

FYZIKA

Ke 100. výročí narození prof. RNDr. Emila Kašpara, DrSc.

EMANUEL SVOBODA

Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha



„Nad Albertovem stojí dům. Široké schodiště, šerá místnost, židle, stoly, skříně, knih stohy, můj stolek s malinkým kouskem oblohy.

Tam snivou já spájel se den co den vizí.“

E. K.

V květnu letošního roku uplyne 100 let od narození zakladatele české (československé) didaktiky fyziky, dlouholetého vědeckého pracovníka ve fyzice a vysokoškolského učitele *prof. RNDr. Emila Kašpara, DrSc.* Tímto článkem chci jako jeho bývalý student a pozdější spolupracovník připomenout bohatý a mnohotvárný tvůrčí život velké osobnosti, která veškerou svou práci zasvětila fyzice, její didaktice, výchově vědeckých pracovníků, přípravě studentů učitelství fyziky a úsilí o stále zkvalitňování výuky fyziky na našich středních školách.

Emil Kašpar se narodil 10. května 1907 v Řepnících (okres Chrudim) v učitelské rodině. Odtud také pramení jeho láska k učitelství a pozdější houževnatá práce při výchově nových učitelů fyziky a řešení didaktických problémů. V letech 1918 – 1926 studoval na Akademickém gymnáziu v Praze a na gymnáziu ve Vysokém Mýtě. Po maturitě si zvolil studium na přírodovědecké fakultě UK v Praze, obor matematika a fyzika. Středoškolské aprobace z těchto předmětů dosáhl v roce 1931. Již při studiu na přírodovědecké fakultě začal pracovat u profesora Žáčka. V roce 1932 získal titul doktora přírodních věd obhájením disertační práce na téma „Elektromagnetické vlny na dielektrických drátech“.

V třicátých letech minulého století v období těžké hospodářské krize byl do roku 1935 výpomocným učitelem na bývalých školách měšťanských v Holicích a v Rovni v Čechách. Pak až do roku 1945 působil na reálném gymnáziu ve Vysokém Mýtě, na gymnáziu v Praze, na ženském učitelském ústavu v Plzni a pak opět v Praze jako středoškolský profesor. Právě učitelská praxe vytvářela u něho hlubší zájem o otázky výuky fyziky. Mezitím byl v letech 1943 až 1945 totálně nasazen v továrně ETA v Praze, kde pracoval v optické laboratoři. V ní ho zaujala otázka vlivu výrobních chyb úhlů optického hranolu na polohu obrazu.

Po osvobození republiky pracuje až do roku 1947 ve Výzkumném ústavu pedagogickém v Praze. Odtud přechází do fyzikálního ústavu na pedagogické fakultě UK, kde byl pověřen vedením tohoto ústavu a přednáškami. Od roku 1952 byl pak ustaven vedoucím nově zřízené katedry matematiky a fyziky na téže fakultě. Po zřízení Vysokých škol pedagogických (VŠP) v roce 1953 byl jmenován vedoucím katedry fyziky na fakultě přírodních věd této vysoké školy v Praze. Po zrušení VŠP byl převeden v roce 1959 na matematicko-fyzikální fakultu UK, kde byl ustanoven vedoucím nově vzniklé katedry metodiky fyziky (v roce 1962 byla pak tato katedra přejmenována na katedru teorie vyučování fyzice a v roce 1976 na katedru didaktiky fyziky).

V roce 1952 byl jmenován docentem pro obor fyziky, v roce 1956 zástupcem profesora pro teorii vyučování fyzice, v roce 1962 pak řádným profesorem teorie vyučování fyzice. V roce 1968 obhájil disertační doktorskou práci zabývající se obecnou teorií úhlových vad achromatických hranolů a získal vědeckou hodnost doktora fyzikálně matematických věd. V roce 1974 odešel do důchodu, ale ještě po několik let pracoval na částečný úvazek jako vědecký pracovník na MFF UK. Dne 1. května 1998 zemřel v Praze.

Vědecká a odborná práce prof. Kašpara byla velmi bohatá a měla dvojí zaměření. Jedna část jeho prací se týká čisté a aplikované fyziky, druhá pak teorie vyučování fyzice (didaktiky fyziky). Z fyziky publikoval přes dvacet původních prací, z toho řadu v zahraničních časopisech.

Mnohem početnější skupinu jeho prací tvoří publikace z teorie vyučování fyzice, neboť publikoval v odborných časopisech našich i zahraničních a ve sbornících více než 100 studií a článků. Tematicky se tyto jeho práce dotýkají téměř všech základních otázek výuky fyziky, od vlastního vyučovacího procesu přes přípravu učitelů fyziky až po problematiku vědeckých prací zaměřených k výuce fyziky. Známa jsou jeho kritéria vědeckosti prací z teorie vyučování fyzice. Kritéria neztratila nic na své platnosti ani v současné době.

Rovněž více než 100 dalších drobných článků se zabývá různými dílčími otázkami konkrétní metodiky, recenzemi, referáty, úlohami apod. Velkou pozornost věnoval prof. Kašpar i konstrukci učebních pomůcek (nejznámější byly např. souprava pro mechaniku, přístroj pro určování tíhového zrychlení aj.) a výukovému filmu.

Je nutné zdůraznit, že prof. Kašpar svými pracemi a názory hluboce ovlivnil naši didaktiku fyziky právě v období jejího vytváření před 50 lety jako vědecké disciplíny. Vždy usiloval o to, aby vědecké práce z didaktiky fyziky splňovaly stejné předpoklady vědeckosti, jaké jsou v jiných vědních oborech. Byl také autorem pokynů pro přípravu vědeckých pracovníků v tomto smyslu. Zdůrazňoval přednostní řešení závažných problémů školské fyziky.

Významnými knižními díly prof. Kašpara se staly dvoudílná kniha „Kapitoly z didaktiky fyziky“ a učebnice „Didaktika fyziky. Obecné otázky“ (tu zpracoval s autorským kolektivem). Jako červená nit se těmito díly vine především jeho požadavek, aby „nové poznatky, způsob, hloubka a náročnost jejich výkladu odpovídaly mentální zralosti a kapacitě žáků“. Uvedená díla se stala výborným rádcem učitelům fyziky na základních a středních školách a učebnicí didaktiky fyziky pro posluchače učitelství na vysokých školách.

Významným dílem pro učitele fyziky je také stále aktuální publikace „Problémové vyučování a problémové úlohy ve fyzice“. Publikace (u níž byl hlavním autorem) poskytla ve své době učitelům fyziky jednak základní teoretické informace o tom, jak postupovat při řešení problémů, jednak náměty pro praktickou realizaci problémové metody. Dodnes je tato publikace využívána učiteli fyziky.

Prof. Kašpar byl také autorem nebo spoluautorem řady učebnic fyziky pro střední školy a vysokoškolských skript (z mechaniky a termiky, teoretické fyziky, praktik školních pokusů) a metodických příruček pro učitele fyziky (např. „O vlnění“).

S publikační činností prof. Kašpara souviselo i jeho působení v redakcích. Byl členem redakčních rad, popř. vedoucím redaktorem sekce pro didaktiku fyziky časopisů: Časopis pro pěstování matematiky a fyziky, Přírodověda a výchova, Rozhledy matematicko-přírodovědecké, Přírodní vědy ve škole, Fyzika ve škole, Matematika a fyzika ve škole. Ve Státním pedagogickém nakladatelství byl členem ediční rady knižnice Vyučování fyzice, kterou redigoval.

Rozsáhlá byla činnost prof. Kašpara při navrhování a postupné realizaci reformy učitelství fyziky na Matematicko-fyzikální fakultě UK. Reformami byla zajištěna vysoká odborná a didaktická úroveň studentů učitelství s důrazem na aktivní formy výuky a to i přednáškách od počátku studia. Zásady reorganizace učitelského studia na MFF UK Praha, aspoň co do organizační stránky, převzaly univerzity v Brně, Olomouci a v Bratislavě.

