



**Výuka fyziky jedním z pilířů materiálového inženýrství, podstatou  
nedestruktivních zkušebních metod a nanotechnologie**  
**PHYSICS LECTURES THE SUPPORT OF NONDESTRUCTIVE  
TESTING, MATERIAL ENGINEERING AND NANOTECHNOLOGY**

**Lubomír SODOMKA, Adhesiv,TUL Liberec**

**Abstrakt**

Fyzika je již od 18. století základní disciplína při vysokoškolském studiu technických věd jako je strojírenství, nauka o materiálech, technologie, chemie, elektrotechnika, medicína a v poslední době i rozšířená nanotechnologie. Poněvadž většina měřících a zkušebních metod je založená na fyzikálních základech, je důležité znát jejich fyzikální podstatu známých zkušebních metod pro případnou jejich modifikaci a jejich vyhodnocování a jednak k možnosti realizace nových zkušebních a měřících metod. Přednášky fyziky je třeba zaměřit pro jejich využití v uváděných oborech. Kromě toho nelze vynechat podstatné obecné fyzikální zákony k poznávání souvislostí. Konečně je třeba zdůrazňovat i význam fyziky k řešení filosofických otázek. Během 20. století vznikly nové objevy a disciplíny fyziky, které je nutné přenést do soudobých aplikací. Existuje excelentní kniha s takovým zaměřením trojce autorů M. von Ardennea, G.Musiola a S.Rebala: *Efekte der Physik und ihre Anwendungen* vydané VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1988, která se blíží vytčeným požadavkům, jejíž obsah je však třeba rozšířit o nové metody a poznatky a nové koncepce. V tomto duchu byla vytvořena příručka fyziky, která je věnovaná základům fyziky se zaměřením na výše uvedené aplikace, založenou na dlouholetých přednáškách fyziky na vysokých školách s technickým zaměřením s přihlédnutím k současným zkušebním metodám a rozšiřovanou o nanotechnologii, jejíž koncepce je předmětem této prezentace.

**Abstrakt**

One can say that the physics is creating pillar for technique especially for nondestructive testing and medicine and today also on biology and nanotechnology. Therefore it is necessary to change the content of physics lecture on orientations for applications. In the 20<sup>th</sup> century there are appearing the new physical discovery as the discovery of X-rays, quantum physics, nanotechnology and others changing the old conceptional physical system offering quite new applications. Therefore it is necessary to change also the physical lecture programs oriented on applications of physics also on such fields as nondestructive material testing, on material technology and nanotechnology. In the contribution there is made the proposal as one of the attempt of such new lectures program of physics oriented in this direction.

**1. Úvod**

Již od vzniku vysokých škol technických zvláště pak strojních, stavebních, chemických i textilních jedním ze základních předmětů byla fyzika. Dokonce i na významných vysokých školách s filosofickým zaměřením byla předešlá fyzika a dokonce i přírodověda. Na středních školách kromě specializovaných škol jako jsou školy hotelové, kuchařské je všude jedním z předmětů fyzika. Je skutečností, že fyzika dnes integruje spolu s matematikou, chemií, biologií a technickými vědami v jeden celek. Během vývoje vznikly na vysokých školách vynikající učebnice fyziky ve jazycích, nejvíce a nejproslulejší jsou v angličtině z tradičních anglických univerzit. Velmi významné a dokonalé učebnice vznikaly v Německu v němčině a později i v SSSR a nyní v Rusku. Odráželo to skutečnost vyspělosti vysokých škol a jejich výzkumné činnosti. Autori těchto vynikajících učebnic fyziky byli většinou

