jako nezbytných předpokladů pro postupnou automatizaci a robotizaci. Moderní fyzikální výzkum v oblastech jaderné fyziky, fyziky pevných látek, kvantové elektroniky, optiky, akustiky a dalších pro to vytvořil dostatek možností a často jde jen o dostatečnou informovanost o potřebách průmyslu, o kontakt fyziků s inženýry i o prostý lidský důvtip.

Hovořili jsme již o metodách rentgenostrukturální analýzy, elektronové mikroskopie a ultrazvukových defektoskopických metodách. Neobyčejně citlivé způsoby stanovení nepatrných množství látek přinesla na příklad mössbauerovská spektroskopie a metody  $\gamma$ -aktivační analýzy s využitím mikrotronu, který byl nedávno vybudován ve spolupráci se SÚJV Dubna a za podpory čs. geologického průzkumu na fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT. Podobně i neutronografické metody slouží při výrobě zirkoniových a hliníkových slitin, při výrobě feritů a chromitů, zeolitů pro makromolekulární síta, katalyzátorů a absorbentů. Neutronografie pole rezonančních neutronů v jaderných reaktorech umožňuje sledovat produkci plutonia. K průkopníkům těchto a dalších metod jaderné fyziky v průmyslu patří u nás profesor Čestmír Šimáně, někdejší spolupracovník F. J. Curie.

Nové detekční a měřicí metody mohou být založeny i na dalších fyzikálních principech, které našly své uplatnění v nedávné době. Patří k nim magnetometrické metody – připomeňme pulsní Fourierův spektrometr jaderné magnetické rezonance vyvinutý v Ústavu přístrojové techniky ČSAV, supravodivý kvantový magnetometr s hrotovými

Josephsonovými kontakty, který rozpracovávají ve Fyzikálním ústavu ČSAV nebo magnetický teploměr pro milikelvinové teploty, vyzkoušený v témž ústavu či pyroelektrické detektory a systémy pro bezdotykové měření vysokých teplot, které se ve značné míře uplatňují v keramickém, gumárenském, sklářském a strojírenském průmyslu, popř i jinde. V energetice i při ochraně životního prostředí vzrůstá význam spolehlivé a citlivé detekce pomalých i rychlých neutronů a směsných radiačních polí. Zde se osvědčují nové druhy neutronových detektorů, vyvíjených jednak v Ústavu dozimetrie ČSAV, jednak na fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT. Tyto detektory využívají speciálních křemikových diod a polymerových materiálů.

Fyzika pomáhá často řešit technologické a provozní problémy výroby, které nelze zvládnout tradičními metodami a jejichž řešení přináší velký ekonomický užitek, zvyšuje konkurenceschopnost produkce. Nemusí přitom jít ani o nové závratné fyzikální objevy, ale jen o prosté spojení fyzikální erudice, smyslu pro technickou aplikaci, důvtipu a iniciativy lidí. Neocenitelnou úlohu tu má novátorské hnutí a iniciativa pracujících, kteří znají problémy výroby z dlouholeté praktické zkušenosti. Myslím, že je třeba vykonat více pro vzájemné sblížení fyziků, inženýrů a novátorů, vytypovávat a specifikovat úkoly, které by mohly přispět k zefektivnění výroby a operativně s nimi seznamovat naši fyzikální obec. V takové spolupráci, namátkou vzato, vzniklo na naší fakultě zařízení pro kontinuální měření tloušťky transportérových pásů pro severočeský hnědouhelný revír, radionuklidový rozdužovač brambor, který snižuje ztráty vznikající odvážením humusu z polí, byl vyvinut přenosný měřič tloušťky stěn potrubí a nádob přístupných pouze z jedné strany, a to na principu zpětného odrazu  $\gamma$ , byly rozpracovány způsoby detekce vlhkosti, popelnatosti a výhřevnosti uhlí metodami neutronové fyziky, které umožňují kontinuálně sledovat složení velkých objemů materiálu na dopravnících elektrárnách. Podobné příklady bychom mohli uvádět i z jiných pracovišť.

