

Leoš Dvořák, Irena Dvořáková,  
Věra Koudelková

# FYZIKA

Aktivně, aktuálně a s aplikacemi



Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze:  
aktivně, aktuálně a s aplikacemi – projekt OPPA



Praha 2012

Publikace byla vydána v rámci Operačního programu Praha – Adaptabilita (OPPA) a jeho projektu Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. Řešiteli projektu jsou pracovníci Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze a Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze.

*Autoři textu:*

doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc. (kap. 1, 3–5, 7–10)

RNDr. Irena Dvořáková, Ph.D. (kap. 2, 3.4)

Mgr. Věra Koudelková (kap. 6)

katedra didaktiky fyziky MFF UK v Praze

*Recenzenti:*

doc. RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D.

RNDr. Stanislav Gottwald

Vydalo Nakladatelství P3K s. r. o. v Praze v roce 2012 v nákladu 150 ks. Vydání první.

Vytištěno ze sazby dodané autory.

Publikace neprošla jazykovou korekturou.

© Leoš Dvořák, Irena Dvořáková, Věra Koudelková, 2012

© Nakladatelství P3K, 2012

ISBN 978-80-87186-67-1

# Obsah

1. Úvodem .....	5
1.1 Fyzika v projektu Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi .....	5
1.2 Co najdete v této publikaci .....	5
2. Konstruktivismus a badatelsky orientovaná výuka fyziky: jen módní pojmy nebo užitečné přístupy? .....	7
2.1 Konstruktivismus .....	7
2.2 Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání (IBSE) .....	9
2.3 Role učitele ve výuce .....	11
3. Kompetence – odkud, proč a k čemu .....	13
3.1 Odkud se vzaly .....	13
3.2 Kompetence nebo znalosti? .....	14
3.3 Jaké klíčové kompetence? .....	16
3.4 Jak lze ve fyzice rozvíjet kompetence – aktivně a tak, aby to mělo smysl .....	18
3.5 Návrh k zamyšlení: „racionálně-empirické“ kompetence .....	20
3.6 Závěrem ke kompetencím .....	22
4. Pokusy ve výuce fyziky – několik obecnějších postřehů .....	23
4.1 Proč klást důraz na pokusy .....	23
4.2 Praktická činnost žáků: buďme realisté .....	24
4.3 Jak tedy na pokusy: pozitivní doporučení .....	27
5. Pokusy mohou mít „mnoho vrstev“. (Příklad: vybíjení kondenzátoru) .....	29
5.1 Nejjednodušší verze pokusu a jeho diskuse .....	30
5.2 Měníme parametry pokusu – ale stále zůstáváme na kvalitativní úrovni .....	31
5.3 Pokles napětí s časem – kvantitativní měření .....	34
5.4 Teoretický popis (také v několika úrovních) .....	35
5.5 A co dál? .....	39
6. Chápání fyzikálních konceptů z elektřiny a magnetismu: proč je důležité, jak ho testovat a co nám řeknou výsledky .....	40
6.1 Proč základní představy studentů testovat? .....	40
6.2 Konceptuální test z elektřiny a magnetismu .....	41
6.3 Metodika výzkumu .....	43
6.4 První výsledky .....	43

6.5 Položková analýza testu .....	44
6.6 Co výsledky říkají o znalostech a představách testovaných studentů? .....	46
6.7 Rozbor některých otázek .....	47
6.8 Budoucnost testu KTEM .....	54
7. Co nabízejí příručky modulu Fyzika projektu Přírodní vědy a matematika na SŠ .....	55
8. Propojujeme obsah příruček. (Příklad: počítač využitý jako osciloskop) .....	57
8.1 Základní práce s programem Soundcard Scope .....	58
8.2 Další možnosti – a některá omezení .....	60
8.3 Co lze připojit na vstup zvukové karty .....	61
8.4 Náměty na využití ve fyzikálních pokusech .....	62
9. Jak dál: kde najít návody a náměty na další fyzikální pokusy a aktivní práci se žáky a studenty .....	64
10. Závěrem .....	66
Literatura .....	67
Rejstřík .....	71

# 1. Úvodem

## 1.1 Fyzika v projektu Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi

Tato publikace vznikla v rámci projektu OPPA „Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi“, řešeném v letech 2010–2012 na Přírodovědecké a na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Záměrem projektu je přispět k inovaci výuky přírodních věd a matematiky a ke zvýšení zájmu středoškoláků o tyto obory.

Ve vzdělávacím modulu Fyzika vznikly v rámci projektu čtyři příručky [1.1–1.4] zaměřené na oblast elektřiny a magnetismu a elektromagnetického záření. Jejich bližší charakteristiku najdete v osmé kapitole této publikace. Všechny příručky byly orientovány zejména na experimentální stránku výuky fyziky, tedy na pokusy, jimiž lze žáky a studenty motivovat, blíže je seznámat s probíranými jevy a rozvíjet jejich pochopení příslušných pojmů, veličin a zákonitostí. V duchu názvu projektu byl kladen důraz na to, aby šlo o pokusy, které mohou *aktivně* provádět sami žáci a studenti, nebo na nich aktivně participovat. Přestože základní pokusy z oblasti elektřiny a magnetismu, díky nimž fyzika dosáhla základního pochopení těchto jevů na klasické úrovni, pocházejí už z devatenáctého století (a některé jsou ještě starší), šlo nám v duchu projektu i o *aktuálnost* – tedy o použití současných materiálů (v řadě případů těch, které žáci znají z běžného života), v současnosti běžně dostupných měřicích přístrojů, polovodičových součástek apod. Zcela přirozeně daná tematická oblast souvisí také s *aplikacemi*. I těch byla v příručkách zmíněna řada, byť uvádět celou jejich širokou škálu samozřejmě nebylo možné a v dnešní internetové době, kdy nejnovější informace o aplikacích jsou k dispozici na webu, by to nebylo ani účelné. Přesto příručky i oblast aplikací přirozeně začleňují.

## 1.2 Co najdete v této publikaci

Charakter této publikace je poněkud jiný. Další pokusy z tematických oblastí, jimž se věnovaly čtyři výše zmíněné příručky, by zde byly poněkud vytržené z kontextu. Pro jejich začlenění bylo třeba podrobněji připomenout teorii a některé pokusy popsané v daných příručkách – ale nechtěli jsme tvořit novou publikaci ze značné části kopírováním těch předchozích.<sup>1</sup> V této publikaci proto nenajdete komentovanou sbírku pokusů.