špičkoví fyzici dokonce i laureáti Nobelových cen za fyziku jako např. L.D.Landau (SSSR) a R. Feynman (USA). Ti si uvědomovali nutnost aplikací fyziky. Je základem nejen fyzikálně technických věd (FTV), ale silně zasahuje také i do medicíny a všech druhů technologie, kde se její použití ukazuje nejdůležitější. Vývoj fyziky na vysokých školách v ČR ovlivňovaly učebnice německé, ruské a anglické. Z nich jako příklady lze uvést německé G.Joos: Einführung in theoretische Physik, Grühmsehl, E.: Lehrbuch der Physik I,II,III,IV, Rennert, P., et al.: Kleine encyklopedie: Physik a další, ruské Kitajgorodskij : Kurs Fiziky, Sivuchin: Kurs Obščej fiziki, Javorskij , Detlaf : Kurs fiziki, z anglické Kittel, Ch. et al.: Berkeley Physics Course, Feynman: Feynman lectures on physics, Tipler, Mosca: Physics for scientists and engineers a ruská učebnice fyziky vhodná pro aplikátory : detlaf, Javorskij: kurs fiziki. z angličtiny a ruštiny bylo přeloženo několik učebnic, z nichž v poslední době lze uvést překlad autorů Halliday, Resnick, Walker: Fyzika , vysokoškolská učebnice fyziky. Z učebnic v ČR lze uvést Nachtigalovu fyziku, Horákovu et al: Základy fyziky a méně známých dalších autorů z univerzity a techniky. Všechny mají nevýhodu, že jsou to rozšířené učebnice středoškolské za použití matematického aparátu. Podrobnější přehled učebnic s přesnými citacemi lze najít např. v [1], [2]. Převahu již dříve vydaných těchto knih tvoří klasická fyzika a pro moderní partie potřebné pro nanofyziku nezbylo již místa, natož na aplikace.

Poněvadž soudobé technologie se orientují na materiálové inženýrství a nanotechnologii, je třeba tímto směrem orientovat i přednášky a učebnice (příručky) fyziky. Pochopitelně, že součástí aplikací jsou měřicí metody, přístrojová technika, zvláště pak nedestruktivní zkoušení materiálů a pro tyto aplikace má směřovat fyzika pro tyto obory. Nelze se již spokojit se všeobecnou fyzikou, kde bez ohledu na použití se přednášejí všechny části fyziky podle programů v prošlých stoletích. V roce kolem roku 1967 jsem narazil na sovětskou knížku Krátkij spravocnik po fizikě. Zaujala mne proporcemi obsahu. Klasická fyzika zabírala 1/3 obsahu, ostatní část se věnovala moderním partiím. V té době byl aktuální Mössbauerův jev a ten ní byl již dobře vysvětlený. Navrhl jsem ji k překladu a v roce 1970 vyšla pod názvem Přehled fyziky a je dodnes aktuální. Při přednáškách fyziky se m i stala vzorem svou schopností vyložit ty nejsložitější partie současné fyziky. V tomto směru jsem se snažil koncipovat přednášky fyziky a výsledkem se stala příručka Základy fyziky pro aplikace a nanotechnologii. Pojmem nanotechnologii se snažím zdůraznit aktuálnost nanotechnologie a zdůraznit ty části fyziky, které jí slouží, i když je v ní zařazena i femtotechnologie.

## **2. K čemu má sloužit fyzika nefyzikům**

Přednášky fyziky na vysokých školách technických a medicíně mají především těm oborům, které jsou na příslušné vysoké škole nosné. 1. Nemají zaměřené na podrobné zpracování probírané látky beze vztahu k použití. 2. Mají být soustředěné více na jevovou stránku vedoucí k aplikacím. 3. v složitějších partiích se uchýlit i k populárně vědeckému výkladu na úkor přesnosti. 4. Těžiště přenášek a příruček přenést do neklasické oblasti fyziky důležité pro nanotechnologii jako je atomová, molekulová fyzika a fyzika kondenzovaných látek a do metodiky jejich zkoušení, zvláště pak nedestruktivní. 5. Uvádět aplikace. Také aplikace je třeba se učit, když jsou známé a ne je teprve objevovat. 6. Přednášky by měly obsahovat podstatu všech závažných nedestruktivních metod. 7. Fyzika by měla sloužit jako východisko k objevným aplikacím 8. Měla by vyzbrojit posluchače teoreticky k budoucím výkladům měřících metod a technologií.

