

Měříme magnetickou polarizaci permanentních magnetů

JIŘÍ ERHART – LADISLAV ŠIMEK

Technická Univerzita, Liberec

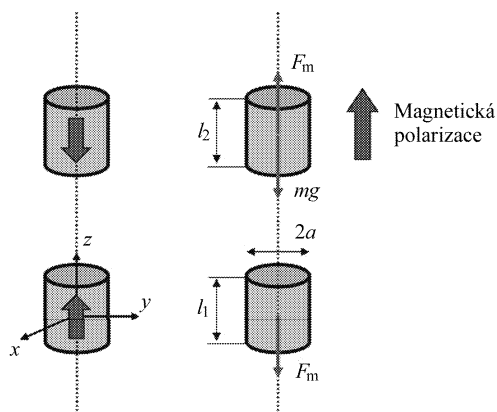
Permanentní magnety jsou dnes běžně dostupné a používané pro upevňování předmětů na magnetickou podložku (např. listy papíru na magnetické tabuli magnetkami různých tvarů či větší předměty jako utěrky na sporáku apod.). Permanentní magnetické vlastnosti těchto látek jsou projevem existence elementárních magnetických dipólových momentů v látce. Tyto dipólové momenty existují spontánně ve feromagnetické látce pod určitou teplotou – tzv. Curieovou teplotou. Přehřátí magnetu nad Curieovu teplotu vede k jejich ztrátě a vymizení magnetických vlastností. Curieovy teploty jsou však pro běžně dostupné materiály řádově několik stovek stupňů Celsia a tak tento jev hrozí pouze při upevnění magnetek na horké podložky jako např. na sporák v blízkosti zdrojů tepla. Pro silně magnetické materiály NdFeB výrobci doporučují teploty použití v rozmezí do 80 °C až 200 °C podle typu materiálu [1] (tabulka 1). Původně jsou ovšem tyto dipólové momenty uspořádány náhodně a jejich střední magnetická polarizace, tj. magnetický dipólový moment na jednotku objemu je nulový. Proto jsou permanentní magnety na počátku svého „magneticky aktivního“ života vystaveny působení silného statického magnetického pole, které jednotlivé dipólové momenty uspořádá paralelně se směrem magnetické indukce. Elementární magnetické dipóly v permanentním magnetu se makroskopicky projevují magnetickým dipólovým momentem celého magnetu.

Projevem magnetické polarizace látky je schopnost působit magnetickou silou, hysteretzní chování magnetické látky zodpovědné např. za ztráty energie v jádrech transformátorů atd. A právě magnetické síly mohou být použity pro jednoduché měření magnetické polarizace látky.

Tabulka 1. Fyzikální vlastnosti některých magnetických materiálů – podle [1]

Typ materiálu	N42	N52	50M	48H	45SH	40UH	35EH
Remanentní magnetizace [T]	1,29–1,32	1,42–1,47	1,40–1,46	1,37–1,42	1,32–1,37	1,26–1,29	1,17–1,21
Koercitivní pole [kA/m]	860–955	860–995	860–995	860–995	860–955	860–955	860–915
Maximální teplota [°C]	≤ 80	≤ 80	≤ 100	≤ 120	≤ 150	≤ 180	≤ 200

Magnetické dipólové momenty na sebe navzájem působí magnetickými silami, které lze pro speciální tvary permanentních magnetů vyjádřit také analyticky. Předpokládejme homogenně magnetizované permanentní magnety ve tvaru homogenních válečků umístěných rovnoběžně s osami na společné přímce (obr. 1).



Obr. 1 Uspořádání permanentních magnetů na společné ose s antiparalelními magnetickými polarizacemi – magnetické síly jsou odpudivé

Magnetickou polarizaci spodního magnetu označme $\vec{M}_1 = (0, 0, M)$, kde $M = \frac{m_1}{\pi a^2 l_1}$. Podobně pro horní magnet $\vec{M}_2 = (0, 0, -M)$, kde $M = \frac{m_2}{\pi a^2 l_2}$. Magnetické dipólové momenty magnetů jsou označeny m_1, m_2 , magnetická polarizace je předpokládána homogenní v celém objemu a stejná v obou magnetech. Intenzita magnetického pole vytvořeného spodním magnetem na společné ose ve vzdálenosti z (vzdálenost je měřena od středu magnetu) je dána v soustavě SI vztahem [2]

$$\vec{H} = (0, 0, H_z),$$

$$H_z = \frac{M}{2\mu_0} \left\{ \frac{z + \frac{l_1}{2}}{\sqrt{a^2 + \left(z + \frac{l_1}{2}\right)^2}} - \frac{z - \frac{l_1}{2}}{\sqrt{a^2 + \left(z - \frac{l_1}{2}\right)^2}} \right\}, \quad (1)$$

Magnetickou sílu působící v tomto poli na horní magnet spočteme podle vztahu

$$\vec{F}_2 = (\vec{m}_2 \cdot \text{grad}) \vec{H}_1 = (0, 0, F_m)$$

$$F_m = \frac{M}{2\mu_0} a^2 (M \pi a^2 l_2) \left\{ \frac{1}{\left[a^2 + \left(z + \frac{l_1}{2} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{\left[a^2 + \left(z - \frac{l_1}{2} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \right\}. \quad (2)$$

Pro případ, že magnety jsou ve vzdálenosti větší, než je jejich výška ($z \gg \gg l_1, l_2$), lze pro působící sílu (2) odvodit přibližný vztah

$$F_m \approx \frac{M^2}{2\mu_0} \pi a^4 l_1 l_2 \left\{ \frac{3z}{[a^2 + z^2]^{\frac{5}{2}}} \right\}. \quad (3)$$

Velikost magnetické odpudivé síly v závislosti na vzdálenosti magnetů lze při měření určit její kompenzací tíhovou silou závaží (nemagnetických, aby

neměnila rozložení magnetických polí magnetek!) uložených na horním magnetu. V rovnováze jsou velikosti magnetické síly F_m a tíhové síly mg rovný, tj.

$$F_m = mg. \quad (4)$$

Hmotnost zátěže horního magnetu m si lze představit složenou z hmotnosti držáku a horní magnetky m_d a hmotností samotných závaží m_z . Magnetickou polarizaci M potom tedy můžeme určit lineární regresí

$$m_z g = \frac{M^2}{2\mu_0} \pi a^4 l_1 l_2 \left\{ \frac{3z}{[a^2 + z^2]^{\frac{5}{2}}} \right\} - m_d g, \quad (5)$$

pro proměnné m_z a $\frac{z/a}{[1 + (z/a)^2]^{5/2}}$, kde pro určení magnetické polarizace ani není třeba znát konkrétní hodnotu hmotnosti držáku a horní magnetky m_d . Označíme-li lineární koeficient ve vztahu (5) jako k