Do činností, jejichž cílem byla modernizace školské fyziky, patřily i nejrozličnější přednášky a referáty, jichž pan profesor přednesl na různých konferencích, seminářích a poradách u nás i v zahraničí více než padesát. Nebylo snad jediné akce zaměřené k problematice výuky středoškolské fyziky, na které by prof. Kašpar chyběl. Uspořádal také řadu kurzů pro učitele fyziky z praxe. Velmi známý a bohatě navštěvovaný byl modernizační kroužek fyziky na MFF UK, který vedl.

Vedle rozsáhlé tvůrčí vědecké a pedagogické činnosti zastával prof. Kašpar desítky funkcí jak v celostátních institucích a komisích, tak i v pedagogicko-organizačních komisích v rámci vysoké školy (předseda komise pro státní závěrečné zkoušky, předseda komise pro obhajoby kandidátských disertačních prací z oboru teorie vyučování fyzice, školitel aspirantů z teorie vyučování fyzice, člen vědeckých rad MFF UK a mnoho dalších). Je také nutno připomenout, že byl velmi aktivním členem JČMF.

Tato moje vzpomínka není podrobným rozbořem a hodnocením celoživotní práce profesora Kašpara. Chtěl bych ještě dodat, že 100. výročí jeho narození je velkou příležitostí pro všechny jeho bývalé studenty, spolupracovníky, učitele fyziky i čtenáře tohoto časopisu vzpomenout na jeho zásluhy o rozvoj didaktiky fyziky, na všechno, co udělal pro zkvalitňování výuky fyziky na našich školách svou obrovskou pracovitostí, cílevědomostí,

nárocností k sobě i k ostatním. Jsem přesvědčen, že vysokou hodnotu celoživotní práce prof. Kašpara vysoce pozitivně prověřil čas. Jeho odkaz je velkým motivem pro současné tvůrčí řešení problémů školské fyziky. Prof. Kašpar si vždy přál, aby „kapitáni školské fyziky konečně přestali klást na žáky a jejich učitele nesplnitelné požadavky a aby vymizel masový odpor žáků k této krásné disciplíně“. A stále zdůrazňoval, že „vážnost učitele fyziky není závislá jen na jeho odborných znalostech, nýbrž i na tom, jak dovede své znalosti předávat žákům, tedy na metodické zdatnosti“.

Závěrem bych chtěl uvést své pocity bývalého studenta profesora Kašpara a poté jeho spolupracovníka a také aspiranta. Pan profesor byl přísným, ale i vlídným učitelem, který s pochopením vyslechl každého, kdo se na něj se svými problémy obrátil, a snažil se mu v rámci možností pomoci. Vážili jsme si ho a měli jsme ho rádi.

Pan profesor Kašpar byl nejen výborným fyzikem a didaktikem fyziky, ale také dobrým člověkem, na kterého rádi vzpomínáme. Jen málo z nás ale vědělo, že byl také básníkem.

*„Stromořadí květů vroubila cestu
jabloně hořely šarlatem těžká tíž
umdlela hlavu mou a já šel tmou ...
a daleko, daleko do svítání.“*

(Oba úryvky jsou ze sborníku básní Emila Kašpara.)

Proč vyučovat astrofyziku na gymnáziích?

VLADIMÍR ŠTEFL

Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Tuto otázku si kladou profesori fyziky na gymnáziích při přípravě nových ŠVP. Nacházejí se v rozporuplné situaci, neboť restrincké dotace počtu vyučovacích hodin fyziky podle RVPG [1] je nutí k úvahám o mi-

nimalizaci učiva fyziky respektive astrofyziky. Na druhé straně studenti projevují zájem o astrofyzikální problematiku, neboť s novými informacemi z této zajímavé vědy se setkávají velmi často v hromadných sdělovacích prostředcích, v denním tisku, v časopisech a popularizačních knihách, na internetu. V hlavách studentů vznikají dotazy: *Co jsou to černé díry a jak se přesvědčujeme o jejich existenci? Lze pozorovat vznik hvězd? Jaké jsou metody zjišťování přítomnosti planet kolem hvězd?* U přemýšlivějších studentů se následně vynořují otázky: *Můžeme určovat vzdálenosti kosmických těles? Používáme při jejich výzkumu stejné zákony jako na Zemi?*

Shrnuto, studenti cítí vnitřní potřebu si získané informace ověřit, ujasnit, utřídit a diskutovat o nich. Ne vždy jsou uváděné informace, jakož i jejich interpretace v sdělovacích prostředcích správné. Je proto na profesoru fyziky, aby ve výuce prováděl jejich korekci a případně odstraňoval nevěrohodné a nesprávné představy (*misconceptions*).

To je plně v souladu s [1], kde v charakteristice vzdělávací oblasti **Člověk a příroda** se uvádí: „*Gymnaziální přírodovědné vzdělávání musí vytvářet prostředí pro svobodnou diskusi o problémech i pro ověřování objektivitu a pravdivosti získaných nebo předložených přírodovědných informací.*“

Studenti oprávněně očekávají, že jim bude podán výklad nové informace v širších souvislostech. Při jejím objasňování je vede profesor k fyzikálně správnému popisu diskutovaného poznatku, což je již v posledních ročnících gymnázia nutné. Tento proces je spojen se zaváděním respektive upřesňováním významu nových astrofyzikálních pojmů. *Přesné vyjadřování je podmínkou k dalšímu kroku – myšlení.* Obojí budou studenti u maturity i v životě potřebovat. Souběžně s tím je třeba nové poznatky uspořádávat do systému, tedy vytvářet *ucelené astrofyzikální vědomostní struktury*. Jejich vybudování je zásadní, neboť převážná většina studentů nepůjde dále studovat fyziku či astrofyziku. Celý další občanský život tak budou vycházet z astrofyzikálních znalostí, které získali v gymnaziální výuce. Pojetí vzdělávání v [1] oprávněně předpokládá vybavení studentů „*klíčovými kompetencemi a všeobecným rozhledem na úrovni středoškolsky vzdělaného člověka.*“

K výše naznačeným cílům sloužil astrofyzikální tematický celek, zařazený tradičně do závěru středoškolské fyzikální výuky u nás i v dalších evropských státech. V nich je zpravidla v středoškolské výuce **astrofyzika chápána jako věda, která popisuje a objasňuje především současné poznatky o fyzikálních a chemických vlastnostech kosmických těles a jejich stavbě.** To vyplývá z porovnání učebnic, v kte-

rých tempo zařazování nových poznatků do obsahu se neustále zrychluje, v současné době činí zhruba 5 roků. Důvodem jsou především výše zmínované souvislosti.

Modernímu zaměření odpovídá obsahová struktura astrofyzikálních učebnic, ve kterých je největší prostor vymezován na nejrychleji se vyvíjející oblasti astrofyziky, zabývající se především hvězdami a galaxiemi. V gymnaziální astrofyzikální učebnici [2] tento moderní trend zachycen není. Při detailnějším pohledu zjistíme, že v učebnici chybí profilující astrofyzikální témata, např. metody určování charakteristik hvězd, fyzikální podmínky v nitru hvězd, zdroje energie hvězd, vývoj hvězd a galaxií.

Proč mají být hvězdy ústředním tématem? Ve hvězdách probíhá základních chemická evoluce hmoty ve vesmíru, v nich vznikly těžší prvky, ze kterých je složena Země, vzduch i lidské tělo. Hvězda Slunce je důležitým zdrojem energie lidstva. Přestože obecné principy stavby a vývoje hvězd jsou již známy, hvězdy stále poskytují mnoho námětů pro výzkum, jde např. o problematiku jejich vzniku a závěrečných stadií vývoje, explozivní procesy – novy, supernovy, konvekce v nitrech, hvězdný vítr.