Místo toho jsme se rozhodli pokusit se podat určitý „nadhled“ nad využitím pokusů ve výuce fyziky a některými aktivizujícími metodami výuky. Víme, že řada učitelů má určitou nedůvěru k obecnějším popisům a koncepcím – možná po špatných zkušenostech s tím, kolik z nich se leckdy zvrhlo ve „škatulkování“ a ve vyplňování různých tabulek a přehledů, kde bylo třeba

---

<sup>1</sup> Třeba jednou dojde na nějaké doplnění a rozšířené vydání jednotlivých příruček, tam by začlenění nových pokusů či jejich variant mělo svou cenu.

vykázat, jak se dané „nové koncepce“ uplatňují ve výuce. Proto se zde snažíme i obecnější přístupy prezentovat „lidsky“, na příkladech, bez velkého teoretizování a přemíry cizojazyčných termínů (byť některým se úplně nevyhneme).

Věříme, že takto podaný obecnější pohled může mít pro učitele fyziky svou cenu. Navíc nejde o materiál, který byste museli striktně studovat od začátku do konce. Můžete si vybrat, co vás zaujme – třeba se časem k některým dalším částem vrátíte.

Ve druhé kapitole se pokusíme přiblížit, čím pro výuku fyziky mohou být zajímavé přístupy označované jako *konstruktivismus* a (nyní ještě „módnější“) *Inquiry Based Science Education* (IBSE, česky překládané jako „badatelsky orientovaná výuka v oblasti přírodních věd“). Ve třetí kapitole nastíníme trochu jiný pohled na *kompetence*, než jaký možná zná většina učitelů; bude přitom doplněn i příkladem z fyziky.

Poněkud obecnější pohled na problematiku pokusů ve výuce fyziky, vycházející z mezinárodních studií, podá čtvrtá kapitola. V páté si pak připomeneme, jak jediný typ pokusu může mít ve skutečnosti mnoho „vrstev“ popisu a jak jej lze rozebírat na různých úrovních, od základoškolské po vysokoškolskou. Vždy přitom jde o to, aby rozbor pokusu nebyl formální a rozvíjel fyzikální myšlení žáků a studentů a skutečné pochopení příslušných jevů, pojmů, veličin a zákonitostí.

O tom, jak testovat *konceptuální pochopení* jevů z oblasti elektřiny a magnetismu – a co to vlastně je a jaké výsledky jeden z takových testů dává – přehledně informuje šestá kapitola.

Aby měly obecné přístupy nějaký smysl, musí se „přetavit“ do konkrétní výuky. Naším cílem v projektu OPPA bylo, aby příručky pro jednotlivé tematické celky byly inspirací a námětem právě pro takovou výuku. Sedmá kapitola proto stručně připomíná jednotlivé příručky a komentuje i některé vzájemné návaznosti jejich dílčích oblastí.

Konkrétní výuka s pomocí pokusů ovšem vyžaduje příslušné „materiální vybavení“, tedy zejména pomůcky. O problematice jejich dostupnosti na školách, cen, apod. by bylo možno obecně diskutovat dlouho. Osmá kapitola místo toho konkrétně ukazuje, jak lze například osciloskop (což není přístroj z nejlevnějších) v mnoha případech nahradit počítačem se zvukovou kartou – tedy něčím, co lze již dnes prakticky považovat za „běžnou pomůcku“.

Následující kapitolu bychom mohli nazvat „A co dál?“. Žádný soubor příruček a publikací samozřejmě nemůže představit a shrnout všechny vhodné pokusy, všechny způsoby jejich využití, všechny inspirativní nápady. Devátá kapitola proto připomíná zdroje, kde lze hledat další návody a náměty zejména na pokusy, ale i na aktivní a aktivizující přístupy k výuce fyziky vůbec.

Na doprovodném CD najdete v elektronické podobě celý text této publikace a některé doplňující materiály.

## 2. Konstruktivismus a badatelsky orientovaná výuka fyziky: jen módní pojmy nebo užitečné přístupy?

Jak již bylo napsáno v úvodu, název projektu, v jehož rámci vznikly kurzy pro učitele a také příručky k těmto kurzům, zní Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. Konkrétní náměty na výuku fyziky aktivně, aktuálně a s aplikacemi byly obsahem předchozích příruček. V této, shrnující a závěrečné příručce bychom se rádi alespoň v krátkosti věnovali také **teoretickým základům** aktivizující výuky. Uvedeme zde i zdroje, ze kterých mohou zájemci získat jak větší teoretický základ uvedených teorií vzdělávání, tak i další konkrétní náměty pro rozvoj aktivizující výuky ve třídách (a to nejen v těch oblastech, kterým byly věnovány kurzy našeho projektu).

Jedním z nejvíce propagovaných a používaných konceptů aktivizující výuky byl koncem 20. století **konstruktivismus**. Z něj vychází **badatelsky orientovaný přístup** či badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání (inquiry-based learning, inquiry-based science education). Oběma těmto konceptům výuky se v této kapitole budeme podrobněji věnovat.<sup>2</sup>

### 2.1 Konstruktivismus

Konstruktivismus se někdy vymezuje jako snaha o překonání tzv. transmisivního vyučování, jež je chápáno jako předávání poznatků žákům, kteří jsou přitom v pasivní roli příjemců těchto poznatků. Podle konstruktivistů žáci sami konstruují významy a porozumění smyslu, když aktivně pracují s předloženými informacemi a zkušenostmi. Při této činnosti je práce žáků navíc výrazně ovlivněna jejich předchozími zkušenostmi. Oproti transmisivnímu vyučování je tedy konstruktivismus výrazně orientován na žáka.

Všem zájemcům o podrobnější seznámení se se soudobými teoriemi učení a s teoretickými východisky konstruktivismu můžeme doporučit velmi dobře čtivý článek *Konstruktivismus ve vyučování matematice* [2.1]. Autoři zde uvádějí také přehlednou tabulku základních rozdílů mezi transmisivním přístupem ke vzdělávání a přístupem orientovaným na žáka. Je samozřejmé, že běžná výuka ve škole se pohybuje obvykle někde mezi těmito krajními polohami, avšak podle našeho názoru je vhodné tyto základní rozdíly zde uvést a při práci se žáky vědomě volit vhodné metody a formy výuky.

---

<sup>2</sup> Poznámka – pokud se nejedná o citaci původních pramenů, budeme z důvodu lepší čitelnosti textu používat označení žák pro objekty pedagogického působení učitele, i když genderově korektnější by bylo označování žák/žákyně či student/studentka a učitel/učitelka.