Takovou příručku není jednoduché sepsat a ještě nesnadnější ji pak vydat. Je to dlouhodobý proces, který je možné řešit vytvořit velkého kolektivu a pracovat paralelně, nebo dlouhodobě jednotlivcem. Jaké jsou tedy ideální přednášky a texty ke splnění bodů 1. až 8. Není jednoduché najít ideální přednášky a i učebnici. Přesto taková učebnice existuje a lze jako ideální učebnici označit v současnosti učebnici autorů Triplera a Mosca: Physics for scientists and engineers. Je rozsáhlá kolem 1300 stran zvětšeného formátu, opatřená velkým množstvím dokonalých obrázků s realistickými motivy fyzikálních jevů. I když jsou v knize

i aplikace, nejde o systematicky uváděné aplikace. Ideální učebnice musí být zaměřena co nejvíce na jevy více než na odvozování i když užitečných vztahů, které jsou nutné pro technologii.

## 2. Jakou fyziku potřebuje nedestruktivní zkoušení

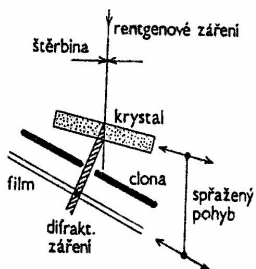
Nedestruktivní zkušební metody jsou ve většině založené na fyzikálních jevech a zákonech. V mechanice jde o v praxi důležité tření, pružnost a pevnost. Otevřené problémy jsou při testování těchto veličin pro mikro a nanovláčna. Důležité je také testování anizotropie mechanických a reologických vlastností. Z mechaniky jsou zajímavé jevy kmitů kolem rezonance, infrazvuk, zvuk a ultrazvuk. Velké naděje jsou vkládané absorpci a emisi zvuku a ultrazvuku k hodnocení vlastností materiálů. Z hydrodynamiky je důležitá viskozita. Z tepelných pak tepelný vodivost, přestup a prostup tepla. Magnetismu se již velmi brzy po objevu užívalo k nedestruktivním zkouškám železa a jeho slitin. Zajímavé je rovněž použití vířivých proudů k hodnocení mechanických vlastností ocelí. Elektrických jevů se využívá běžně k měření teploty, a to odporově nebo termoelektricky termočlánky (Seebeckův jev). Peltierův termoelektrický jev se využívá k udržování stálé teploty, k chlazení a ohřevu zkušebních a měřicích zařízení. Daleko nejrozšířenější pro nedestruktivní zkušebnictví jsou metody využívající elektromagnetického záření, a to všech vlnových délek. Pro materiálové zkušebnictví jsou nejrozšířenější metody optické, mikroskopické a interferometrické. Jako zkušební diagnostiky v nanoměřítcích jsou rozšířené metody rentgenografické, založené na difrakci rentgenového záření. Těmito metodami lze přímo určovat fázovou analýzu, velikosti krystalitů v látkách a nepřímé určování poruch v krystalech, teplotní kmity atomů v pevných látkách a provádět rentgenovou spektrální analýzu. Snem každého pracovníka, pracujícího v materiálové fyzice bylo zviditelnit jednotlivé atomy a jejich chování v materiálech. K tomu byly postupně objevené metody počínaje elektronovými mikroskopy, řadkovacími elektronovými mikroskopy, iontovými mikroskopy a projektory [3], emisními mikroskopy, přes holografické rentgenové metody, až po tunelové řadkovací mikroskopy a atomové silové mikroskopy. Poněvadž všechny uvedené metody jsou založené na fyzikálních principech a objevech, je vhodné, aby již v základech fyziky se objevovala podstata těchto metod, na které by pak snadněji navazovaly monografie těchto metod jako např. [4]. V ní jsou podrobněji a rozsáhleji zpracované uvedené metody.