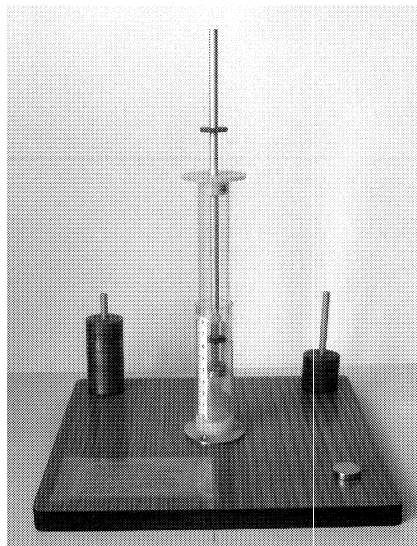
$$m_z g = k \left\{ \frac{z/a}{[1 + (z/a)^2]^{5/2}} \right\} - m_d g, \quad (6)$$

platí

$$k = \frac{3\pi}{2\mu_0} l_1 l_2 M^2, \quad M = \sqrt{\frac{2\mu_0 k}{3\pi l_1 l_2}}, \quad (7)$$

kde permeabilita vakua má hodnotu $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

Pro udržení magnetů v osové poloze s magnetickou odpudivou silou použijeme jednoduchý držák konstruovaný z plexisklové trubky o něco málo většího průměru, než jsou použité válcové magnetky (obr. 2). Používaná závažíčka jsou diskového tvaru s otvorem a nasazují se na vodící nemagnetickou tyč spojenou s horní magnetkou. Závažíčka však musejí být vyrobená z materiálu, který není feromagnetický, aby neovlivňovala rozložení magnetického pole mezi permanentními magnetkami – v našem případě z mědi a mosazi. Vzdálenosti jsou měřeny měřítkem přiloženým zevnějšku průhledné plexisklové trubky – pozor na paralaxní chybu! V přiloženém vzorovém měření použijeme „silné“ FeNdB magnety tvaru disků a pro větší magnetické síly složíme vždy tři disky do jedné magnetky.



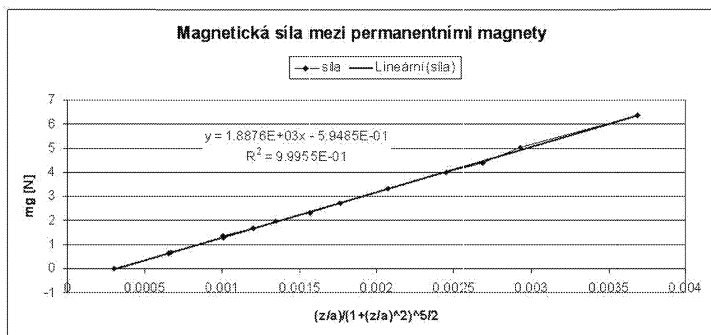
Obr. 2 Přípravek pro měření magnetické odpudivé síly mezi magnetkami, zobrazeny jsou použité magnetky a závaží.

Příklad měření:

1. V přípravku zatěžujeme horní magnetku závažími se známou hmotností a měříme vzájemnou vzdálenost mezi magnetkami (vzdálenost středů magnetek). Provedeme alespoň 5 měření pro vhodně zvolené hmotnosti závaží (tabulka 2).
2. Do grafu vyneseme hmotnost závaží m_z a bezrozměrovou veličinu $\frac{(z/a)}{[1 + (z/a)^2]^{\frac{5}{2}}}$ a lineární regresí stanovíme hodnotu magnetické polarizace M podle vztahů (6) a (7).
3. Porovnáme kvalitativně určenou hodnotu magnetické polarizace s hodnotou remanentní magnetické indukce $B_R \approx 1,29 - 1,32$ pro FeNdB magnety typu N42 udávanou výrobcem. Výrobce bohužel neudává přímo hodnotu magnetické polarizace. Magnetická polarizace je obecně o něco větší než remanentní magnetická indukce – vztah mezi těmito hodnotami lze zjistit např. z tvaru hysterezní smyčky.

Tabulka 2 Naměřené hodnoty pro dvě odpuzující se magnetky ($a = 1,00 \text{ cm}$)

Hmotnost [g]	Vzdálenost magnetů z [cm]	$(z/a)/(1 + (z/a)^2)^{2,5} [-]$	$m \cdot g$ [N]
0	7,50	0,000302	0
64,19	6,15	0,000654	0,630
67,70	6,10	0,000676	0,664
69,39	6,10	0,000676	0,681
131,89	5,50	0,001007	1,294
137,09	5,50	0,001007	1,345
172,46	5,25	0,001204	1,692
201,28	5,10	0,001345	1,975
236,65	4,90	0,001566	2,322
275,58	4,75	0,001763	2,703
339,77	4,55	0,002074	3,333
407,47	4,35	0,002455	3,997
448,04	4,25	0,002679	4,395
512,23	4,15	0,002928	5,025
649,32	3,90	0,003686	6,370



Obr. 3 Graf závislosti magnetické odpudivé síly mezi dvěma permanentními magnetkami NdFeB, typ N42.

Tabulka 3 Lineární regrese závislosti magnetické síly na bezrozměrném parametru

směrnice	1900		
odchylka směrnice	11	relativní odchylka	0,0058
magnetická polarizace [T]	1,50		
odchylka magnetické polarizace [T]	0,04	relativní odchylka	0,024

Změříme rozměry magnetek (3 magnetické disky o tloušťce 5 mm skládají každou z nich) $l_1 = l_2 = (1,50 \pm 0,05)$ cm a $a = (1,00 \pm 0,05)$ cm. Magnetickou polarizaci získáme potom z naměřených dat lineární regresi

$$M = (1,50 \pm 0,04)T, \quad \vartheta_r(M) = 2,4 \, \%.$$

Relativní pravděpodobná odchylka magnetické polarizace se odvodí obvyklým postupem

$$\vartheta_r(M) = \sqrt{\frac{1}{4}\vartheta_r^2(l_1) + \frac{1}{4}\vartheta_r^2(l_2) + \frac{1}{4}\vartheta_r^2(k)}.$$

Zdrojem systematických chyb tohoto měření je jednak použité zanedbání pro vzdálenost magnetek vůči jejich vzdálenosti a dále pak „skládání“ magnetek z více disků (v našem měření byla každá magnetka složena ze tří disků). Bohužel jsme neměli k dispozici magnetky „vcelku“ se stejným průměrem a různými výškami. Měření opakovaná s různým počtem disků skládajících jednu magnetku ukazují, že hodnota magnetické polarizace je závislá také na počtu disků skládajících jednotlivé magnetky. Je to patrně tím, že povrch magnetických disků je poniklován a složenina ze tří magnetických disků tak není zcela ekvivalentní homogenní magnetce.