**Tab. 2.1 Porovnání dvou přístupů vzdělávání (podle [2.1]).**

<b>Tradiční (transmisivní) přístup</b>	<b>Přístup orientovaný na žáka</b>
Škola předává dětem především vzdělání jako výsledný produkt, který je nutno si osvojit v hotové podobě.	Škola připravuje děti pro život a vzdělávání je považováno za proces, který nikdy nekončí.
Obsah vzdělání je určován zvnějšku, je předkládán v oddělených předmětech a důraz je kladen především na osvojení si vědomostí.	Na rozhodování o obsahu vzdělání se podílejí všichni zainteresovaní (odborníci, pedagogové, rodiče, děti) je integrován do smysluplných celků a důraz je kladen na osvojení klíčových kompetencí.
Nové poznatky jsou cílem, kterého je třeba dosáhnout, a které předkládá učitel prostřednictvím učebnic.	Nové poznatky jsou nástrojem k porozumění sobě i okolnímu světu, děti si je budují samy, učitelé jsou partnery podporující učení a nabízející práci s mnoha zdroji.
Učitelé nesou odpovědnost za dění ve třídě, určují pravidla a kontrolují, jsou v ní hlavní autoritou a představují roli „předavatelů“ informací.	Pravidla pro práci a chování ve třídě tvoří učitel společně s dětmi, každý nese odpovědnost za své chování a učitelé jsou „průvodci“ na cestě za vzděláním, kteří dítě respektují.
Dítě je považováno za pasivního příjemce, za „čistý list papíru“, na který je třeba vepsat informace.	Dítě je chápáno jako aktivní tvůrce a samostatně myslící bytost, která si konstruuje vlastní poznávání na základě svých zkušeností svým vlastním způsobem.
Učitel vyučuje celou třídu stejným způsobem, většinou frontálně, děti plní příkazy učitele, pracují převážně individuálně.	Učitel nabízí dětem možnost práce různým způsobem, respektuje jejich individuální rozdíly, děti mohou pracovat individuálně, ve dvojicích, ve skupinách. Mají možnost si pomáhat a spolupracovat.
Komunikace s rodiči je vyhrazena pro případy, kdy je třeba informovat o výsledcích dítěte nebo pokud se objeví nějaký problém, škola žije svým vlastním životem.	Rodiče jsou považováni za partnery učitele, jsou ve škole vždy vítáni a očekává se jejich účast na školním vzdělávání dítěte.
Hodnocení je zcela v kompetenci učitele a je založeno na porovnávání úspěšnosti dítěte s ostatními dětmi prostřednictvím známek.	Hodnocení zachycuje individuální pokrok každého dítěte, podílejí se na něm i děti, které společně s učitelem formulují požadavky (kritéria) hodnocení.

V článku autoři dále formulují *Desatero didaktického konstruktivismu* a pět tezí popisujících podnětnou (konstruktivistickou) výuku. Ke každé tezi pak uvádějí konkrétní příklad z praxe, který tuto tezi ilustruje. Přestože se zde jedná o výuku matematiky, domníváme se, že těchto pět tezí je velmi dobře použitelných i pro výuku fyziky:

- 1) Učitel probouzí zájem dítěte o matematiku a její poznávání.
- 2) Učitel předkládá žákům podnětná prostředí (úlohy a problémy) a vhodně s nimi pracuje.
- 3) Učiteli jde především o žákovu aktivní činnost.
- 4) Učitel nahlíží na chybu jako na vývojové stádium žákovu chápání matematiky a impulz pro další práci.
- 5) Učitel se u žáků orientuje na diagnostiku porozumění spíše než na reprodukci odpovědi.

Je možné s autory polemizovat, nakolik jsou výše uvedené teze charakteristické právě pro konstruktivistický přístup k výuce. Avšak díky tomu, že autoři uvádějí konkrétní příklady ze školní praxe, je podle našeho názoru zajímavé se s článkem seznámit (vzhledem k tomu, že je článek dostupný na webu, nebudeme zde tyto příklady uvádět a odkazujeme zájemce na původní materiál).

Za velmi výstižný považujeme závěr práce, ve kterém autoři zdůrazňují, že nelze podat návod na konstruktivistické vyučování, neboť podstatou tohoto přístupu je autentičnost, hledání, bohaté využívání vlastních zkušeností a jednou z jeho základních charakteristik je nepředvídatelnost.



Proces konstrukce poznání mívá dvě fáze. První zahrnuje zkoumání nového předmětu nebo myšlenky a vede někdy k rozporu se žákovou předchozí zkušeností, druhá je potom řešením tohoto rozporu a často si žádá změnu dosavadního pojetí či představ. Konstruktivistické vyučování se často pokouší vyvolat tzv. **kognitivní konflikt** – vědomí problému, pocitu napětí mezi dosavadní představou a novou informací nebo zkušeností. Předpokladem je začít diagnostikou intuitivních představ dítěte o daném jevu, a pak mu poskytnout zkušenosti, které vedou ke kognitivnímu konfliktu s danou představou. Aby byl kognitivní konflikt vyřešen, musí žák konstruovat nebo nalézat nová řešení.

Zkoumání dosavadního poznání, jež si žák z každodenního života do školy přináší, a možnosti jeho ovlivnění výukou jsou velmi často předmětem různých výzkumů. Pro toto neucelené poznání světa se používají jednak pojmy miskoncepce či naivní teorie (které v sobě však obsahují jisté odsouzení či znevážení), nebo vhodněji neutrální výraz **prekoncepce**. Prekoncepce zobecňují minulou zkušenost a zároveň umožňují předpovídat budoucnost, čímž nám pomáhají orientovat se v životě. Jsou tedy nutnou podmínkou učení, ale současně mohou představovat překážku v dalším učení.

K tomu, aby došlo k redefinici nesprávných představ, je nezbytný postupný a dlouhodobý proces změny, k němuž je nutná velká trpělivost učitele i žáka. Bohužel však běžné školní úlohy často umožňují žákům, aby pracovali formálně, bez hlubšího porozumění principům či faktům. Tyto povrchové, formální znalosti se poznají například tehdy, když má žák předem odhadnout výsledek, udělat kvalitativní úvahu, apod.

Podrobnější rozbor žákovských prekonceptů z různých oborů fyziky i úlohy, které mohou žákům pomoci při překonávání chybných představ, lze najít v nedávno vydané publikaci *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky* [2.2]. Chcete-li se s touto problematikou podrobněji seznámit, tak tuto publikaci můžeme vřele doporučit.

## 2.2 Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání (IBSE)

Jak jsme již uvedli dříve, z konstruktivismu vychází v současné době velmi podporovaný a rozšířený badatelsky orientovaný přístup či badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání (inquiry-based learning, inquiry-based science education, někdy pouze „inquiry“). Tento způsob výuky je doporučován i ve zprávě Evropské komise *Science education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* [2.3] jako metoda, která vykazuje značný potenciál zvyšovat zájem dětí i zlepšovat jejich výsledky v přírodovědném a matematickém vzdělávání.