V učebnici [2] je naopak velmi detailně probírána pouze tematický celek **Sluneční soustava**. Učivo o Zemi a sluneční soustavě je však jen v podstatě opakujícím a místy prohlubujícím shrnutím znalostí, které jsou již studentům známy z předcházející výuky zeměpisu a fyziky. Drahocenný čas v posledních ročnících gymnázia je účelnější věnovat vlastní astrofyzice v tematickém celku **Hvězdy a Galaxie**, který však vyžaduje prohloubení astrofyzikálního výkladového textu učebnice.

Při omezených časových možnostech pochopitelně nemůže být cílem výuky informovat studenty o všech nových astrofyzikálních poznatcích, ale pouze na *vybraných příkladech demonstrovat fyzikální podstatu kosmických těles a jevů s nimi spojených. Tedy přesvědčit studenty, že fyzikální zákony platí jak ve třídě, tak i na nejvzdálenějších hvězdách, galaxiích a v celém vesmíru.*

Nejde o triviální kvalitativní přesvědčování studentů o platnosti zákonů na základě jejich pocitů, což můžeme realizovat pouze na Zemi, ale o abstraktnější přesvědčování podložené matematickým dosazováním do fyzikálních zákonů. O existenci černých děr v jádrech galaxií astrofyzika dnes nepochybuje, přestože důkazy jsou nepřímé. Observačně získané údaje o pohybech hvězd kolem jader galaxií umožňují stanovit hmotnost centrálního objektu, jehož značná velikost dotvrzuje, že jde o černou díru. Obdobně jsme dosud přímo nepozorovali některé elementární částice, vý-

počty jaderných reakcí vycházející ze zákonů zachování v nich platících, však dokazují jejich existenci. V posledních ročnících gymnázia jsou již studenti připraveni psychicky, vyzbrojeni matematicky a fyzikálně k pochopení takových důkazů.

Koncepce výkladu astrofyziky se musí opírat o matematicko-fyzikální postupy, neboť jde exaktní vědu, nikoliv disciplínou jevy pouze popisující. Trvalejší kompetence si studenti osvojují právě překonáváním obtíží, např. spojených s matematickými postupy. Jen tak se u nich dostavuje oprávněný psychologický pocit uspokojení. Vyžadovaná znalost např. řešení rovnic o jedné neznámé není pro průměrné studenty přemrštěným požadavkem. Tím lze významně přispívat k naplnění cílového zaměření vzdělávací oblasti **Člověk a příroda**, kde se mimo jiných uvádí požadavek vést studenty „*k používání adekvátních matematických a grafických prostředků.*“

Astrofyzika je v učivu součástí fyziky. Velmi důležité proto bude pojetí vzdělávacího oboru fyzika, jehož obecnou charakteristiku podal Maršák v [3], kde uvádí ... „*vzdělávací obor se soustředil na klíčové fyzikální pojmy (látk a těleso a jejich částicová stavba, pohyb, čas, hmotnost, fyzikální pole, síla, energie ...).*“ Právě při chápání a rozvíjení těchto klíčových pojmů má nezastupitelné místo astrofyzika, neboť jako vědní obor se zabývá studiem hmoty ve vesmíru v extrémních podmínkách, nenapodobitelných v pozemských laboratořích. Při výuce astrofyziky tak dochází u studentů k prohlubování fyzikálních představ, neboť se setkávají s intervalem velikostí v rozsahu 10^{-15} m (atomová jádra) až 10^{23} m (průměr Místní soustavy galaxií), s hmotností 10^{-35} kg (horní mez klidové hmotnosti neutrin) až 10^{43} kg (hmotnost Místní soustavy galaxií), hustot 10^{-23} kg · m⁻³ (mezigalaktické prostředí) až 10^{17} kg · m⁻³ (centrální hustota neutronových hvězd), teplot 2,7 K (současná teplota reliktního záření) až 10^{10} K (centrální teplota v nitru hvězd v závěrečných stádiích vývoje), energií 10^{-24} J (energie fotonu o $\lambda = 0,21$ m) až 10^{43} J (energie vyzářená supernovou v průběhu exploze), zářivých výkonů 10^{-3} W (prachové zrno v mezihvězdném prostoru při teplotě 20 K) až 10^{40} W (průměrné zářivé výkony kvasarů).

V předcházejícím textu jsem se snažil prokázat užitečnost astrofyziky a zdůvodnit, proč má mít pevné místo v gymnaziální fyzice jak v RVPG, tak i v ŠVP. Navrhuji zařazení vzdělávací astrofyzikální oblasti do ŠVP s očekávanými výstupy a vymezeným učivem, podle označení v [4].

Výstup

popisuje spektrální analýzu, metodu stanovení fyzikálních a chemických vlastností těles, vřevlnový charakter pozorování, objasňuje rozdílnost snímků získaných na různých vlnových délkách

charakterizuje projevy aktivity Slunce, vysvětlí příčinu vzniku slunečních skvrn

popíše základní charakteristiky hvězd

stanoví vzdálenosti hvězd z roční paralaxy

určí hmotnosti hvězd

aplikuje Wienův posunovací zákon, stanoví teplotu hvězd

interpretuje obsah stavového diagramu hvězd

objasní termonukleární reakce a uvolňování energie při nich

správně popisuje rozpínání vesmíru

Učivo

vyzařované energie jsou různých hodnot, proto se liší růzností kmitočtů, vlnových délek

sluneční skvrny, erupce, protuberance

rozsahové intervaly hmotností, poloměrů, zářivých výkonů

roční paralaktický posuv, paralaxa, vzdálenosti hvězd

fyzické dvojhvězdy, III. Keplerův zákon v přesném tvaru

záření hvězd, teplota hvězd

souvislost zářivého výkonu, teploty a poloměru, $H - R$ diagram

fyzikální podmínky v nitru hvězd, termojaderné reakce, úbytek hmotnosti $\Delta E = \Delta mc^2$

expanze prostoru, Hubbleův zákon

Takto formované výstupy i učivo odpovídají v podstatě materiálům uvedeným v [5], [6].

Oporou ve výuce a naplňování ŠVP by měla být učebnice, neboť ta v současnosti určuje hloubku a úroveň zpracování výkladu. Měla by také poskytovat možnost pro aktivní činnost studentů v duchu hesla „špatná učebnice studentům pravdu sděluje, dobrá ji učit nalézat“.

Není příliš pedagogicky účinné a pro studenty přitažlivé o dosažených astrofyzikálních výsledcích pouze informovat. Příkladně klíčové astrofyzikální téma, stavový diagram hvězd (**H – R diagram**), nelze interpretovat

jako sdělení hotového faktu, nezáživný výsledek statistického výzkumu závislosti vnějších charakteristik hvězd, kterému je třeba se naučit z paměti. K zabránění takovému nežádoucímu paměťovému biflování je vhodné stavovou interpretaci diagramu procvičovat v různých souvislostech a v zjednodušené modelové formě ukázat, jak se sestavuje.

Lze využít ověřených zahraničních zkušeností. Například tak, že studenti ze zadaných vnějších charakteristik sami sestaví diagram pro vybrané skupiny hvězd, pro nejjasnější na obloze respektive pro hvězdy do vzdálenosti 5 pc od nás. Nezbytné údaje najdou v tabulkách [7]. Takto získané diagramy porovnají a učiní závěr o výběrových efektech promítajících se do sestavování $H - R$ diagramu. Další možností je konstruování $H - R$ diagramu pro pozorovatelné jasné hvězdy v určité roční době, např. v zimě můžeme využít hvězdy zimního šestiúhelníku (Capella, Aldebaran, Rigel, Sirius, Procyon, Pollux), obsahující různé spektrální třídy. Právě takové samostatné práce jsou pro studenty přitažlivé a motivující, přičemž nejsou nijak časově náročné.