Nepřeberné možnosti technických aplikací a skutečnou revoluci v optice, technologii, sdělovací a měřicí technice a v mnoha dalších oblastech přinesl s sebou rozvoj kvantové elektroniky a laserové techniky. Oblasti využití, které nabízí koherentní elektromagnetické záření světelných a kratších vlnových délek a vysoká prostorová i časová koncentrace zářivé energie jsou dostatečně známy. Laserová měřicí a technologická zařízení se uplatňují ve strojírenství, geodézii, při ochraně životního prostředí, v kosmickém výzkumu, v lékařství a v mnoha dalších oborech lidské činnosti. Laserové interferenční měřicí zařízení, vyvinuté v Ústavu přístrojové techniky ČSAV s He-Ne laserem, umožňuje měřit délky s mezní přesností pěti statisícin procenta měřené délky s rozlišením v nanometrové oblasti. Lasery se uplatňují v přesném strojírenství a v hodinářském průmyslu, v mikroelektronické technologii, při kontinuální kontrole výroby tkanin a tenkých fólií, při sledování prašnosti a škodlivých zplodin v průmyslové výrobě. Zvláštní možnosti poskytuje holografická technika včetně impulsní a akustické holografie. Tak holografický impulsní záznam kapiček generovaných atomizérou v sušárnách potravinářského průmyslu umožnil hospodárnější konstrukci těchto atomizérů a podobně holografická registrace vodního paprsku při řezání dřeva vedla ke zdokonalení konstrukce trysek.

Základním faktorem, který rozhoduje o růstu produktivity práce, je pokrok v technologii. Nejmodernější technologie rozhodující o rozvoji součástkové základny mikroelektroniky využívají jednak intenzivního elektromagnetického záření (laserového,



ultrafialového a rentgenového), jednak urychlených svazků nabitých částic. Interakce těchto svazků s pevnou fází a povrchem pevných látek je vysoce selektivní, umožňuje provádět leptání, dotování, nanášení vrstev s velkou přesností a vytvářet tak složité velkoplošné struktury s vysokým stupněm organizace a minimem defektů. Zařízení pro implantaci iontů do pevných látek, vyvinutá na fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT a elektrotechnické fakultě SVŠT v Bratislavě, umožňují získávat ionty o energiích řádově 100 keV a implantovat široké spektrum iontů do polovodičů a kovových materiálů s žádaným profilem dotace. Je třeba podotknout, že tato technologie slouží nejen mikroelektronice, ale umožňuje i citlivou analýzu povrchů a může podstatně měnit povrchové vlastnosti kovů – mechanické, antikorozi, ovlivňuje tvrdost, otěr, kluznost a další parametry součástek a tím i kvalitu, spolehlivost a životnost strojírenských výrobků. Využití dalších unikátních fyzikálních zařízení, jakým je na příklad van de Graaffův urychlovač, se možnosti tohoto výzkumu a jeho aplikací ještě dále rozšíří.

Zcela nové možnosti legování materiálů umožňuje využití jaderných transmutací vyvolaných neutronovým nebo  $\gamma$ -zářením. Záření proniká do požadované hloubky ve velkém objemu materiálu a je přitom možno dosáhnout řádově vyšší homogenity než konvenčními metodami, aktivace donorů, prodloužení doby života minoritních nositelů náboje atd. Na jaderné a fyzikálně inženýrské fakultě ČVUT bylo ve spolupráci s Teslou Rožnov tímto způsobem zpracováno již více než 100 kg čistého křemíku jako výchozího materiálu pro výrobu vysokonapěťových tranzistorů, Zenerových diod apod.

Z hlediska mikroelektronické technologie se u nás fyzikální výzkum podílí zejména na výrobě a kontrole dokonale čistých materiálů a konstrukci zařízení pro rentgenovou a elektronovou litografii. Důležitou úlohu přitom má konstrukce zdrojů nabitých částic a rentgenového záření, zejména měkkého, založených na nových fyzikálních principech. Sem spadá na příklad využití synchrotronového záření nebo rentgenového záření generovaného v laserovém vysokoteplotním plazmatu. Zvláštní význam má vytváření tenkých magnetických vrstev a magnetických cylindrických domén pro bublinové paměti počítačů nové generace. V laboratorním měřítku byla již příslušná technologie zvládnuta ve spolupráci Fyzikálního ústavu ČSAV, Ústavu matematických strojů a strojní fakulty ČVUT. Potřeby moderního průmyslu přivedly též k novému rozkvětu mechaniky, především nelineární, teorie dislokací, lomové mechaniky i mechaniky kontinua.