IBSE ještě dále prohlubuje konstruktivistický přístup ke vzdělávání. Při výuce založené na bádání má učitel funkci zasvěceného průvodce při řešení problému a vede přitom žáka postupem obdobným, jaký je běžný při reálném výzkumu. Od formulace hypotéz (jak co funguje, jakou to má roli ...), přes konstrukci metod řešení (jak to zjistit ...), přes získání výsledků (zjištěných metodikou, na které se žáci s učitelem dohodli) a jejich diskusi (co mohlo být jinak, co tomu říkají informace na webu a v literatuře) až k závěrům (takhle to je ... takhle by to mohlo

být ...). To umožňuje žákovi relativně samostatně a v kooperaci se spolužáky formulovat problém, navrhnout metodu jeho řešení, vyhledávat informace a kriticky je hodnotit, řešit problém prodiskutovaným způsobem a interpretovat výsledky, a tak aktivně získávat potřebné kompetence, znalosti, dovednosti a komunikační schopnosti.

V české pedagogické literatuře zatím tento pojem není příliš používán, přesněji řečeno – používán je, ale není často dobře definován. Jistou orientaci poskytuje dělení, které je uvedeno v článku *O badatelsky orientovaném vyučování* [2.4]:

- potvrzující bádání – otázka i postup jsou studentům poskytnuty, výsledky jsou známy, jde o to je vlastní praxí ověřit
- strukturované bádání – otázku i možný postup sděluje učitel, studenti na základě bádání formulují vysvětlení studovaného jevu
- nasměrované bádání – učitel dává výzkumnou otázku, studenti vytvářejí metodický postup a realizují jej
- otevřené bádání – studenti si kladou otázku, promýšlejí postup, provádějí výzkum a formulují výsledky.

V roce 2001 vyšla kniha M. Hejného a F. Kuřiny *Dítě, škola a matematika* [2.5]. Autoři, kteří dlouhodobě pracují v oblasti didaktiky matematiky a současně mají mnoho zkušeností s konkrétní výukou matematiky ve školách, se v knize zamýšlejí nad „*vzdělávacím procesem z hlediska kultivace duševního světa žáka, a nikoliv z hlediska metod, které vedou rychle k cíli*“. V publikaci uvádějí konkrétní příklady z vyučování matematiky a na těchto příkladech ukazují důležitost konstruktivistického přístupu k lepšimu porozumění matematice. Kniha obsahuje velmi čtivým způsobem popsanou pedagogickou teorii, která je doplněna mnoha komentovanými školními příběhy. Jsme přesvědčeni, že i učitelé fyziky v ní najdou mnoho inspirace a námětů pro svoji práci.

Podobným způsobem, avšak s větším důrazem na teoretické problémy a s o něco menším podílem konkrétních příkladů z praxe, je psána i kniha *How people learn* [2.6]. Práce vychází z několikaletého výzkumu v oblasti vyučování přírodním vědám a jejím cílem je co nejlepší propojení výsledků tohoto výzkumu s aktuální praxí ve školách. Autoři předkládají tři klíčová výzkumná zjištění (uvádíme zde jejich volný překlad, ovšem bez konkrétních příkladů, které jsou uvedeny ve výše zmíněné práci):

- Žáci přicházejí do výuky s představami (prekoncepce) o tom, jak svět pracuje. Pokud toto jejich počáteční pojetí není bráno v úvahu, může u žáků dojít k selhání přijetí nových obsahů a informací z výuky, případně se žáci sice tyto informace naučí kvůli testům, avšak mimo školu se vrátí ke svým prekonceptům.
- Proto, aby žáci mohli rozvíjet své kompetence v oblasti IBSE, je třeba, aby
  - a) měli hluboké základy faktických znalostí,
  - b) chápali fakta a myšlenky v kontextu, jejich znalosti nemohou být izolované,

- c) organizovali své vědomosti způsobem, který umožňuje jejich vybavování a aplikování v nových situacích.
- Pokud se žáci naučí metakognici (schopnost sledovat a vnímat vlastní způsob myšlení), pomůže jim to získat kontrolu nad svým učením a sledovat svůj vlastní pokrok při učení.

Po těchto výzkumných zjištěních autoři uvádějí doporučení pro učitele:

- Učitel musí znát předchozí znalosti, které si jeho žáci do výuky přinášejí a musí být schopen s nimi pracovat.
- Učitel musí vyučovat libovolné téma do hloubky, musí žákům předkládat mnoho příkladů, ve kterých se látka objevuje v různých souvislostech a budovat tak pevný základ faktických znalostí.
- Do obsahu různých předmětů by měla být zařazena výuka metakognitivních dovedností.
- V dalších kapitolách se autoři věnují zkoumání problematiky *učení* a *učení se* z mnoha různých pohledů.

Pro učitele (nejen přírodovědných předmětů) může být velmi zajímavé, že autoři této knihy (na rozdíl od mnoha jiných „reformátorů výuky“) kladou ve všech výše uvedených zjištěních a doporučeních významný důraz na nutnost získání **hlubokých faktických znalostí** v nějaké oblasti. V některých příručkách věnovaných moderním trendům ve vzdělávání se totiž velmi často zdůrazňují kompetence, kterých má žák dosáhnout, ale zapomíná se na obsah výuky. Občas to vypadá, že autoři těchto příruček předpokládají, že se ve školách bude učit například vědecké myšlení jaksí „samo o sobě“, bez nějakých konkrétních znalostí, které žáci musí získat.

## 2.3 Role učitele ve výuce

Výše uvedené teoretické přístupy a koncepce mohou být velmi zajímavé, pro teorii vzdělávání velmi podnětné, avšak samy o sobě obvykle situaci ve školách nepomáhají a problémy neřeší. Jejich aplikaci do reálné výuky musí nakonec vždy realizovat učitel. Role učitele je tedy podle našeho názoru při běžné výuce naprosto klíčová (pokud neuvažujeme distanční vzdělávání, ale i tam je třeba, aby student komunikoval s nějakým lektorem, živým člověkem). Zvláště při badatelsky orientovaném vzdělávání hraje učitel nezastupitelnou roli.

V článku *Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa?* [2.7] autor uvádí podstatné rysy práce učitele při tomto stylu výuky:

- učitel je zasvěcený v přírodovědné problematice (tj. zná dobře odborné základy své aprobace a rozumí jim v souvislostech);
- učitel stanovuje priority postupu při hledání důkazů a odpoví na zadané otázky;
- učitel užívá důkazy (výsledky zjištění, měření atd.) k vytváření vysvětlení formulovaných žáky;

- výuka propojuje vysvětlení formulovaná žáky s (vědou dosaženými) přírodovědnými znalostmi (obsaženými v dostupné literatuře a na internetu);
- učitel vytváří systém komunikace při řešení zadaného problému, moderuje a řídí postup jeho řešení a ověřuje správnost žáky formulovaných vysvětlení

Věříme, že projekt *Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi* Vám pomůže tyto požadavky naplnit.