Závěrem důležité upozornění: Magnety jsou extrémně silné a dokážou svým silným magnetickým polem zničit elektroniku (mobilní telefony, hodinky i magnetická záznamová media jako diskety, kreditní karty, flash disky, MP3 přehrávače atd.) i samy sebe mechanicky navzájem při přitažení se z velké vzdálenosti (jsou velmi křehké)! Manipulujte s magnety extrémně opatrně, přitahují se navzájem obrovskou silou, která vás může překvapit!

L i t e r a t u r a

- [1] Katalog firmy Supermagnete, <http://www.supermagnete.com>
- [2] V. Votruba, Č. Muzikář: Teorie elektromagnetického pole, NČSAV Praha 1958.

Soustředění Fyzikální olympiády – historie a současnost

BOHUMIL VYBÍRAL

Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové

1. Organizace a místopis soustředění

Článek pojednává o celostátních soustředěních Fyzikální olympiády (FO), které jsou již od roku 1962 významnou složkou péče o studenty talentované na fyziku. Za 48 let existence soustředění FO je absolvovalo asi 1800 studentů, z nichž mnozí reprezentovali náš stát na mezinárodních soutěžích a většina se po absolvování vysoké školy velmi dobře uplatňuje na poli vědy a výzkumu nebo vzdělávání. Předložená stať souhrnně monitoruje tuto významnou aktivitu od jejího počátku až po současnost.

Po založení Fyzikální olympiády v roce 1959 se velmi brzo ukázalo, že bude třeba řešitele na soutěž systematiky zvláštní formou připravovat, protože školní vzdělávací systém studentům nedokázal poskytovat hlubší znalosti z fyziky a matematiky, nezbytné pro řešení náročnějších fyzikálních problémů. Jednou z forem péče o talenty byl návrh prof. RNDr. Rostislava Košťála organizovat celostátní soustředění Fyzikální olympiády.¹ Pro tuto formu se zvolila podmínka, aby se celostátních soustředění zúčastňovali nejúspěšnější řešitelé FO kat. B jako budoucí řešitelé nejvyšší kat. A (vítání byli také velmi úspěšní řešitelé kat. A z nematuritních ročníků). Tato forma přípravy má tedy již téměř půlstoletou tradici. První (zkušební) soustředění se konalo již v roce 1962 v Krkonoších (v tehdejších

¹Protože se celostátní soustředění pro kat. B ukázala jako velmi užitečná a o účast na nich býval ze strany studentů veliký zájem, začaly se na podnět R. Košťála od r. 1966 organizovat také internátní krajská soustředění pro kat. B a C. Byla týdenní nebo i dvoutýdenní, avšak nedařilo se je zorganizovat ve všech krajích. Některé kraje pořádaly jen víkendová jednodenní soustředění (několikrát v podzimním a zimním období). Tato soustředění v nových podmínkách po r. 1989 bohužel ustala (jednak pro malý zájem ze strany řešitelů, kterých výrazně ubylo, jednak z ekonomických důvodů – cestovné se studentům proplácelo a veřejné dotace na FO se tenčily). Vedle toho probíhá již od r. 1967 (zpravidla dvoufázově) soustředění k přípravě na Mezinárodní fyzikální olympiádu.

školicím středisku českého ministerstva školství a kultury); v roce 1963 se podobné soustředění konalo na Slovensku.

Soustředění v prvním desetiletí byla třítydenní (šlo o poslední dva týdny v červnu a jeden týden již prázdninový); později byla jen dvoutýdenní ve druhé polovině června. Ještě později se konání přesunulo na 2. a 3. týden června.² Zkrácení trvání na 2 týdny se kompenzovalo zvětšením počtu dopolední výuky – zpočátku na 6 výukových hodin, později na 5 hodin. Až do r. 1992 (tedy 30 let) se celostátní soustředění konala pro celé území tehdejšího Československa, a to zpravidla tak, že dva roky po sobě je organizovala česká strana, další rok pak slovenská část republiky. Až do r. 1996 se organizovala soustředění společně s Matematickou olympiádou, a to pro 90 účastníků kategorie B obou soutěží FO a MO; od 80tých let byl z ekonomických důvodů počet účastníků snížen na 80. Po r. 1990 se počet řešitelů obou olympiád výrazně zmenšil, což také vedlo k dalšímu zmenšení počtu účastníků soustředění (ke zmenšení tohoto počtu vedla i menší státní dotace).

Výuka se organizovala ve 4 paralelních třídách: 1 tř. F, 2 tř. M-F a 1 tř. M, přičemž soutěžící se do tříd dělili až na místě; rozhodovala úspěšná účast na soutěžích v FO a MO. Největší zájem býval o třídu M-F a byl někdy problém třídy sestavit. Někdy, podle podmínek v místě konání, byly vytvořeny jen tři třídy (zejména po poklesu počtu účastníků na 80). O účast na soustředěních býval ze strany soutěžících veliký zájem. Podle počtu úspěšných soutěžících v kategorii B v kraji byla účast nabídnuta 2 – 5 nejlepším řešitelům FO a MO (přitom nebyla právě jednoduchá koordinace mezi výbory FO a MO). Další podmínkou byl písemný závazek, že se student účastní celého soustředění. Vedle vybraných účastníků byli stanovení za stejných podmínek i náhradníci, protože rozpočtem stanovený počet 90 (později 80) účastníků se dodržoval.³ Soustředění byla pro studenty lákavá, protože se uvolnili ze školy a od rodiny, dověděli se spoustu zajímavých poznatků z matematiky a fyziky a navíc pobyt byl spojen i s jistou

²Od r. 2009 se soustředění začalo konat 2. a 3. týden v září, protože studenti mají v červnu hodně jiných aktivit.