V současné době je aktuální vypracovat zkušební metody nanotechnologie vláken a textilií. Jako ilustraci výsledků uváděných metod jsou uvedené některé obrázky z této publikace jako např. Langova metoda rentgenové topografie poruch na obr.1,2., příklady rentgenové interferometrie (obr.3,4) výsledky atomové silové mikroskopie (obr.5,6), záznam akustické emise při namáhání textilií (obr.7) a odstředivý tribometr k určování anizotropie textilií (obr.8):

## 3. Jaké řešení

Současný stav literatury fyziky pro technické vysoké školy je takový, že každá fakulta si vydává svá skripta, což je jak ekonomicky tak i odborně nevýhodné. Chybí celostátně vydávané knihy, neboť nakladatelství jsou malá a těžko si mohou dovolit malé náklady poměrně drahých knih. Jednou z cest by byly překlady. Pro ně je třeba vybrat vhodný titul a tým překladatelů, aby byl překlad hotový za rok. Jako první návrh překladu se jeví kniha Manfreda von Ardenne et al: *Efekte der Physik* 1988 aktualizovaný o nové jevy po roce 1988 vlastními autory. Zde jde o knihu již monografickou. Jako základní pomůcku pro pochopení fyzikálních principů nedestruktivních zkušebních metod obecnější pomůcku, která by nejen představila fyzikální základy nedestruktivních zkušebních metod, ale přispěla i širšímu rozhledu po fyzice. Proto byly vytvořené *Základy fyziky pro aplikace a nanotechnologii (ZFPA)*, aby byla k dispozici publikace, ve které by byly aplikace. K ilustraci mohou sloužit

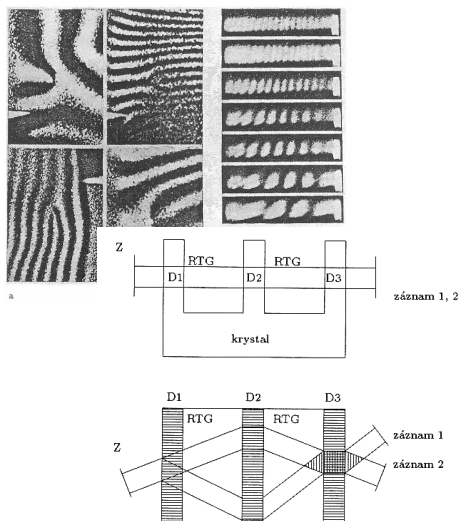
názvy 24 kapitol: 1.díl 1. Úvod, 2.Předmět fyziky a rozdělení fyziky, 3. Využití matematiky ve fyzice, 4. Mechanika, 5. Kmitání a vlnění 6. Termodynamika, molekulová a statistická fyzika 303 stran, 2.díl 7.Elektrodynamika, 8. Optika, 9.Relativita, 10. Atomová a molekulová fyzika, 11. Kvantová fyzika. 3.díl 12. Jaderná fyzika, 13. Fyzika kondenzovaných látek, 14. Biofyzika, 15. Měřicí a přístrojová fyzika, 16. Geofyzika, 17. Kosmická fyzika, astrofyzika, 18. Počítačová fyzika, 19. Unitární teorie, teorie všeho, 20.Teorie superstran, 21 Synergetika, 22. Fyzika a filosofie, 23. Fyzika makrostruktur, 24.Univerzální konstanty a tabulky. Kromě klasického pojetí jsou uvedené v ZFPAN od kapitoly 11 i kapitoly důležité pro nanotechnologii a kapitoly o nových disciplínách fyziky.



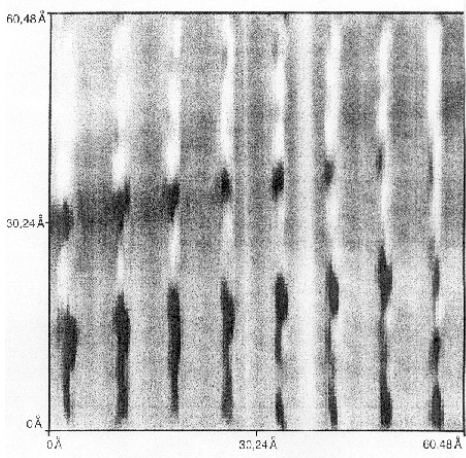
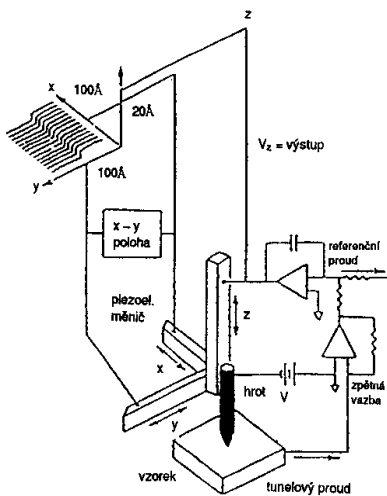
Obr.1. Langova topografie