Na závěr této spíše teoretické úvodní kapitoly bychom rádi ocitovali jeden výrok, který podle našeho názoru velmi dobře vystihuje podstatu aktivního vyučování ([2.8], Part 2.2 Teaching Strategies):

*As you enter a classroom ask yourself this question: "If there were no students in the room, could I do what I am planning to do?" If your answer to the question is yes, don't do it.*

*(Když vcházíte do třídy, položte sami sobě otázku: „Pokud by v učebně nebyli žádní studenti, mohl bych dělat co, co mám v plánu?“ Pokud je vaše odpověď na tuto otázku ano, nedělejte to.)*

*Gen. Ruben Cubero, Dean of the Faculty, United States Air Force Academy*

### 3. Kompetence – odkud, proč a k čemu

Kompetence, resp. *klíčové kompetence* nejsou pro české učitele ničím novým. Již před léty byly do českých škol zavedeny v rámcových vzdělávacích programech (RVP). Mnoho učitelů by možná spíše řeklo, že na ně prostřednictvím RVP dopadla nutnost vykazovat, jak klíčové kompetence svých žáků rozvíjejí. Rozruch a největší vřava po „nástupu“ klíčových kompetencí již opadly. Přesto však může být užitečné podívat se na tuto problematiku poněkud obecněji. Připomenout, odkud se klíčové kompetence vzaly, zjistit, zda ty, které musíme ve výuce vykazovat, jsou ty „jediné a pravé“ a zamyslet se, jaký je jejich význam v souvislosti s fyzikou a její výukou.

Tato kapitola vychází ze staršího a poněkud rozsáhlejšího textu [3.1]<sup>3</sup>. Nechce klíčové kompetence ani vynášet do nebes jako všespasitelný lék na problémy českého školství (realita od doby jejich zavedení zřejmě dostatečně ukázala, že takovým všelékem nejsou), ale ani zatracovat. Cílem je právě přinést obecnější pohled a příležitost k zamyšlení. Rozvoj žákovských kompetencí totiž – pro někoho možná k upodivu – hodně souvisí s tím, jak učit fyziku aktivně, aktuálně a s aplikacemi.

#### 3.1 Odkud se vzaly

Setkáme-li se s jakýmkoli novým pojmem, může být pro jeho pochopení užitečné poučit se, jak vlastně vznikl, odkud se vzal. (I při výuce elektřiny přece někdy uvádíme, jak již staří Řekové pozorovali, že jantar elektrovaný třením přitahuje malé kousky látek a podobné drobné předměty.) Odkud se tedy vzaly klíčové kompetence? Jde jen o nějaký „výmysl pedagogů“? Nebo dokonce o nařízení Evropské unie, kterým chtěli evropští byrokraté potrápiti učitele v novém tisíciletí?

Nic takového. Pojem klíčových kompetencí se objevil už výrazně dříve, a to v souvislosti se vzděláváním dospělých, zejména v oblasti zaměřené na pracovní proces. Podle knihy [3.2] (která i dnes stojí za přečtení) byl první, kdo přišel s tímto pojmem a upozornil na jeho důležitost, Dietrich Mertens, a to už v roce 1974.

Zdůraznil, že o kvalitě pracovníka nevyovídají jen jeho *specifické dovednosti* (tedy to, jak třeba elektrikář dokáže zapojit rozvod elektřiny v bytě), ale i dovednosti a schopnosti obecnější. Například to, jak se dokáže dohodnout se zákazníkem – aby například zásuvky nebyly zcela jinde, než si je zákazník přál. Podobných příkladů z denní praxe, kde jsou důležité komunikativní dovednosti, jistě každého čtenáře napadne celá řada, ať už je daným pracovníkem prodavač, lékař nebo ministr.

---

<sup>3</sup> Plná verze tohoto textu je k dispozici na doprovodném CD k této publikaci.

Často se v této souvislosti uvádí pojem **zaměstnatelnost pracovníků**. (V dnešním světě finančních a dalších krizí si jeho důležitost začínáme uvědomovat asi výrazně víc, než dříve.) Je proto vhodné podívat se, **co zaměstnavatelé od svých pracovníků vlastně chtějí**. Samozřejmě, jsou to kromě jiného též základní obecnější dovednosti typu čtení, psaní a počítání; dnes též často práce s počítačem a znalost cizích jazyků – tedy to, co obvykle zahrnujeme pod pojem *gramotnost*. Jak už bylo naznačeno, dnes je gramotnost chápána širě a mluví se o „funkční gramotnosti“, „informační gramotnosti“ apod. Toto vše přirozeně patří k oblastem, v nichž škola žáky vzdělává. Ale co dalšího zaměstnavatelé požadují?

**Výzva k aktivním čtenářům:** Než začnete číst následující odstavce, zkuste se sami zamyslet, jaké vlastnosti a dovednosti byste od svých zaměstnanců požadovali, pokud byste byli vedoucími pracovníky nebo zaměstnavateli.

Belz a Siegrist ([3.1] na s. 165–166) uvádějí výsledky průzkumů z let 1995 (v Německu) a 1997 (ve Švýcarsku), která zjišťovala, jaké schopnosti po svých pracovnících požadují zaměstnavatelé v inzerátech na pracovní místa. Je jasné, že inzeráty nemohou vystihnout vše, už proto, že některé schopnosti se u určitých profesí zřejmě předpokládají spíše automaticky (tlumočnick musí umět příslušný jazyk, řidič sanitky nemůže mít řidičský průkaz jen na moped). Ale přesto si z nich obrázek o požadavcích zaměstnavatelů můžeme udělat.

Na prvním místě (v téměř 40 % inzerátů) byly požadovány *komunikativnost a kooperativnost*, dále pak (v asi 25 % případů) *samostatnost a výkonnost*. Následovaly *schopnost řešit problémy a tvořivost* (přes 15 %), *odpovědnost* (okolo 10 %) a poté *schopnost uvažovat a učit se* a také *schopnost zdůvodňovat a hodnotit* (v obou průzkumech od asi 5 % do více než 8 %).

K podobným závěrům došla novější australská studie [3.3.]. I zde se uvádějí komunikativnost, schopnost týmové práce, schopnost řešit problémy, plánovat, organizovat; k dalším požadovaným vlastnostem patří také iniciativa.

### 3.2 Kompetence nebo znalosti?

Někdy bývají (klíčové) kompetence a znalosti stavěny do protikladu. Jako by učit a vyžadovat znalosti patřilo ke starým a zavrženíhodným způsobům výuky a neslo s sebou jen bezmyšlenkovité memorování a „biflování“ faktů, zhusta zbytečných a nepotřebných. A jako by rozvoj schopností či kompetencí byl tím jedině správným „novým přístupem“, kdy žádné učení nazpaměť není a nebude potřeba.