Výklad spojitého spektra hvězd v učebnici je možné doplnit přímým uvedením Wienova posunovacího zákona $\lambda_{\max} T = b$. Zabarvení hvězd je určeno vlnovou délkou světla s největší intenzitou. Na obr. B1 (viz barevnou přílohu na zadní straně obálky) jakož i na obloze lze pozorovat odlišnost zabarvení načervenalého veleobra Betelgeuze a modrobílého Rigela.

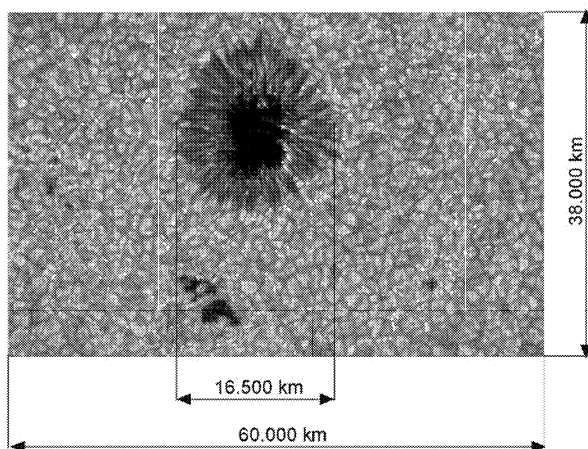
Podle RVP [1] je třeba vést studenty „*k využívání prostředků moderních technologií v průběhu přírodovědné poznávací činnosti.*“ Takovou možností je v astrofyzice využívání snímků kosmických objektů a jevů v různých spektrálních oborech. Příkladně v tématu **Slunce a jeho aktivita** máme dispozici snímky v různých spektrálních oborech v stejném časovém okamžiku (obr. B2 na zadní straně obálky). Zachycují odlišné atmosférické vrstvy Slunce a jevy v nich.

Na rentgenovém snímku B2a pozorujeme mohutné **chromosférické erupce**, jasné aktivní oblasti se zvýšenou teplotou, zpravidla nad velkými skupinami skvrn. Jde o tzv. koronální kondenzace, formované magnetickými poli nad aktivními oblastmi, magnetické silotrubice jsou naplněny horkou plazmou. Vznikají hlavně v koróně při změně rychlosti pohybu volných elektronů průletem kolem nabitých jader.

Rentgenové záření Slunce bylo pro astrofyziky neočekávané, neboť objekty vyzařující v tomto oboru se vyznačují teplotami mnohem vyššími

$\approx 3 \cdot (10^5 - 10^8)$ K než je teplota povrchu Slunce 5 800 K. V rentgenovém oboru září vnější vrstva atmosféry Slunce – koróna o teplotě zhruba $2 \cdot 10^6$ K. Při klidném Slunci jeho rentgenový výkon dosahuje asi 10^{20} W, zvýšením aktivity výkon naroste až o tři řády.

Snímek v ultrafialové oblasti (obr. B2b) ukazuje hlubší vrstvy sluneční atmosféry. Ve viditelném oboru (obr. B2c), lze sledovat sluneční skvrny (obr. 1), oblasti se sníženou teplotou až o 1 500 K.



Obr. 1

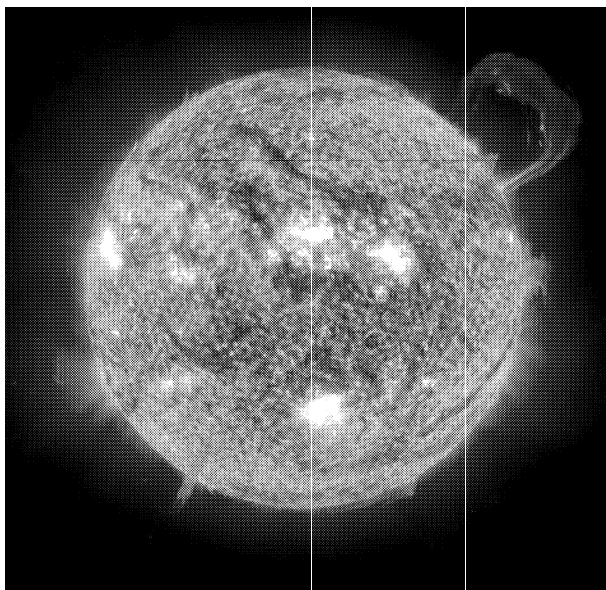
Silná magnetická pole v místech slunečních skvrn omezují přenos tepla z nitra konvektivními proudy. Rovněž je pozorovatelná granulace (zrnění) povrchu, jednotlivé světlé oblasti mají velikost zhruba (500 – 1 000) km. Reprezentují vrcholy výstupných konvektivní proudů z nitra Slunce. Jejich teplota, oproti tmavému prostoru mezi nimi, je vyšší o několik set stupňů.

Snímky B2d v blízkém a B2e ve vzdáleném infračerveném oboru ukazují velké tmavé oblasti chladného a hustého plazmatu, kde je infračervené záření absorbováno. V rádiovém oboru (obr. B2f) pozorujeme střední vrstvy sluneční atmosféry, v nich např. chromosférické **erupce**.

Studenti rovněž mohou porovnat shodné a rozdílné detaily snímků Slunce ve stejném čase v různých spektrálních oborech.

Snímek v ultrafialovém oboru na $\lambda = 30,4$ nm (obr. 2) zachycuje na pravém horním okraji protuberanci. Vystupuje ze spodní koróny, která se

vyznačuje hustotou zhruba 10^{14} částic v m^3 a teplotou 10^6 K. Protuberance jsou relativně chladná a hustá mračna plazmy o teplotě přibližně 10^4 K s hustotou ($10^{16} - 10^{18}$) částic v m^3 . Nad slunečním diskem vystupuje plazma protuberancí podél siločar magnetického pole až do výšek řádově ($10^4 - 10^5$) km. Horké oblasti jsou na snímku více světlejší.



Obr. 2

Pro pochopení rozložení vyzářené energie v různých spektrálních oborech v případě klidného Slunce slouží tabulka, poslední sloupec udává procenta energie :

rádiové záření	$\lambda > 2\mu\text{m}$	6 %
infračervené záření	$\lambda \quad (0,78 - 2)\mu\text{m}$	38 %
viditelné záření	$\lambda \quad (0,78 - 0,38)\mu\text{m}$	49 %
ultrafialové záření	$\lambda \quad (0,38 - 0,10)\mu\text{m}$	7 %
rentgenové záření	$\lambda < 0,10\mu\text{m}$	0,01 %.

Podrobněji jsou obecné postupy výkladu při využití snímků objektů (planet, hvězd, galaxií) z různých spektrálních oborů shrnovány v [8].

Věřím, že výuka jedné z profilujících věd 21. století – astrofyziky zůstane na gymnáziích zachována, patří k nejvíce oblíbeným tématům gymnaziální fyziky. Studenti se ji učí s chutí, proto je třeba jejich zájem podporovat a usměrňovat. Vedle naplňování vzdělávacích cílů může být výuka zdrojem estetických prožitků při sledování snímků různých kosmických objektů. Výrazné motivační podněty obsahuje výklad aktuálních astronomických jevů či astrofyzikálních problémových úloh [9], [10]. To vše nepochybně pomůže při podpoře rozvoje základních kompetencí k učení a k řešení problémů. Vypělá Evropa, kam naše republika směřuje, si velmi jasně uvědomuje, že astrofyzikální poznatky patří do trvalé pokladnice lidské vzdělanosti a kultury.

Články, které by podrobněji ozřejmily navrhované výstupy a učivo z gymnaziální astrofyziky, bude jistě možné v časopise MFI publikovat.