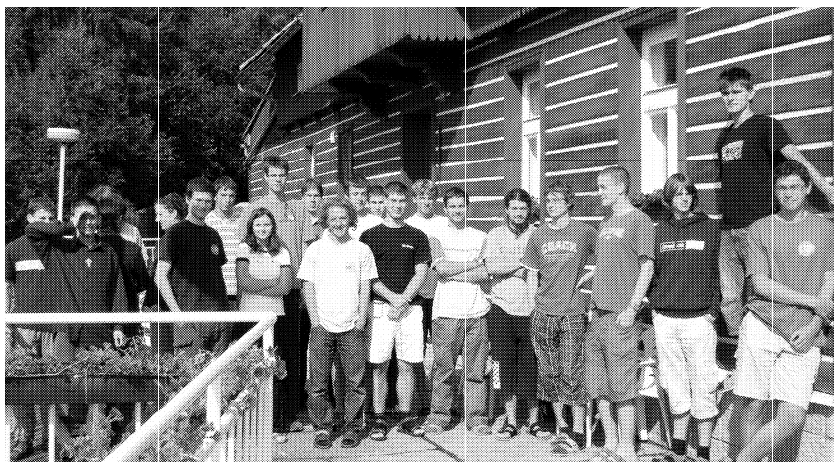
³Úsměvná situace nastala v r. 1967 pro celostátní soustředění v Hranicích na Mor., když vybraný student účast nejprve z nějakých důvodů odmítl, byl pozván náhradník, avšak původní student si to poté nějak zařídil a chtěl se zúčastnit. Tajemník ÚVFO dr. Konrád mu chtěl vyhovět a řešil to tím, že náhradníkovi poslal telegram znění: „nejezdete, hranice jsou obsazeny, konrad“. To na doručovací poště vyvolalo zděšení – tehdy byla pohnutá doba.

formou rekreace. Důvod byl nasnadě: na soustředění přednášeli zpravidla vysokoškolské učitelé, starající se o MO a FO a soustředění se často konalo při střední škole s internátem v místech s pokud možno atraktivním přírodním nebo kulturním prostředím; některá soustředění např. byla také v rekreačních lokalitách – na větších chatách, či školách v přírodě – podle podmínek, které se podařilo krajskému výboru v daném roce zajistit.

Na straně druhé se od neplnoletých studentů důsledně vyžadovala také kázeň (nejen noční klid). V historii soustředění se vyskytly i hrubé kázeňské přestupky, pro které museli někteří studenti soustředění opustit (s oznámením řediteli školy a rodičům), např., když student na celou noc tajně opustil ubytovnu (Rajnochovice, 1971). Bouřlivá situace se řešila na soustředění v Banské Bystrici (1966), kdy se studenti večer rozhnili tak, že oknem vyletěl i noční stolek. Na soustředění v Hranicích na Mor. v r. 1967 se některým studentům nelíbil přísný režim na internátě a tak ve škole dokonce všichni studenti, účastníci soustředění, uspořádali stávkou v sedě na schodech před ředitelnu školy. Byl to jev na tehdejší dobu zcela neobvyklý a odvážný. K vyřešení situace tehdy ředitel průmyslovky povolal ústředního školního inspektora až z Prahy. Vyskytl se i mezní případ, kdy student ve složitém období r. 1969 ze soustředění dokonce emigroval na Západ – to byla zvlášť pro organizátory, rodiče i školu velmi svízelná situace (šlo zejména o vyšetřování STB).⁴ Kázeňské přestupky na soustředěních však byly a jsou spíše výjimkou než pravidlem. Drtivá většina účastníků bere svou účast na soustředění jako odměnu a dobrou příležitost rozšířit si svůj fyzikální a matematický obzor a seznámit se s vrstevníky stejného zájmu.

Místa konání společných soustředění FO + MO od r. 1964 byla tato: Žďár n. Sáz. (1964, 1973, 1984), Vojtěchov u N. Města na Mor. (1965), Banská Bystrica (1966, 1977), Hranice na Mor. (1967), Mariánské Lázně (1968), Zadov (1969, 1974, 1983), Martin (1970), Rajnochovice, okr. Kroměříž (1971), Trenčín (1972), Zvolen (1975), Plzeň (1976), Česká Lípa (1978), Čáslav (1979), Vysoké Mýto (1980), Košice (1981), Praha – Třebušín (1982), Jevíčko (1985, 1987, 1988, 1990, 1991), Zemplínská Šírava (1986), Nové Mesto n. Váhom (1989), Banská Štiavnica (1992). Po roz-

⁴Celostátní soustředění v r. 1969 zorganizoval Západočeský krajský výbor FO v krásném prostředí Šumavy na Zadově – ve školícím a vzdělávacím středisku. Student v den celodenního výletu simuloval nemoc, opustil ubytovnu a pěšky nepozorovaně přešel hranici. Asi po půl roce se pak prostřednictvím pohlednice ozval z Kanady.



Obr. 1 Účastníci celostátního soustředění FO, které se konalo v září 2009 v Peci pod Sněžkou na penzionu Táža (foto B. Vybíral)

padu federace v r. 1993 se v letech 1993 – 1996 konala jen česká celostátní soustředění FO a MO v Jevíčku. Od r. 1997 až dosud se jen fyzikální celostátní soustředění (pro jednu třídu od 24 do 28 studentů) koná v penzionu Táža v Peci p. Sněžkou.

Vyučujícími jsou zpravidla vysokoškolští učitelé – členové a spolupracovníci ústředních výborů FO a MO anebo krajských výborů v místě konání. Nejčastějšími vyučujícími ve fyzice byli: Bohumil Vybíral (od r. 1964 dosud – s absencemi v letech 1966, 1968, 1969, 1970, 1974, 1975, 1977, 1981 a 1986 pro působení na souběžných krajských soustředěních FO a soustředěních pro MFO), Zdeněk Ungermann (od počátku do r. 1992 – s některými absencemi), předseda FO Rostislav Košťál (od počátku do r. 1976 – opět s občasnými absencemi), Alois Kleveta (v 60. a 70. letech), Miroslav Ouhrabka (zejména od 90. let), dále např. Jozef Zámečník, Rostislav Baník, Ivan Baník, Ivo Čáp, Vladimír Ilkovič (jako zástupci slovenské strany). Tento výčet není vyčerpávající; mezi další přednášející na jednotlivých soustředěních patřili také např. Stanislav Zhejbal, Marta Chytilová, Mojmír Simerský, Vladimír Mittwalský, Václav Suchánek, Jiří Machalický, Jiří Dolejší, Přemysl Šedivý, Josef Hubeňák, Dag Hrubý aj. Na soustředěních v penzionu Táža působili také Jan Houštek (od r. 2001 pravidelně), Pavel Heřman, Jan Kříž, Lenka Zdeborová a někteří doktorandi z MFF UK a UHK.