Často na podobné názory narazíme v médiích, zejména těch, které mají sklon ke zkratce a zkreslování. Snad v reakci na to naopak leckteří učitelé zdůrazňují význam učení se faktům a na nejrůznější nové koncepce a trendy pohlížejí se skepti a nedůvěrou. Stejně mohou pohlížet i na klíčové kompetence. Kde je tedy pravda?

Jak uvádí řada rozumných pramenů, potřeba je samozřejmě obojí, **kompetence a znalosti**. Nebo, řečeno obecněji, obecné kompetence a oborově specifické znalosti a dovednosti. Stavět je proti sobě je nerozumné. Pomůžeme-li si příkladem uvedeným výše: elektrikář musí umět komunikovat se zákazníkem – ale i kdyby byl nevímjak komunikativní a empatický, musí také umět instalovat nebo opravit elektrický rozvod. Lékař musí umět uklidnit pacienta, ale také správně určit diagnózu a dobře léčit. Programátor potřebuje umět jednat se zákazníkem (nebo se šéfem nebo se spolupracovníky), ale také patřičný program nebo jeho část vytvořit a odladit. Příkladů by se opět našlo nepřeberně.

Belz a Siegrist vystihují tuto potřebu dvěma konstatováními (na s. 33 a 34 v knize [3.2]):

**„Odborné vědomosti jsou základem pro použití klíčových kompetencí“**

a naopak

**„Klíčové kompetence nemohou nahradit odborné znalosti, jsou však základem k jejich lepšímu využívání.“**

Nejde tedy o dichotomii buď - anebo, k úspěšnému životu potřebujeme, my i naši žáci, obojí.

Potřebu rozvíjet u svých žáků obecnější schopnosti, dovednosti, či řekněme kompetence, si zřejmě uvědomuje většina učitelů. V kurzech a seminářích, které již dlouhá léta pořádáme, jsme nejednou s učiteli fyziky diskutovali, co považují za hlavní cíle, které chtějí naplnit ve své výuce. (Opět **výzva k aktivním čtenářům z řad učitelů**: Zkuste si seznam či „žebříček“ takovýchto **vašich** cílů napsat či připomenout, než budete číst dál.)

Pravidelně se na nejvyšších příčkách pomyslného žebříčku objevoval rozvoj osobnostních vlastností žáků a obecných dovedností a schopností, které budou potřebovat pro život. Naopak nikdy se v hlavních cílech neobjevilo třeba „znát dobře Coulombův zákon“ nebo „umět spočítat sílu mezi dvěma zadanými elektrickými náboji“.

Na druhou stranu je jasné, že vypustit odbornost a faktické znalosti by bylo podobné, jako kdybychom sportovce, třeba cyklistu, připravovali jen na to, jak ze stupňů vítězů kynout divákům a poskytovat atraktivní rozhovory do novin, ale na kolo ho raději neposadili, aby se snad, proboha, neunavil.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Ve sportu je vztah „specifických dovedností“ a obecnějších kompetencí vidět docela dobře. Komunikativnost a další vlastnosti sportovce mohou značně ovlivnit jeho oblibu u diváků i zájem a podporu ze strany sponzorů. Na druhou stranu – pro podporu a obdiv jsou podmínkou nejen úsměvy, ale zejména výkony, které sportovec podává. A ty stojí hodně dřiny (a času). Ostatně – teď už mimo oblast sportu – občas bývá připomínán Einsteinův výrok: „Cenou každého velkého díla je lopota. A bohové stanovili, že se platí předem.“



### 3.3 Jaké klíčové kompetence?

Obecně klíčové kompetence zahrnují znalosti (vědomosti), dovednosti, postoje a hodnoty. To zní ale až příliš všeobšáhle. Co si máme pod klíčovými kompetencemi reálně představit? Jsou těmi „jedinými a správnými“ kompetence uváděné v RVP? Tedy kompetence • K učení, • Komunikativní, • K řešení problémů, • Sociální a personální a • Občanské? (Ponechme teď stranou, že RVP G na rozdíl od RVP ZV neobsahuje kompetence Pracovní – bylo by lacinou kritikou rozvíjet úvahy, zda snad dle autorů RVP gymnazisté ve své budoucí kariéře vůbec nebudou pracovat. Nebo že by to už tak dokonale uměli?) Jsou ještě nějaké jiné klíčové kompetence? A jaké?

V článku [3.1] byly citovány například **australské studie**, kde byl pohled na klíčové kompetence veden právě zaměřením na problematiku zaměstnatelnosti. Kromě kompetencí blízkých těm, které známe z ČR, se tam objevily třeba • Užívání technologií, • Užívání matematických myšlenek a technik (ta však byla v pozdějších studiích vypuštěna) a také • Iniciativa a podnikatelské dovednosti a • Sebeřízení (*self-management skills*). Je zajímavé, že jako důležité pro zaměstnavatele byly též uváděny osobní vlastnosti jako loajalita, čestnost, spolehlivost, motivovanost, adaptabilita, schopnost pracovat pod tlakem apod. – ale třeba i zdravý rozum, sebeúcta a smysl pro humor<sup>5</sup>.

Poněkud obecnější pohled na klíčové kompetence poskytl výzkumný program zemí **OECD** nazvaný **DeSeCo**, což je zkratka z *Definition and Selection of Key Competencies*, tedy „Definice a výběr klíčových kompetencí“. Shrnutí jeho výsledků lze najít v [3.4], stručné informace viz [3.1]. Při čtení příslušných dokumentů je třeba nenechat se odradit až poněkud „abstraktním jazykem“ a obecností popisu. Například již dělením kompetencí do základních skupin. Kompetentní jedinec dle tohoto programu musí umět: • Užívat nástroje interaktivně, • Interagovat v heterogenních skupinách a • Jednat samostatně.

Co si pod tím představit? Pod „užitím nástrojů“ si učitel fyziky nejspíše představí použití šroubováku, dvojzvrtné páky či možná multimetru. Jde-li o „interaktivní užití“, pak snad ještě počítač. Ve studii se jimi ale myslí nejen informační technologie obecně, ale třeba i symboly a jazyk!<sup>6</sup> Dílčí klíčové kompetence z této oblasti proto zahrnují: • Užívat interaktivně jazyk, symboly a texty, • Užívat interaktivně znalosti a informace, • Užívat interaktivně technologie.

V tomto seznamu kompetencí nenajdeme explicitě třeba matematické nebo přírodovědné kompetence. Ovšem ve zprávě [3.4] je právě ke kompetenci „Užívat interaktivně znalosti a informace“ konkrétně uvedeno: „*Ilustrací této klíčové kompetence je přírodovědná gramotnost,*

---

<sup>5</sup> Doufejme, že někoho nenapadne, aby učitelé museli vykazovat v nějakých tabulkách, jak u žáků rozvíjejí takovéto vlastnosti – už proto, že zde nepochybně hraje zásadní roli výchova příkladem, jak v rodině, tak v celé společnosti. Na druhou stranu – čest a sláva a hluboké uznání všem učitelům a učitelkám, kteří jsou svým žákům v tomto ohledu pozitivním příkladem! (Toho, jak v rozvíjení i těchto vlastností může pomoci také fyzika, se ještě v textu dále dotkneme.)