L i t e r a t u r a

- [1] Rámcový vzdělávací plán pro gymnázia. VÚP, Praha 2006.
http://www.vuppraha.cz/download.php?F=RVP_G_9_10_2006.pdf
- [2] *Macháček, M.*: Astrofyzika. Prometheus, Praha 2004.
- [3] *Maršák, J.*: Ke koncepci vzdělávacího oboru Fyzika v RVP ZV.
<http://www.rvp.cz/clanek/232/39>
- [4] <http://www.jaroska.cz/category.php?ID=40>
- [5] *Volf, I.*: Cíle výuky fyziky na gymnáziu. Školská fyzika, roč. 4, (1996/1997), č. 3, s. 23 – 27.
- [6] *Mechlová, E., Šírká, M.*: Vzdělávací standardy z fyziky pro střední školy s maturitou. Matematika – fyzika – informatika, roč. 3, (1993 – 1994). Příloha časopisu.
- [7] *Mikulčák, J. a.j.*: Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce. Prometheus, Praha 2003.
- [8] *Domanski, J., Štefl, V.*: Wszechswiat na rózných dlugosciach fal. Urania – POSTEPY ASTRONOMII, vol. 76, (2005), no. 6, p. 226 – 230.
- [9] *Štefl, V., Domanski, J.*: Bogini pro przejsciach. Fizyka w Szkole, vol. 50, (2004), no. 4, s. 213 – 234.
- [10] *Štefl, V., Domanski, J.*: Wykorzystanie zadan problemowych w nauczaniu astrofizyki v szkolach srednich. Fizyka w Szkole, vol. 37, (1991), no. 4, s. 247 – 249.

Nanovlákná, nové fyzikální struktury

LUBOMÍR SODOMKA

Adhesiv, Technická univerzita, Liberec

Úvod

V poslední době se objevila ve výzkumu a vývoji nová struktura, nanovlákná [1]. Jsou to vlákna, jejichž příčné rozměry jsou podmikronové, tj. pohybují se v intervalu (0,1; 1000) nm. Většinou jde o polymerní materiály, i když jsou známa také anorganická, uhlíková, keramická a kovová nanovlákná. Už dnes je známa celá řada aplikací v mnoha oborech, např. textilu, chemii, ekologii, vojenství a medicíně. Z hlediska fyziky je zvláště zajímavá výroba vláken technologií elektrostatického zvlákňování do nanorozměrů [2]. Tento příspěvek je věnován nanovláknům, jejich technologiím, struktuře vlastnostem a použitím.

Kondenzované látky, což jsou reálné plyny, kapaliny a pevné látky, v sobě skrývají tolik jevů a vlastností, a to jak v makroskopickém měřítku (elastické moduly, piezoelektrický jev, piezomagnetický jev, pyroelektrický jev, Sebeckův a Peltierův jev a mnoho dalších), tak v měřítkách nižších řádů (mikro-, nanoskopických), což jsou jevy a vlastnosti v atomových a molekulových rozměrech. Pojmy nanostruktura, nanotechnologie atd. zavedl do fyziky v roce 1959 nositel Nobelovy ceny za fyziku pro rok 1965 R. P. Feynman. Pojem nano (trpaslík, 10^{-9} m) se kvantifikují jevy a technologie v atomových a molekulových rozměrech. Poněvadž v nanostrukturách a nanotechnologiích se objevují nové jevy, které mají četné aplikace [4], studují se tyto nanojevy a nanotechnologie v současnosti velmi intenzivně ve všech oborech, a to i v geometrických rozměrech jako částice (D0) [3], [5], jako vlákna (D1) [6] a membrány (D2).

Poprvé byla použita tenká vlákna pro objevitelské účely v torzních váhách, jejichž citlivost umožnila měřit silové působení mezi náboji a formulovat Coulombův zákon, gravitační silové působení v laboratoři a z něho určit gravitační konstantu κ . Torzní váhy jsou založeny na vztahu mezi momentem síly M , který způsobuje krut vlákna, a poloměrem vlákna r , jeho délkou L a úhlem stočení φ :

$$M = \frac{\pi}{2} \frac{Gr^4\varphi}{L} \quad (1)$$

Mají-li být torzní váhy co nejcitlivější, musí být poloměr závěsného vlákna r co nejmenší, což vede až k použití nanovláken.

Další mechanickou vlastností vláken je jejich ohebnost, měřená obvykle převisem S jednostranně vetknutého nosníku. Např. pro nosník kruhového průřezu o poloměru r platí vztah

$$S = \frac{FL^3}{64Er^4}, \quad (2)$$

kde F je velikost síly způsobující převis, L je délka nosníku a E je modul pružnosti v tahu. Opět vidíme, že převis závisí silně na poloměru r .

V konstrukci citlivých měřidel obsahujících závěsy s velmi tenkými vlákny je však důležitý také požadavek na jejich pevnost. Ta je vyjádřena silou F_p , která je určena výrazem

$$F_p = K \frac{r^3}{L}, \quad (3)$$

kde K je materiálová konstanta.

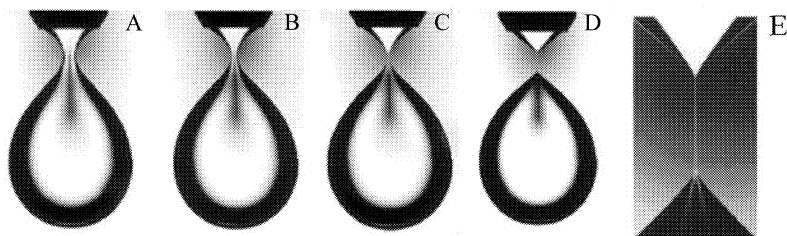
Ze vztahu (3) je patrné, že pevnost závěsových vláken působí proti požadavkům na citlivost vláken. Takže již od 17. století zde byl požadavek používat pro konstrukci citlivých zařízení coulombmetrů, galvanometrů, citlivých torzních vah vlákna dostatečně pevná s co nejmenším průměrem. Bylo pak již jen otázkou času, kdy se podaří mikroválka až nanoválka připravit.

Pak přišly další požadavky filtrační techniky a chemické katalýzy, vyžadující velké povrchové plochy. V poslední době jsou to požadavky na inteligentní textilie, kde se mohou nanoválka ve velké míře uplatnit.

Nanoválka a jejich příprava

V současnosti je známo šest druhů vytváření nanovláken, a to: tažení, protlačování mikropóry, oddělování fází, družení molekul, příprava v párách a elektrostatické zvlákňování [1]. Názorným příkladem vzniku tenkých vláken je odkapávání poměrně velké kapky z malého otvoru, kdy gravitace urychlí pád kapky a vytvoří se tenké vlákno (obr. 1). Nahrazením gravitace působením elektrického pole je možné tento proces lépe řídit.

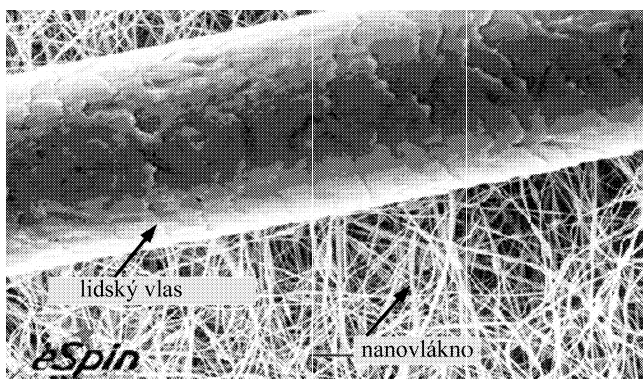
Zdánlivě jednoduchá technologie tvorby nanovláken působením gravitace na padající kapku má jedinou proměnnou, kterou lze použít k řízení



Obr. 1 Mechanismus vytváření nanovláken z kapky kapaliny působením gravitace

procesu vzniku vlákna, a to je hmotnost padající kapky. Tato veličina se však řídí poměrně obtížně. Při elektrostatickém zvlákňování je technologický proces regulován elektrickou silou, která působí na kapku. Tato síla je úměrná polarizovatelnosti struktury polymerové části materiálu kapky, což je konstanta, druhé mocnině poloměru kapky r a druhé mocnině intenzity elektrického pole. Tento způsob regulace má potřebnou citlivost a příprava nanovláken z tekutin polymerů řízená elektrickým polem se ukazuje dosud jako nejvýhodnější.