Obr. 2 Studenti při výkladu na Táni v září 2009 (foto B. Vybíral)

2. Program a přínos soustředění

Program soustředění se ustálil na tématech, která pomáhají soutěžit při řešení úloh FO, rozšiřují jejich fyzikální obzor a motivují je k dalšímu studiu fyziky. Snaha byla fyziku přednášet a procvičovat na vysoké obsahové a metodické úrovni a také netradičně, aby to studentům nepřipomínalo jejich běžné školní hodiny fyziky. Především se při výkladu začal uplatňovat vedle vektorového počtu také infinitesimální počet (jak diferenciální, tak integrální). K tomu si fyzikové udělali patřičnou přípravu pro výklad fyzikálních jevů a k vytváření jejich matematických modelů – užitím limit a součtu řad (vynikal v tom Z. Ungermann a A. Kleveta).⁵ To studenty zpravidla velmi zajímalo a přitahovalo, protože viděli bezprostřední použití „vyšší matematiky“. Ze soustředění tak odjížděli nejen obeznámení se základy tohoto počtu, ale znali i jeho aplikace ve fyzice; mnozí si také konečně našli cestu k matematice.

Od poloviny šedesátých let se pro soustředění vytvořila dvě vděčná hlavní fyzikální **integrovaná témata**: *Silové pole a jeho energie* a *Kmity*

⁵Je pravda, že přítomní matematici za MO postup fyziků nevívali právě přívětivě, protože ten podle nich postrádal zažitý ortodoxní matematický vysokoškolský přístup – ten však z mnoha důvodů (už časových avšak také z hlediska vyspělosti studentů) nebylo možné uplatnit. Ungermannovo téma mělo název: *Použití infinitesimálního počtu ve fyzice*, Klevetovo téma: *Užití limity posloupnosti ve fyzice*.

a *vlnění*. Ta se nasazovala jako hlavní témata vždy ob rok. Nešlo zde jen o paralelní výklad analogických jevů z různých oborů fyziky, ale i o řešené příklady, v nichž se probírané jevy uplatňovaly prakticky. Dále se zařazovaly a zadávaly úlohy k řešení. To bylo rovněž účastníky přijímáno pozitivně. Vedle těchto hlavních témat jsou zařazovaná i **další témata** jako *Zpracování dat fyzikálních měření, Mechanika tuhého tělesa, Setrvačníky a jejich aplikace, Mechanika ideálních kapalin, Mechanika ideálních plynů, Termodynamika, Obvody stejnosměrného proudu, Obvody střídavého proudu, Geometrická optika, Vlnová optika, Základy kvantové fyziky, Základní poznatky teorie relativity, Úvod do fyziky pevných látek*. Samozřejmě vše to se nedalo probrat na jediném soustředění; vycházelo se rovněž z osobnosti přítomného učitele, který mohl nabídnout dokonalý a srozumitelný výklad na patřičné úrovni.

Méně oblíbenou částí programu bývala závěrečná písemná práce, pomocí níž se kontrolovalo zvládnutí látky a také se blíže poznávaly talenty. Aby ji student zvládl, musel se na ni připravit, což bylo pro výstup soustředění pozitivní. Matematici však tuto složku neuplatňovali, což působilo napětí mezi fyziky a matematiky. V důsledku demokratizace po r. 1989 i fyzikové tuto formu kontroly na soustředění opustili – zajisté ke škodě přínosu pro studenty i účelu soustředění. Školskou formu písemek do jisté míry nahrazuje dobrovolná soutěž na řešení vypsaných fyzikálních problémů, tzv. *Náboj*⁶, kterou zavedl r. 2001 J. Houštek. Jde o to, že se postupně na nástěnce vypisuje několik problémů náročných na řešení, které účastníci samostatně (ve volném čase) řeší a svá řešení odevzdávají zadavateli. Ten je opraví a oboduje. Na konci soustředění se vyhlašují nejlepší řešitelé, kterým se udělí drobné ceny. Toto je dobrá a oblíbená pracovní forma.

Do fyzikální části se někdy zařazovaly i **experimenty** (podle podmínek místa konání). Jednalo se jednak o soubor demonstračních experimentů z určitého oboru fyziky (např. *Pokusy z elektřiny*) a také o (omezené) měření laboratorních úloh účastníky soustředění, když byly podle místa pro to podmínky a dohodlo se to s ředitelem školy. Průlom do „laboratorního“ měření na soustředění udělala r. 2001 dvojice mladých lektorů – úspěšných mezinárodních olympioniků – Jan Houštek, Lenka Zdeborová, která pro účastníky soustředění připravila soubor měřicích úloh s jednoduchými

⁶ Toto označení, pod kterým si lze představit označení fyzikální veličiny nebo intelektuální schopnosti člověka, vzniklo jako zkratka sousloví *Nástěnkový boj*.

prostředky (vešlo se to vše do většího kufru či batohu a dalo se to přivést či přinést i na horskou chatu). Jde sice o soustavu méně přesných měření, která se však důsledně zpracovávají podle fyzikálních laboratorních zásad – především se určují chyby měření a kreslí se jednoduché grafy. Tj. dělá se to, co se studenti ve škole zpravidla nenaučí a co se ve Fyzikální olympiádě a ve fyzikální vědě potřebuje. Je třeba přiznat, že experimentální práce je stále slabou stránkou celostátních soustředění FO (s výjimkou těch pro MFO, kde je naprosto nezbytné pěstovat zběhlost a zručnost pro experimentování a zpracování měření, protože na MFO se za experiment uděluje 40 % bodů z celkového počtu).

Dopolední výklad a cvičení (ta se někdy organizují rovněž odpoledne anebo vpodvečer) vhodně doplňují **večerní besedy** na různá odborná témata, jejichž cílem je nejen informovat studenty o různých zajímavých oborech fyziky, nýbrž je především motivovat pro hlubší studium fyziky. Téma si často volí přednášející, který na soustředění vyučuje a závisí přitom na tom o jakou osobnost jde. K oblíbeným besedám patří např. *Historický vývoj teorie relativity*, *Základní poznatky Einsteinovy speciální a obecné teorie relativity*⁷, *Gravitační a elektrické pole vesmíru*, *O Lobačevského geometrii*, *Kvantová fyzika a stavba atomu*, *Vývojová stadia hvězd*. Je účelné, aby beseda také vhodně doplňovala dopolední výklad. Tak tomu bylo např. u besed *Užití teorie kmitání v technické praxi*, *Měření času a frekvence*. Oblíbené jsou rovněž besedy *O studiu fyziky na univerzitě*, *Mezinárodní fyzikální olympiáda*, *O úlohách na MFO*. Ne každá beseda v minulosti byla o fyzice či matematice – jako např. *O práci horské záchranné služby* anebo *O historických památkách v okolí*.