<sup>6</sup> Dovedete si představit, že by takovéto pojetí bývalo proniklo do českých RVP? To by se teprve zvedla vlna protestů! A pochopení klíčových kompetencí by to asi nijak neulehčilo.



*tak jak byla rozpracována v rámci průzkumu PISA 2006. ...*. Přírodním vědám a jejich výuce se tedy i v takto obecně definovaných kompetencích věnuje pozornost.

A jak je to s již výše zmíněnou Evropskou unií a jejím postojem ke klíčovým kompetencím? Doporučení Evropského Parlamentu a Rady z prosince 2006 stanovuje tzv. **evropský referenční rámec**, zahrnující osm klíčových kompetencí:

1. Komunikace v mateřském jazyce
2. Komunikace v cizích jazycích
3. Matematická kompetence a základní kompetence v oblasti (přírodních) věd a technologií
4. Kompetence k práci s digitálními technologiemi
5. Kompetence k učení
6. Kompetence sociální a občanské
7. Smysl pro iniciativu a podnikavost
8. Kulturní povědomí a vyjádření

České názvy kompetencí jsou zde uvedeny podle českého překladu [3.5] daného dokumentu, pouze v kompetenci 3 je v závorce zvýrazněno, že jde o přírodní vědy, protože to lépe vystihuje anglický termín *science* v originálním dokumentu.

Seznam kompetencí je poměrně blízký tomu, co známe z českých rámcových vzdělávacích programů. Pro učitele fyziky a další vyučující přírodovědných oborů a matematiky je samozřejmě velmi důležitý bod 3, tedy

**matematická kompetence  
a základní kompetence v oblasti (přírodních) věd a technologií.<sup>7</sup>**

Tyto kompetence souvisí s důrazem, který Evropská unie klade na matematické a přírodovědné vzdělávání a na nutnost zajistit do budoucna dostatek pracovníků v těchto oborech. Například v dokumentu [3.6] je stanoven mimo jiné cíl „Zvýšení počtu studentů přírodovědných a technických oborů“. Jde o cíl 1.4 zahrnutý pod strategický cíl 1: Zlepšení kvality a efektivity systémů vzdělávání a odborné přípravy v EU. V klíčových úkolech k tomuto cíli se uvádí „zvýšit zájem o matematiku, vědu a techniku...“, „motivovat větší počet mladých lidí, aby si zvolili studium a zaměstnání v oborech matematických, přírodovědných a technických...“, „zajistit dostatečný počet kvalifikovaných učitelů matematiky a přírodovědných a technických předmětů“. Zařazení matematických a přírodovědných kompetencí mezi klíčové kompetence tedy není náhodné.

---

<sup>7</sup> Vzhledem k důležitosti této problematiky pro učitele fyziky cítíme potřebu tento bod okomentovat podrobněji. Přebíráme zde proto (skoro až do konce části 3.3) téměř doslovně text z příspěvku [3.1]. (Vzhledem k tomu, že jde o text jednoho z autorů této publikace, nevyznačujeme ho jako citaci.) Ač byl daný příspěvek publikován již před několika léty, jsme přesvědčeni, že zejména v těchto částech neztratil svou aktuálnost.

„Evropský referenční rámec“ přitom nelze nařknout z toho, že by se zaměřoval pouze na profesní stránku lidského života a na zaměstnatelnost. Jak příslušný dokument (v českém překladu [3.5]) konstatuje těsně před uvedením seznamu klíčových kompetencí:

**„Klíčovými kompetencemi jsou ty, jež všichni potřebují ke svému osobnímu naplnění a rozvoji, aktivnímu občanství, sociálnímu začlenění a pro pracovní život.“**

Tento obecnější pohled se projevuje zcela konkrétně například i u popisu matematických kompetencí a kompetencí v oblasti věd a technologií. V krátkém souhrnu nejdůležitějších znalostí, dovedností a postojů souvisejících s touto kompetencí např. [3.5] uvádí:

„K dovednostem jedince patří používání základních matematických principů a postupů v každodenních situacích doma a v práci a schopnost sledovat a hodnotit sled argumentů.“

A pokud se týká přírodních věd a technologií:

„V případě postoje je nezbytný smysl pro kritický úsudek a zvědavost, zájem o etické otázky a respektování bezpečnosti i udržitelnosti, zejména v případě vědeckého a technologického pokroku ve vztahu ke své vlastní osobě, rodině, komunitě a celosvětovým problémům.“

Celou definici příslušných kompetencí zde necitujeme – lze však čtenáři doporučit, aby se s ní seznámil, například v dokumentu [3.5]. Je dostatečně stručná a přitom zřejmě dobře postihuje to základní, čeho chceme vzděláváním v našich oborech dosáhnout.

„Schopnost sledovat a hodnotit sled argumentů“, „kritický úsudek a zvědavost“ – to hodně souvisí i se zdravým rozumem, zmíněným ve výše uvedené australské studii. A rozhodně to jsou věci, které je přirozené rozvíjet ve výuce fyziky, bez ohledu na to, že v „českém seznamu“ klíčových kompetencí matematické či přírodovědné kompetence zahrnuté nejsou.

K této problematice se ještě vrátíme. Pojďme si však nejprve připomenout, že fyzika samozřejmě pomáhá rozvíjet i kompetence, které v českých RVP uvedeny jsou.

### **3.4 Jak lze ve fyzice rozvíjet kompetence – aktivně a tak, aby to mělo smysl**

Vraťme se ke klíčovým kompetencím definovaných v základních dokumentech českého školství – v rámcových vzdělávacích programech (pro všechny typy škol). Tyto kompetence jsou bohužel často vnímány formálně, jako něco, co je potřeba vykázat ve školních vzdělávacích plánech a obecně nějak odškrtnout, „když už je to nařízeno“.

Přitom zejména při aktivních způsobech výuky lze ve fyzice řadu těchto kompetencí rozvíjet velmi přirozeně. Rozvíjet tak zdravý rozum, kritičnost, tvořivost, ale i řadu dalších vlastností a schopností žáků. Vlastně tak – i když to některým učitelům fyziky může připadat jako přílišné „psychologizování“ – ve fyzice můžeme přispět také k osobnostnímu rozvoji žáků.