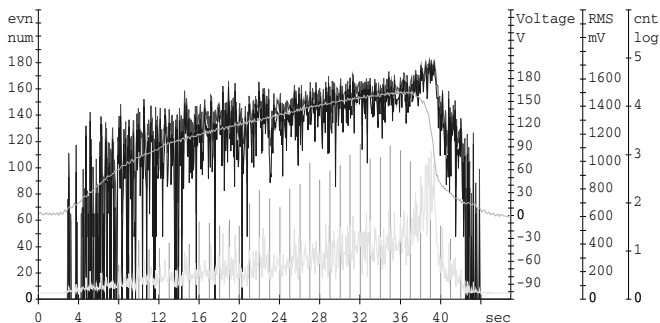
Obr.2 Poruchy v monokrystalech křemene



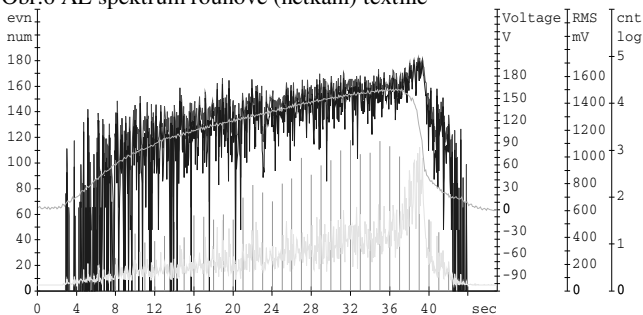
Obr.3.4 Rentgenová interferometrie



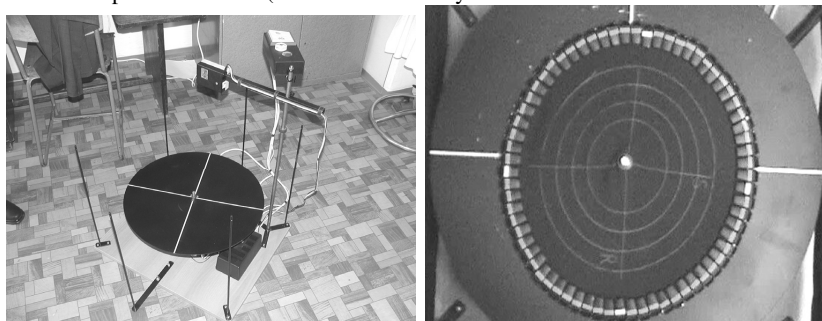
Obr.5.Princip atomového silového mikroskopu (ASM) Obr.6 Povrch PTFE pořízeného ASM



Obr.6 AE spektrum rounové (netkaný) textilie



Obr.7 AE spektrum textilie (maňštrované tkaniny)



Obr.8 Odstředivý dynamometr s výsledkem měření anizotropie textilie

#### 4. Literatura

- [1] Sodomka,L.: Základy fyziky pro aplikace a nanotechnologii. Adhesiv Librec 2005, díl 1,2,3 na CD
- [2] Sodomka,L., et al.: Základy fyziky pro aplikace a nanotechnologii. Díl 1.Adhesiv Librec 2007, str.10
- [3] Sodomka,L.: Struktura a vlastnosti pevných látek. SNTL Praha 1967. Anglický překlad. Structure and properties of solids. Illife. London 1970
- Ardenne, M. von.: Effekte der Physik und ihre Anwendungen VEB Deutsche Verlag der Wissenschaften, Berlin 1988
- [4] Sodomka,L., Fiala,J.: Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi, díl1,2,3. Adhesiv. Librec 2002,2003