V souladu s vývojem se i na soustředěních měnila technologie vyučování – od klasické tabule k dataprojektoru, a to i v podmínkách horské chaty. V poslední době mnozí účastníci přijíždějí také s vlastními notebooky a na závěr soustředění všichni účastníci dostávají CD, na němž jsou prezentace, studijní texty, fotografie a další materiály pro studium a cvičení.

Důležitou doplňkovou aktivitou na soustředění je sportovní a kulturně poznávací činnost a také společenské hry a táborák (s kytarou a písničkami, vyprávěním životních příhod a vtipů). Čas na dvoutýdenním soustředění se organizuje tak, že mimo den příjezdu a odjezdu je 12 dnů intenzivní

⁷Besedu o teorii relativity na soustředění v Hranicích na Mor. (1967), která začala v 19 h, jsme museli ve 23 h ukončit, protože školník potřeboval již zavřít školu a jít spát – takový zde byl zájem o moderní fyziku.

zaměstnání (jde o 6 h výuky denně a večer zpravidla beseda nebo společenské hry či soutěž) a čas mimo to je věnován (kromě individuálního studia, či zpracování soutěžních úkolů) především sportovním aktivitám, krátkým výletům, exkurzím. Z toho tedy plyne, že se vyučuje také v sobotu (a někdy i v neděli). Jeden celý den je věnován aktivnímu odpočinku. V minulosti se zpravidla pořádaly celodenní autobusové zájezdy. Např. v lokalitě Jevíčko to např. býval zájezd na hrad Bouzov, někdy spojený s pěší túrou k Javoříčským jeskyním⁸ a jejich prohlídka. Nebo výlet do Olomouce a na Svatý Kopeček. V jiném roce to byl výlet do Moravského Krasu a na Macochu. Také exkurze do závodu Diu Jevíčko. Autokarové zájezdy v posledním patnáctiletí sice ustaly, avšak v Krkonoších se nabízí krásné výlety přímo z Táni. Nejde jen o celodenní túru po okolních horách, ale oblíbený bývá také náročný časný ranní výšlap na Sněžku za východem slunce, ještě před snídaní a dopolední výukou.

Závěrem je možné shrnout, že celostátní soustředění Fyzikální olympiády je velmi účinnou formou péče o talentované studenty, která přináší účastníkům nejen řadu fyzikálních a matematických poznatků a dovedností, avšak také určité sportovní, kulturní a společenské vyžití (i když v „napěchovaném“ programu omezené) a v neposlední řadě rovněž užitečné přátelství mladých lidí stejného zaměření. Je jen škoda, že v posledních letech zájem studentů o tuto aktivitu citelně poklesl. Účastníkům soustředění přináší užitek nejen pro Fyzikální olympiádu, nýbrž také pro jejich budoucí orientaci na hlubší studium fyziky a jejich aplikací – ti, kteří se soustředění zúčastnili bývají po jeho ukončení nadšení.

Literatura

- [1] *Ročenky fyzikální olympiády*, roč. I. až XXIX. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- [2] Svazky z Knižovničky Fyzikální olympiády, např. č. 52: B. Vybíral, *Zpracování dat fyzikálních měření*. Hradec Králové: MAFY, 2002.
- [3] Internetová stránka Fyzikální olympiády: <http://www.uhk.cz/fo> nebo <http://fo.cuni.cz>.
- [4] Zprávy o konání celostátních soustředění FO (z osobního archivu).

⁸Když jsme se od Bouzova měli pěšky dostat k Javoříčku, zvolili jsme sice turistickou značku správné barvy, avšak opačný směr. Když jsme se pak přiblížili k Mohelnici, viděli jsme, že je zle. A to na nás v Javoříčku čekal dr. Dag Hrubý s autobusem. V době, kdy nebyly mobily, nebyla snadná domluva a tak se túra o 2 h protáhla.

Jak zlepšit výuku fyziky z motivačního hlediska?

MARTINA KEKULE

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

Úvod

Během posledních několika let stále klesá zájem žáků o přírodní vědy a technické obory [1]. Jedním z důvodů může být neobliba přírodovědných předmětů, zejména fyziky a chemie ([2]). Jak vnímají současní žáci výuku fyziky, jak by si ji přáli zlepšit? Nejen tyto otázky byly podnětem k realizaci výzkumu, který proběhl v rámci řešení projektu č. 2E06020 „Fyzikální vzdělávání pro všestrannou přípravu a rozvoj lidských zdrojů na úrovni základních a středních škol“ Národního programu výzkumu II ČR. Článek přináší vybrané závěry realizovaného výzkumného šetření a zejména z nich vyplývající doporučení pro zlepšení výuky fyziky z motivačního hlediska. Není zde představován žádný nový koncept výuky, doporučení se týkají menších změn hlavního výukového proudu a mohou sloužit jako náměty na inovaci a zlepšení výuky učitelům základních a středních škol při tvorbě ŠVP. Doporučení sledují motivační hledisko, měla by proto být brána v úvahu, pokud chceme akcentovat právě tento pohled.

Výzkumné šetření

Výzkumným nástrojem použitým v tomto šetření byl dotazník čítající zhruba 150 jednotlivých položek zaměřených zejména na témata a obory zajímavé pro výuku fyziky, činnosti, kterým by se žáci a žákyně rádi věnovali v hodinách fyziky, povolání související s fyzikou a další. Šetření se zúčastnilo celkem 4234 respondentů. Počet respondentů ze ZŠ a odpovídajících tříd víceletých gymnázií byl 1886 (z toho 47 % dívek a 52 % chlapců, 18 neuvedlo pohlaví), respondentů ze SŠ bylo 2348 (42 % dívek a 57 % chlapců, 36 neuvedlo pohlaví). Při náhodném výběru škol z celé ČR byla zohledněna zeměpisná poloha a velikost obce sídla školy, výběr můžeme označit za reprezentativní. Více o výběru vzorku viz např. [3]. Jednotlivé položky dotazníku byly nejčastěji formulovány jako tvrzení, s nímž měli

respondenti a respondentky vyjádřit míru ne/souhlasu pomocí čtyřstupňové Likertovy škály: 1 – velmi souhlasím, 2 – spíše souhlasím, 3 – spíše nesouhlasím, 4 – velmi nesouhlasím. Prezentované závěry byly získány na základě zjištění relativních četností, zda jsou rozdíly statisticky významné bylo zjišťováno pomocí Kolmogorovova-Smirnovova testu dobré shody.