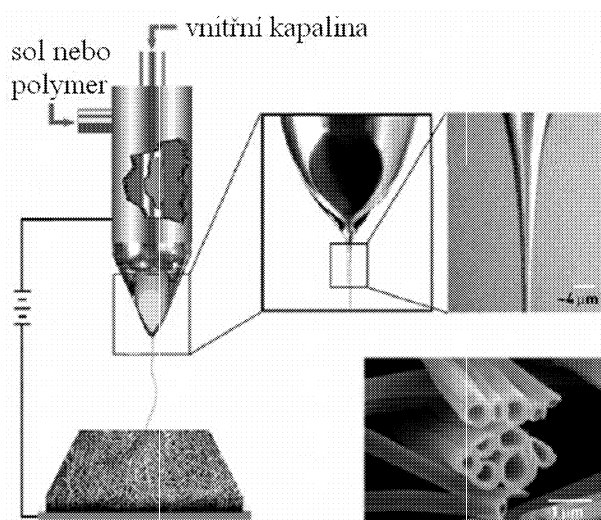
Nejrozšířenější je příprava rouniny (netkané textilie) zvlákňováním přímo z polymeru (*spunbonding*) nebo rozstříkáváním z taveniny (*melt blowing*). Připojením elektrostatického pole do dlouhícího pochodu vzniká technologie elektrostatické tvorby nanovláken. Význam působení elektrostatického pole spočívá v urychlení dloužení vláken až do nanorozměrů. Porovnání nanovláken s lidským vlasem je na obr. 2.



Obr. 2 Nanovláknka ve srovnání s lidským vlasem

Z nanoútvárů jsou zvláště pro účely textilní velmi důležitá nanovlákna, která jsou snadno barvitelná, velmi ohebná a tedy svou jemností velmi příjemná ve styku s pokožkou, kromě dalších výhodných vlastností pro technické účely.

Byly vyvinuty i soustavy na tvorbu trubičkových nanovláken, jejichž podstata je na obr. 3. Působením osové a radiální složky elektrického pole se z polokulové kapky nejprve vytvoří tzv. Taylorův kužel, který brání tvoření kapek a usnadňuje dloužení nanovláken. Kapky polymeru vytvořené na nanovlákněch tvoří jejich koráلكovou (perlovou) strukturu.



Obr. 3 Schéma principu tvorby dutých nanovláken

V teoretických úvahách uvedených v [10] bylo ukázáno, že elektrostatické zvláknění závisí na vlastnostech materiálu, a to na jeho polarizovatelnosti α , povrchovém napětí γ a viskozitě η , což jsou všechno veličiny molekulové struktury. Viskozitu η je možné převést na technologické parametry, a to na hustotu částic v tekutině, délku makromolekul, jejich molekulovou hmotnost, stupně polymerace apod. Povrchové napětí odpovídá za vytváření kapek na vláknech a tzv. koráلكový jev na vláknech. Jejich vliv se dá potlačit zvýšenou teplotou.

Tvorbu nanovláken ovlivňuje i jejich výchozí materiál. Proto uvedeme v tab. 1 příklady některých materiálů užívaných k tvorbě nanovláken. Rozsáhlejší výběr je uveden např. v [7].

V tab. 1 jsou uvedeny pouze polymerové materiály, a to aplikované v roztocích a v taveninách. Další podrobnější informace je pak možné nalézt také např. v [9].

Tab. 1 Příklady polymerových materiálů pro nanovláka

a) roztoky

polymer	rozpouštědlo	polymer	rozpouštědlo	polymer	rozpouštědlo
Polyamid 6.6,66	kyselina mravenčí	polykarbonát	chloroform	PAN	dimetylformamid
PVA	destilovaná voda	polyethylen-oxid	chloroform	PS	tetrashydrofuran
PMMA	aceton, chloroform	polyvinyl-karbazol	dichlormethan		

b) taveniny

polymer	provozní teplota °C	polymer	provozní teplota °C	polymer	provozní teplota °C
PE	200 – 220	PP	220 – 240	PA 12	220
PET	270	PEN	290	PET/PEN	290

I když jsme uvažovali pouze působení homogenního elektrického pole, je zřejmé, že působící pole je obecně nehomogenní, což vede k nestabilitám soustavy a komplikovaným drahám ve šroubovicovém kuželu. Během procesu dochází také ke štěpení vláken. To jsou všechno problémy, které je nutné vyložit zdokonalenou teorií. Největší vliv na zvlákňování má elektrostatické pole, které je nutné pro počáteční úvahy považovat za homogenní. Za nehomogenitu elektrického pole odpovídá geometrické uspořádání elektrod při zvlákňování ejektor-kolektor. Volbu nehomogenity elektrického pole lze dosáhnout různým uspořádáním ejektoru, vláken a kolektoru.

Zajímavým příspěvkem do technologie nanovláken mohou být i magnetické kapaliny [6]. Působením homogenního magnetického pole na tekutiny

s disperzí magnetických částic dojde k vytvoření jehlovitého povrchu. Jehlovité útvary se pak dají dále dloužit v nanovlákná elektrickým polem, případně gravitací. Je možné využít i elektrické analogie k magnetickým kapalinám.

Nejvíce se připravují nanovlákná jako plošné membrány a v mnohem menším objemu pak vlákna monofilová a jako lineární útvary v podobě hedvábí pro textilní účely [8].

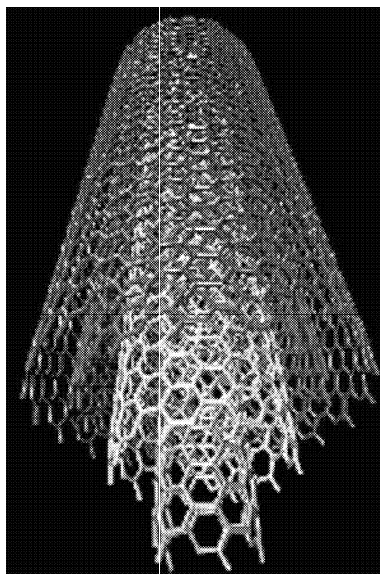
Vlastnosti nanovláken

Nanovlákná jsou vlákna, jejichž příčné rozměry jsou nanometry, tj. leží v intervalu (0,1; 1000) nm. Nanovlákná mohou vznikat na všech typech pevných látek, jak krystalických tak na amorfních, a to na kovech, ne-kovech, sklech, na keramice i polymerech. Zajímavé jsou mikro- až nanovlákná krystalická, nazývaná *viskery* (z angl. whiskers, vousy). Viskery jsou produktem teoretických představ fyziky kondenzovaných látek [2], [3]. Ve snaze dosáhnout shody teorie s experimentem v hodnocení pevnosti pevných látek, bylo přistoupeno k tvorbě bezporuchových krystalů, nebo krystalů s nepohyblivými dislokacemi. Tak byly vytvořeny viskery s jedinou šroubovitou dislokací v ose viskeru. Viskery tak vykazují téměř teoretickou pevnost. Nanoviskery lze vytvářet v strukturách s těsným směsnáním [3] plošně středěných kovů jako jsou zlato, stříbro, měď, olovo, γ -železo, nebo v hexagonálních s těsným směsnáním jako je kadmium, zinek, indium a další. Rozměry průměru některých viskerů zlata stříbra a dalších dosahují až ~ 100 nm, takže tvoří nanovlákná. Jsou známy i uhlíkové viskery, které lze vytvářet při provozu svíček spalovacích motorů, viskery karbidu křemíku a oxidu hlinitého, které se užívají na zpevnění keramické nebo kovové matrice kompozitů. Tyto typy krystalických nanoviskerů se vyznačují vysokou pevností a vysokými mechanickými moduly. Je však možné vytvářet nanovlákná i z amorfních látek jako jsou skla. Podstatou tvorby takových nanovláken je struktura skelné sítě.