Také fyzika plazmatu a elektrických výbojů, jejíž nová éra nastoupila v roce 1958, kdy na druhé ženevské konferenci o mírovém využívání jaderné energie byla vytyčena perspektiva ovládnutí termojaderné reakce, poskytuje mnoho možností uplatnění v technologii a výrobě. Řada výsledků, jichž se dosáhlo při výzkumu plazmatu ve Fyzikálním ústavu a Ústavu fyziky plazmatu ČSAV, na katedře fyziky elektrotechnické fakulty a na jaderné fakultě ČVUT, na pracovištích pražské a brněnské univerzity i jinde, vedly k využití plazmochemie, plazmových hořáků, magnetohydrodynamických principů v průmyslové výrobě, ke konstrukci plazmových urychlovačů a ke zdokonalení světelných zdrojů s elektrickými výboji. Pracovníci Ústavu fyziky plazmatu ČSAV a jaderné a fyzikálně inženýrské fakulty ČVUT vyvinuli na příklad speciální technologii vytváření tenkých vrstev v plazmatickém prostředí za nízkých teplot (menších než 200 °C). Tato technologie se může uplatnit jak v mikroelektronice, tak i na příklad při povlakování

řezných nástrojů a namáhaných součástí, při vytváření tepelných zrcadel na transparentních fóliích a v dalších odvětvích výroby.

Mohl jsem uvést jen několik konkrétních příkladů z uplatňování nových fyzikálních poznatků v průmyslu i národním hospodářství a úspěšné spolupráce našich fyziků s inženýry a techniky. Tento výčet není ani úplný, ani dostatečně reprezentativní. Chtěl bych však zdůraznit, že fyzika jako přírodní věda, která studuje fundamentální zákonitosti přírody, vytváří gnozeologický základ pro další perspektivní rozvoj výrobních sil a tím i celé lidské společnosti. I když v budoucnosti jistě poroste význam chemických a biologických technologií, zůstává fyzika i pro tyto vědy zdrojem měřicích i detekčních metod a přístrojové základny. Jaderná fyzika a fyzika plazmatu – a ve vzdálené budoucnosti i fyzika elementárních částic – musí se rozhodujícím způsobem podílet na zajištění dlouhodobých zdrojů energie; fyzika pevných látek si najde své místo při řešení surovinových a materiálových otázek; fyzikální elektronika a optoelektronika budou hrát rozhodující úlohu při automatizaci i kybernetizaci výrobních procesů a zpracování informací. Nelze samozřejmě vyloučit ani to, že další rozvoj fyziky přinese nové nečekané objevy, které podobně jako objev tranzistoru nebo laseru otevrou nové možnosti v průmyslové výrobě i v dalších oborech lidské činnosti.

Přáli bychom si, aby se česká a slovenská fyzika jako součást světové vědy mohly i dále plně rozvíjet, přinášet důstojný vklad do pokladnice lidského poznání a aby současně v těsném kontaktu se životem a potřebami naší socialistické společnosti a v těsné spolupráci s fyziky Sovětského svazu a ostatních socialistických zemí přispívaly k rozvoji našeho průmyslu a národního hospodářství, a pomáhaly vytvářet materiální základnu rozvinuté socialistické společnosti. Myslím, že tradice, které si připomínáme u příležitosti stého výročí novodobé české fyziky, předpoklady, které naše společnost pro další rozvoj fyzikálního bádání vytváří, a tvůrčí elán našich fyziků jsou pro to dobrou zárukou.

---

Každé usudzovanie, ktorým ozrejmime spätosť alebo protiklad dvoch ideí, sa volá dôkaz.

... vo vedách, kde prevláda rozumová úvaha, väčšina našich vedomostí sa opiera o jasné a presné definície.

... netreba čítať všetky rozsiahle rozpravy o morálke na to, aby z vás bol statočný človek.

... tituly sú vždy veľmi neistým meradlom, či už ide o knihu alebo o človeka.

Dve veci sú potrebné, aby ľudský duch získal umenie odhadu; cvičiť sa v presných dôkazoch a neobmedzovať sa na ne.

Schopnosť vštepiť do hláv bez námahy pravdivé

a jednoduché pojmy, je oveľa záslušnejšia činnosť, než si myslíme.

So zákonmi je to ako s vedami. Nie počtom osobitých zásad, ale plodnosťou základných princípov zväčšíme ich dosah a silu.

Filozofia nie je nič iné ako aplikácia rozumu na rozličné predmety, o ktorých rozum môže vypovedať.

Najvyšší rozum roztrhol závoj a ukázal sa, nič nepridal svetlu nášho rozumu, pokiaľ ide o dôkazy, že jestvuje, iba nám umožnil dokonale využívať toto svetlo a konať podľa neho.

*d'Alambert*