Vybrané závěry

Zde jsou stručně uvedeny vybrané závěry získané z dotazníkového šetření, které sloužily jako podklad pro formulování jednotlivých doporučení pro výuku fyziky. Podrobnější komentář je uveden v dalším odstavci týkajícím se doporučení. Detailnější zpracování šetření a vyvozování závěrů lze nalézt např. v publikaci [4] a [5] či na webových stránkách projektu [6].

- I přes opakovaně zjišťovanou neoblibu fyziky v porovnání s ostatními předměty, závěry popisovaného šetření jsou vcelku pozitivní. S tvrzeními „Fyzika mě hodně baví“ či „docela baví“ souhlasilo 72 % chlapců a 58 % dívek ZŠ. Druhé dvě alternativy (Fyzika mě spíše nebaví, či vůbec nebaví) vybralo 28 % chlapců a 42 % dívek. Přestože více chlapců než dívek hodnotí fyziku jako zábavnou, stejně tak ji vnímá i více než polovina dívek ZŠ! Situace na SŠ je méně pozitivní. Celkově se studenti častěji přikláněli k negativnímu hodnocení, tj. že fyzika je spíše či vůbec nebaví. Takto ji hodnotilo 65 % dívek a 47 % chlapců.
- Rozložení četností výběru alternativ, zda žáky fyzika hodně, docela či spíše a vůbec nebaví se u žáků s rozdílnými známkami liší. Se zhoršující se známkou počet žáků a žákyň, které fyzika baví, nepřekvapivě klesá. Nicméně, fyzika nebaví téměř čtvrtinu žáků ZŠ, kteří měli na předchozím vysvědčení jedničku. Naopak fyzika hodně či docela baví více jak polovinu „trojkařů“. V případě žáků SŠ fyzika nebaví téměř třetinu „jedničkařů“, naopak fyzika hodně či docela baví 37 % „trojkařů“.
- Obecně byli v hodnocení položek žáci ZŠ a nižšího stupně víceletého gymnázia pozitivnější než středoškolští žáci (fyzika je baví, činností by se věnovali raději, více by je zajímala daná témata a obory apod.)
- Žáci ZŠ hodnotili všechny nabízené obory jako zajímavé. Dívky by více než chlapce zajímala témata: *teplo; světlo; zvuk; Země a vesmír*.
- Středoškolští žáci preferují především obory optika a astrofyzika. Tyto dva obory jsou jako jediné pro dívky zajímavější než pro chlapce.
- Žáci preferují především témata, která se týkají moderních technologií

či obecně vesmíru. Dívky navíc více upřednostňují témata s mezipředmětovými vazbami, zejména s biologií, hudební výchovou, apod.

- Jak žáci ZŠ, tak SŠ by se ve fyzice chtěli zaměřit především na získávání dovedností užitečných pro život. Nejméně by je zajímaly životy vědců a historické souvislosti.
- Nejoblíbenější činností (z nabídnutého seznamu, který zahrnoval laboratorní úlohy, měření s počítačem i bez, odhadování, třídění informací, řešení úloh, odvozování vzorečků atd.), které by se nejraději během vyučovacích hodin fyziky věnovali jak žáci základních, tak i středních škol, je provádění pokusů vlastníma rukama. Naopak za nejneoblíbenější činnost považují řešení početních úloh a odvozování vzorečků.
- Fyzika je žáky vnímána spíše jako předmět určený chlapcům, přestože je hodnocena jako potřebná či využitelná v životě i pro dívky.
- Většina SŠ žáků nepreferuje pohlaví vyučujícího. Žáci ZŠ jsou více diferencováni (přibližně 1/3 preferuje učitele, necelá 1/5 učitelku a 1/2 nepreferuje vyučujícího dle pohlaví).
- Více než 60 % žáků ZŠ a více než polovina žáků SŠ se domnívá, že fyziku budou potřebovat ve svém životě.
- Povolání inženýra (rozuměj technické povolání týkající se fyzikálních oborů) vnímají žáci SŠ především jako vhodné „pro talentované na F, pro ne-normální a lze se s ním dobře uplatnit“. Povolání fyzika vnímají především jako „pro ne-normální lidi, tvůrčí a snadné“. Učitelské povolání je SŠ žáky vnímáno především jako „dobře placené, časově náročné a pro talentované na fyziku“.
- Faktory, které by žáky SŠ více motivovaly k výběru povolání učitel/ka, fyzik/fyzička či inženýr/ka více než polovina dotázaných žáků neumí posoudit.

Doporučení pro výuku fyziky z motivačního hlediska

Zde jsou stručně uvedena obecná doporučení, která by měla být brána v úvahu, pokud chceme ve výuce posílit motivační hledisko. Nejedná se tedy o doporučení platná vždy a za všech okolností. Doporučení jsou určena středoškolským učitelům, některá, týkající se zejména témat, činností ve výuce fyzice, i učitelům na základních školách.

- Bylo by vhodné změnit pořadí oborů v rámci celé výuky. Především v úvodu celého kurzu fyziky doporučujeme věnovat část hodin optice

a lehčím –popisným– partiím z astrofyziky. A naopak zejména abstraktní partie z molekulové fyziky by bylo vhodné zařadit do výuky ve vyšších ročnících.

- I samotný název, stručné přiblížení tématu může mít vliv na to, zda žáky téma zaujme či ne. Na úvod nějakého tématu by bylo vhodné formulovat zajímavou otázku či problém, který žáci po probrání příslušného tématu budou schopni objasnit. Např. problém „jak nejdále dohodit míčem nebo kamenem“ žáci hodnotili jako spíše zajímavý, kdežto téma „jak popsat šikmý vrh matematicky“ jako zcela nezajímavé.
- Dívky a chlapci hodnotili zajímavost většiny témat a oborů rozdílně. Co se týče oborů, panovala shoda pouze u optiky. Z nabízených témat ohodnotili shodně dívky i chlapci témata týkající se obecně vesmíru (např. jakým způsobem se pohybují planety; kdy vznikl a jak se vyvíjel vesmír), moderních technologií (např. jak funguje digitální foťák) či nastiňujících překvapivé závěry (např. jak zařídit, aby se voda vařila při 30 °C; jak to, že nespadne letadlo při letu). Tato témata také byla hodnocena pozitivně, tj. jako zajímavá. Tedy nejen z motivačního, ale také z gender hlediska, lze doporučit zařazení či posílení podobných témat ve výuce fyziky.
- Vcelku nepřekvapivě žáci preferují během výuky fyziky rozvíjení dovedností, které uplatní v životě. Dále se chtějí věnovat tématům, která jsou potřebná při přijímacích zkouškách na VŠ. V praxi se ukazuje, že žáci často až ve vyšších ročnících gymnázia zjistí, že fyzika je čeká v přijímacích zkouškách na medicínu, architekturu či další populární obory. Pro zvýšení motivace je tedy možné použít i tuto pragmatickou stránku požadavků žáků a již od začátku kurzu fyziky žáky odkazovat na využití získaných znalostí a dovedností v dalším studiu zdánlivě nesouvisejícím s fyzikou.
- Z hlediska preference činností lze jednoznačně doporučit častější zařazení praktických činností žáků do výuky, a to i na středních školách. Ať už formou provádění pokusů žáky, sestrojování jednoduchých zařízení apod.
- Dále by měl být z motivačního hlediska kladen důraz na kvalitativní pozorování, vysvětlování jevů apod. Naopak přesné měření a řešení početních úloh, tj. kvantitativní přístup, není žáky příliš oblíben. Zcela jistě není vhodné výuku koncipovat dle přání žáků a kvantitativní operace k fyzice jistě patří. Nicméně např. od 80. let minulého století se zejména v USA prosazuje konceptuální styl výuky fyziky. Zde je zdů-