Mnohem zajímavější jsou nanovlákná organických polymerů, které jsou významnými součástmi tkání všech živých organismů, rostlin i živočichů. V současné době nabývají na významu nanovlákná ze syntetických polymerů, která se využívají v chemii (katalýza, filtrace), v medicíně (spojování tkání v chirurgii a neurochirurgii) a ve vojenství. Nejjednoduššími nanovláknými jsou polymerové makromolekuly, které ve válcovém modelu mají poloměr až 0,5 nm. Jejich spojením v makromolekulové svazky intermolekulovými van der Waalsovými silami ([3] kap. 18, s. 72), vznikají

pak složitější nanovlákná. Vláknové struktury jako jsou lineární, vláknové polymery, jsou vhodnými prekurzory nanovláken, tj. dostatečně předupravené roztoky či taveniny lineárních polymerů k rychlému zvlákňování v nanovlákná, a to jak plná tak i vlákna dutá. Zvláštní nanovlákná jsou tvořena grafulenovými trubičkami jedno i vícevrstevnými, které představují svinuté bazální roviny grafitu. Jejich pevnost se pak blíží pevnosti grafitu ve směru bazálních rovin a nazývají se také grafenové tubuleny [8] (obr. 4).

Velmi významnou částí kondenzovaných látek je jejich povrch, který jako univerzální porucha je současně vstupní branou do objemu kondenzované látky. Je to právě mimo jiné i velký měrný povrch, který činí nanovlákná pro výzkum přitažlivá. Z mechanických vlastností nanovláken je třeba zdůraznit jejich snadný krut a ohebnost, jak již bylo uvedeno v úvodu. Tyto vlastnosti se využívají k měření mechanických modulů vláken.



Obr. 4 Vyobrazení vícevrstevných grafenových tubulenů, grafitových trubiček

Elektrické vlastnosti nanovláken jsou určovány hlavně elektrickými vlastnostmi polymerů. Jsou známy polymery pyroelektrické, piezoelektrické, vodivé jako např. polyacetylen, polyanilin a další. Polymery po-

lovodivé (např. polyacetylen s příměsemi chloru je polovodič typu P, nebo příměs sodíku způsobuje vodivost typu N). Dosud se neobjevily publikace o supravodivých nanovláčkách. Ty lze očekávat mezi nanovláčky keramickými. Další významnou vlastností polymerů je jejich elektroaktivita, která se využívá ke konstrukci umělých svalů [3]. Významné jsou i elektretové vlastnosti polymerů, které jsou důsledkem vysokých hodnot měrných povrchů a vzniku povrchových (tzv. Tammových) hladin [2] [3].

Teoretické předpoklady

Vytváření nanovláken je složitý fyzikálně chemický proces, na kterém se podílejí četné fyzikální a chemické disciplíny jako je reologie, elasticita, tečení, vliv gravitace a elektrického pole a další vlivy, jako je odpařování rozpouštědel, elektrické vlastnosti prekursorů (polymerů a rozpouštědel), nehomogenita elektrického pole, vlivy magnetického pole v případě využití magnetických kapalin a další vlivy. Při vytváření teorie těchto složitých jevů lze tedy očekávat velké obtíže. Začneme nejjednoduššími předpoklady, kdy polymerový prekursor je ideální izolátor (dielektrikum) s polarizovatelností molekul α a jeho roztok (tavenina) má povrchové napětí σ a dynamickou viskozitu η . Na kapku o poloměru R kapalinového dielektrika pak v elektrickém poli o intenzitě E působí elektrická síla $F_e = 4\pi\alpha R^2 E^2$. Další působící síly jsou síla povrchového napětí $F_\sigma = -2\pi R\sigma$, odporová síla vnitřního tření $F_\eta = -2\pi\eta r L$, kde r je poloměr a L délka nanovláčka. Celková síla působící na merní jednotku nanovláčka o hmotnosti m při zanedbání odporových sil je tak určena zákonem síly ve tvaru [10]

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = 4\pi\alpha R^2 E^2. \quad (4)$$

Tato pohybová rovnice popisuje přímočarý pohyb konce délky merní jednotky se zrychlením $a = 4\pi\alpha' R^2/m$, kde α' je polarizovatelnost délky merní jednotky nanovláčka.

Tato zjednodušená rovnice nemůže však popsat složitý spirálově konický pohyb konce vlákna a navíc poskytuje příliš velkou rychlost tvorby vlákna. Je proto třeba pro vystižení skutečnosti vytvořit a řešit pohybovou rovnici s přihlédnutím všech odporových sil a pravděpodobně i s rozšířením na nehomogenní elektrické pole. Pokus o řešení spirálově konické dráhy pohybu konce vlákna byl částečně vyřešen v [1] kap. 4. K vysvětlení spirálově konické dráhy autoři předpokládají časově proměnné poruchy vedoucí k nestabilitám a k spirálově konickému průběhu dráhy vlákna.

Dalším krokem k řešení problému elektrostatického zvlákňování je přistoupení na stanovisko, že prekursorový materiál je polovodivý a obsahuje volné částice s nábojem. Ty pak vytvářejí u hrotů silná nehomogenní elektrická pole, která protahují a tvarují vytvářená vlákna. Přestože uvedené teoretické úvahy mají pouze kvalitativní charakter, naznačují alespoň částečně další směr postupu, který je nutný pro automatické řízení procesu tvorby nanovláken.

Použití nanovláken

I když se na výzkumu a vývoji nanovláken podílí dostatečné množství výzkumné kapacity, většina se prozatím spotřebuje na jejich technologii a měření charakteristik (60 %). Nejvíce se nanovlákeny používají v bioinženýrství (20 % vývojové kapacity), dále pak v obraně a bezpečnosti (11 %), v oblasti životního prostředí a biotechnologií 6 %, v energetice a elektronice 3 %. Tyto poměry se s rozvojem technologie nanovláken budou postupně měnit a přibudou další aplikace.

V bioinženýrství jde o inženýrství tkání, zacelování poranění, v obraně a bezpečnosti jsou aplikace zaměřeny na obaly zboží, zpevňování kompozitů, konstrukci čidel (biologických, optických chemických, tlakových, teplotních, plynových) apod. V oblasti životního prostředí jde o zneškodňování bakterií a virů a o konstrukci filtračních membrán. V energetice a elektronice se využívá nanovláken v palivových článcích a konstrukci kondenzátorů.

Nanovlákeny jsou převážně užívána jako rouniny v membránách a velmi málo jako jednotlivá vlákna (*monofily*), nebo jejich sdružené lineární útvary, jako jsou kabílky a hedvábí. Monofily mají perspektivní využití v neurochirurgií, hedvábí a kabílky v textilních technologiích.

V současné době je otevřená cesta pro nejrozumnější aplikace nanovláken, které pak povzbuzují jejich levnou výrobu.

Literatura

- [1] Ramakrishna, S., et al.: An introduction to electrospinning and nanofibers. World Scientific Publisher, Singapore 2006.
- [2] Sodomka, L.: Fyzika kondenzovaných látek. I, II, III, Adhesiv Liberec 2002.
- [3] Sodomka, L., Fiala, J.: Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi 1, 2. Adhesiv Liberec 2003, 2004.
- [4] Sodomka, L.: Základy fyziky pro aplikace. Adhesiv, Liberec 2005 (na CD).
- [5] Miličty, J.: Textilní vlákna, speciální vlákna. TU v Liberci 2005, s. 247.

- [6] *Grimsehl, E.*: Lehrbuch der Physik. Band 1. Teubner, Leipzig 1985, kap. 6., s. 128.
- [7] *Růžicková, J.*: Elektrostatické zvláknování nanovláken. TU v Liberci, Liberec 2004.
- [8] *Borhani, S., et al.*: Investigation of parameters affecting diameter of PAN nanofibers Sborník 12. mezinárodní konference STRUTEX, TU v Liberci 2005, s. 129.
- [9] *Sodomka, L.*: Nanovláknna, struktura, vlastnosti technologie a použití. Vláknna a textil 13, (č. 3, 2006), s. 78.
- [10] *Sodomka, L.*: Fundamental ideas for the nanofiber theory. Part I. Sborník 12. mezinárodní konference STRUTEX, TU v Liberci 2005, s. 199, Part II. Strutex 2006.

Interaktivní tabule – nová dimenze ve výuce fyziky

PETR JANEČEK

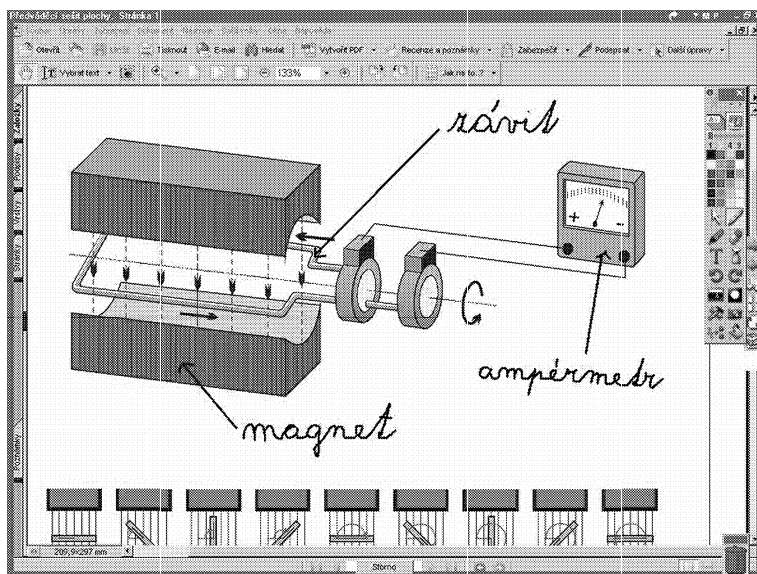
Gymnázium J. Wolker, Prostějov

Počátek 21. století přináší tak mohutný rozvoj informačních a komunikačních technologií, že nedávno jen stěží představitelné věci se takřka ze dne na den stávají běžnou součástí našeho každodenního života. Jedním z nejnovějších hitů modernizace výuky na školách je v současnosti tzv. interaktivní tabule.

Interaktivní tabule (*Activboard*, *Smartboard*, aj.) ve spojení s projekto-rem, PC, speciálním softwarem pro její ovládání (*Activstudio*), popř. dal-ším výukovým softwarem představuje zcela novou technologii výuky. Její nespornou výhodou je odsunutí samotného počítače do pozadí. Hlavními aktéry výuky zůstávají žáci s učitelem. Oproti výuce v počítačové učebně se totiž vyučující „neschovává“ za počítač, nýbrž učí tak, jak je přirozené, tj. od tabule. Vyučující pracuje s interaktivní tabulí podobně jako s tabulí běžnou. Křída, resp. popisovač je však nahrazen speciálním elektronickým perem s mnoha zajímavými funkcemi.

Během výuky lze interaktivní tabuli používat v podstatě ve třech zá-kladních režimech. Prvním režimem je běžné ovládání počítače při práci s libovolným výukovým softwarem. Hlavní výhodou této funkce je fakt, že vyučující neovládá počítač někde v pozadí myši, nýbrž elektronickým perem před tabulí. Obraz je pak promítán projektorem na tutéž tabuli.

Druhou možností je dopisování a kreslení elektronickým perem do jiného, již připraveného obrazu. Vyučující zde má unikátní možnost doplňovat důležité údaje (např. popisky fyzikálních veličin, obrázky a náčrtky, ...) do zobrazeného obrazu (naskenovaný obrázek z učebnice, fotografie, zastavená videosekvence, atd.) – obr. 1.



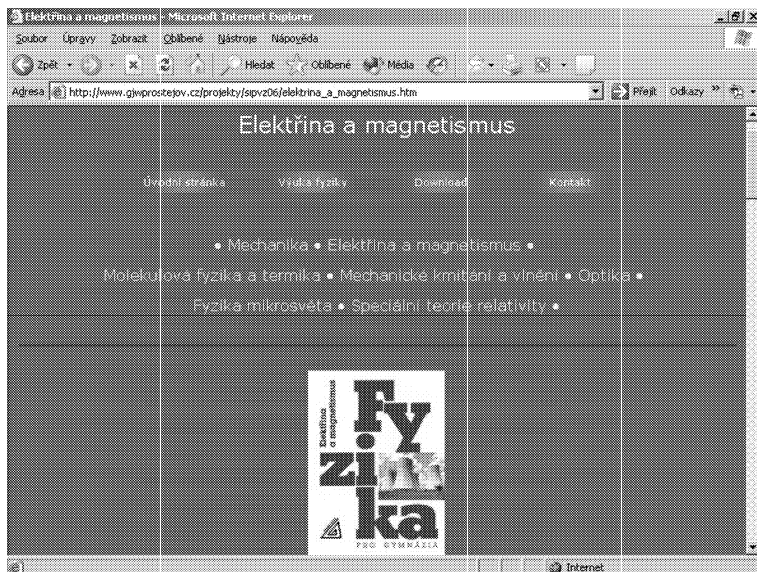
Obr. 1

Třetí, neméně významnou funkcí, je funkce elektronického sešitu. Právě tato funkce se stala impulsem pro vyučující fyziky na naší škole. Společně s kolegy *L. Škvařilem* a *M. Vodičkou* se nám podařilo v rámci projektu SIPVZ (Státní informační politika ve vzdělávání) vytvořit unikátní databázi těchto sešitů postihující svým rozsahem výuku celé fyziky na vyšším stupni gymnázia.

Jednotlivé elektronické sešity představují základní podklad pro přípravu na vyučovací hodinu a odpovídají osnovám fyziky gymnázia. Svým členěním a hodinovou dotací pak korespondují s tematickými plány pro fyziku vyššího gymnázia a schválenými učebnicemi pro gymnázia. Koncepte

těchto sešitů však současně umožňuje individuální a kreativní přístup pedagoga takovým způsobem, že je lze snadno modifikovat na základě individuálních potřeb.

Celá sada sešitů byla zkompleťována jako výukový CD-ROM, kde je přesně dodrženo členění zpracovaných učebnic fyziky na jednotlivé kapitoly – viz obr. 2. V jednotlivých sešitech je umístěno velké množství různých grafů, obrázků, odkazů na životopisy významných fyziků, vhodné aplety s fyzikální tematikou atd. Uživatel tak může snadno a rychle zvolit výukový materiál, se kterým chce pracovat. Každá kapitola je zde uložena jednak ve formátu *.flp, což je speciální formát využívaný softwarem Activstudio, a jednak v univerzálním formátu *.pdf, který umožňuje prohlížení a omezené využití výukových materiálů i bez zmínovaného software. Obsah CD-ROMu je také uložen na webových stránkách <http://www.gjwprostejov.cz/projekty/sipvz06>.



Obr. 2

Výukové materiály jsou tak volně přístupné všem zájemcům z řad pedagogů, kteří mají odvahu a chuť vnést do své výuky nové moderní metody a prvky. Výuka fyziky na počátku 21. století si to bezesporu zaslouhuje.