razňováno zejména kvalitativní vysvětlování a porozumění fyzikálním jevům. Ukazuje se totiž, že přestože jsou někteří žáci schopni daný příklad vypočítat, fyzikální podstatě již nerozumí. Odklon od matematického pojetí fyziky může pomoci nejen zvýšení motivace, ale také celkovému lepšímu pochopení probíraného učiva. V ČR podobný koncept výuky prezentuje např. ryze český projekt pro ZŠ Heuréka [7]. Podobně i laboratorní úlohy by měly zpočátku přivést žáky k experimentování, později k užití vědeckých metod kvalitativním způsobem a teprve posledním stupněm je výuka zaměřená na výpočet chyb měření. Přestože výuka na SŠ navazuje na výuku na ZŠ, bylo by i zde vhodné zařadit precizní výpočet chyb měření během laboratorních prací v průběhu prvního ročníku, nikoliv na jeho začátku, jak je běžnou praxí.

- Charakteristika povolání fyzika či fyziky žáky středních škol připomíná spíše představu „šíleného vědce“. Zřejmě se žáci o tom, kdo to vědec je a co dělá, dozvídají ze zábavných filmů. Ve výuce fyziky je proto vhodné zaměřit se nejen na samotný obsah učiva, na prezentaci vědeckých poznatků, ale také na to, jak se k nim dospělo a jací jsou lidé, kteří se fyzikou zabývají. Tato část většinou ve výuce zcela chybí. Přesto by mohla být pro žáky atraktivní. Pokud by se některý učitel domníval, že tímto okrajovým tématem ztrácí drahocenný čas, je možné ho zařadit v průběhu roku během některých neproduktivních hodin, např. před Vánoci, na samém konci školního roku apod. Námět na konkrétní aktivitu – zejména diskuzi – se žáky týkající se povoláních souvisejících s fyzikou lze nalézt např. v [4].

Závěr

Článek uvádí vybrané závěry rozsáhlého dotazníkového šetření zabývajícího se zlepšením výuky fyziky z motivačního hlediska. Jsou zde formulována doporučení pro výuku fyziky s akcentem na motivaci. Některá doporučení jsou v souladu s obecně přijímanými názory. Přesto je vhodné je opět připomenout, a to zejména jsou-li podložena reálnými daty.

Přestože jsou v tomto článku nabízena doporučení na zlepšení výuky, jak ukázalo šetření, zejména na základní škole žáky a žákyně předmět fyzika baví. Stav se tedy oproti předchozím letům zlepšuje a lze předpokládat, že se tak děje zejména díky dobré práci učitelů. Samotným závěrem můžeme zdůraznit, jak učitele fyziky vnímají žáci středních škol:

Učitelské povolání je zejména „dobře placené, časově náročné a pro talentované na fyziku“.

Literatura

- [1] European Commission. *Europe needs more scientists*. Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for ST in Europe. 1. vyd. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004.
- [2] Svoboda, E., Höfer, G.: *Názory a postoje žáků k výuce fyziky*, MFI (2006/2007), č. 4, str. 212.
- [3] Kekule, M., Žák V.: Projekt zjišťování faktorů (ne)oblíbenosti fyziky. In Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 3/ Rámcové vzdělávací programy, Srní 2007. ISBN 978-80-7043-603-5.
- [4] Dvořák, L a kol.: Lze učit fyziku zajímavěji a lépe? Praha: Matfyzpress, 2008, s. 13.
- [5] Žák, V., Kekule, M.: Preference témat ve fyzice z hlediska genderu. In Sborník příspěvků XV. konference ČAPV. České Budějovice: JČU, 2007. ISBN 978-80-7040-991-6.
- [6] Webové stránky projektu. Dostupné on-line: <http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NP VII/>, cit. 14. 9. 2009.
- [7] Webové stránky projektu. Dostupné on-line: <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>, cit. 14. 9. 2009.

LITERATURA

Joan Spicciová: Až za hranice. Sen Sofie Kovalevské

Nakladatelství Academia již nějakou dobu vydává knihy o významných ženách ve vědě (manželce A. Einsteina, astronomce K. Herschelové, fyzičce L. Meitnerové). Nejde však o vědeckou publikaci z oblasti historie matematiky, ale román. Autorka je matematicka, která vystudovala i historii a kvůli zájmu o Kovalevskou se začala učit rusky. Přeložila do angličtiny korespondenci Kovalevské. Právě tyto dopisy a osobní vzpomínky Kovalev-

ské asi byly hlavními prameny k sepsání knihy.

Knihla zahrnuje život Sofie a její sestry. Začíná rokem 1865, kdy obě sestry sní o vzdělání, které nebylo v carském Rusku pro ženy přístupné, a končí 1874, kdy Sofia a její muž obhájili doktorát. Aby mohla se sestrou vycestovat do zahraničí, musela Sofie uzavřít fiktivní sňatek s *Vladimírem Kovalevským*. Ten mimo jiné vydával v Rusku práce *Ch. Darwina*. Nemá cenu popisovat děj románu, nicméně autorka prokázala, že je nejen matematickou, ale také nadějnou spisovatelkou.

Knihla vyšla v roce 2009 v edici Žena a věda, přeložil ji Ondřej Novák a doslov napsal Ivo Kraus, profesor fyziky ČVUT.

Karel Vašíček