Ilustrujme si to na příkladu. Předem ale upozorníme, že následující tabulku nemíníme jako návod, jak nějaké „plnění kompetencí“ odškrtnávat a vykazovat. Chceme jen přehledně ukázat, že při zcela konkrétní činnosti s žáky se rozvíjí mnohem víc než jen jediná kompetence.

Vezměme nyní jako ukázkou jeden z úkolů v kapitole 4.1 příručky *Náboje, proudy a elektrické obvody* [1.1]. Jde o úkol, v němž žáci soutěží, kdo zapojí žárovku tak, aby svítila a přitom byla k baterii připojena přes co největší počet předmětů. Pojdme se blíže podívat na to, co žák musí udělat, aby tento úkol úspěšně splnil.

*Provedení pokusu:*

*Pracujete ve dvojici a soutěžíte s ostatními dvojicemi ve třídě. K dispozici máte pouze žárovku bez objímky a plochou baterii. Zapojte žárovku tak, aby svítila přes co nejvíce kusů věcí současně. Na tuto soutěž máte omezený čas (přesně 7 minut) a smíte používat pouze vlastní věci, nikoliv pomůcky připravené k dalším experimentům. Zapište na přiložený papír rekord vaší skupiny.*

*Jaké všechny podmínky musí být splněny, aby žárovka svítila? Zapište si je!*

*Nakreslete si realistický obrázek vašeho zapojení. Pak nakreslete stejný obvod pomocí schematických značek. Umíte vysvětlit, z jakého důvodu používáme schematické značky?*

**Tab. 3.1 Rozvoj kompetencí při soutěži se žárovkou a baterií.**

<b>Žáci při řešení úkolu museli:</b>	<b>Citace z RVP ZŠ: (žák...)</b>	<b>Kompetence</b>
Porozumět předloženému problému, se spolužákem navrhnout základní plán řešení problému	rozpozná a pochopí problém formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory v logickém sledu účinně spolupracuje ve skupině	K řešení problémů Komunikativní  Sociální a personální
Rozhodnout, které z věcí, které mají k dispozici, mohou být vodiče, ověřit svoji hypotézu pomocí experimentu	samostatně pozoruje a experimentuje ověřuje prakticky správnost řešení problémů	K učení K řešení problémů
Zapojit co nejvíce kusů věcí současně tak, aby přes ně žárovka svítila	používá bezpečně a účinně materiály, nástroje a vybavení	Pracovní
V případě, kdy žárovka nesvítí, najít chybu v zapojení a opravit ji, nevzdat se při opakovaných nezdarech	rozpozná a pochopí problém, přemýšlí o nesrovnalostech a jejich příčinách, promyslí a naplánuje způsob řešení problémů a využívá k tomu vlastního úsudku a zkušeností nenechá se odradit případným nezdarem a vytrvale hledá konečné řešení problému	K řešení problémů
Ohlásit svůj nejlepší výsledek, respektovat rekord nejlepší skupiny	dodržuje vymezená pravidla oceňuje zkušenosti druhých lidí	Pracovní Sociální a personální
Z experimentu odvodit podmínky nutné k tomu, aby žárovka svítila	získané výsledky porovnává, kriticky posuzuje a vyvozuje z nich závěry	K učení
Nakreslit reálné zobrazení experimentu	rozumí různým typům textů a záznamů	Komunikativní
Navrhnout jeho schematické znázornění	operuje s obecně užívanými termíny, znaky a symboly	K učení
Porovnat výhody schématu elektrického obvodu oproti jeho reálnému obrázku	nachází shodné, podobné a odlišné znaky problémové situace na základě pochopení, propojení a systematizace informací je efektivně využívá v procesu učení	K řešení problémů  K učení

Samozřejmě, jak už jsme výše naznačili, učitel zcela jistě nebude vyplňovat podobnou tabulku pro každou aktivitu, kterou do své výuky zařadí. Domníváme se však, že je z tabulky dobře vidět, jak aktivní výuka zcela přirozeně rozvíjí kompetence žáků. Podle našeho názoru totiž nemá smysl trávit čas přemýšlením, jak ke klasickému výkladu fyziky formálně doplnit plnění jakýchsi „shora přikázaných“ kompetencí. Jsme přesvědčeni, že je třeba spíše uvažovat o tom, jak předat dětem požadované poznatky a současně je přitom vést k řešení problémů, k lepšímu porozumění sobě, lidem kolem sebe i světu okolo, atd.

### 3.5 Návrh k zamyšlení: „racionálně-empirické“ kompetence

V RVP definované klíčové kompetence bohužel, na rozdíl od výše uvedených evropských dokumentů, neobsahují kompetence matematické a přírodovědné. Na otázku, proč tomu tak je, bývala dáвана odpověď, že kompetence v českých RVP jsou „kroskurikulární“, tedy že se neváží na jednotlivé předměty.

V souvislosti s tím jeden z autorů této publikace (L. D.) na několika seminářích a konferencích (viz [3.1] a citace tam uvedené) navrhol rozšířit soubor klíčových kompetencí o skupinu, která by byla též „napříč předměty“ a která v současných RVP vlastně chybí, ač je pro život v moderní společnosti a pro její rozvoj též velmi důležitá. Tuto skupinu kompetencí by bylo možno nazvat kompetence „**racionálně-empirické**“. Je nepochybné, že přestože se racionalita i empirie týká řady předmětů, k rozvoji příslušných kompetencí mohou velmi přispět právě matematika, fyzika a další přírodovědné předměty.

Žádná podobná skupina kompetencí nebyla a není do RVP zavedena. Domníváme se však, že pro učitele fyziky (a také matematiky a dalších souvisejících předmětů) může být užitečné zamyslet se, jaké obecnější (a pro život užitečné a významné) kompetence v našich předmětech rozvíjíme. Třeba takové zamyšlení může inspirovat i zcela konkrétní aktivity ve výuce či přivést k tomu, co by šlo v konkrétní výuce zdůraznit, co „dotáhnout“, na co zaměřit pozornost svou i žáků.

Není cílem snažit se zde definovat či formulovat jednotlivé kompetence z „racionálně-empirické“ oblasti. (Nejde o vytváření jakýchkoli dalších seznamů či podobné „škatulkování“.) Spíše je dobré uvědomit si, že fyzika může k rozvoji podobných kompetencí přispět rozvojem řady dovedností, ať už se týkají:<sup>8</sup>

- Pozorování a popisu (věcného, dle možnosti přesného a nezkreslujícího)
- Přípravy a provádění experimentů (dostatečně precizních, s kontrolovanými parametry)
- Sběru dat, zpracování výsledků a jejich vyhodnocení (včetně vyhodnocení jejich přesnosti)
- Diskuse různých interpretací, názorů a modelů
- ... atd. atd. až po řádové odhady, diskuse, co lze zanedbat a proč...

<sup>8</sup> Následující text do konce části 3.5 je v zájmu přesnosti a úplnosti opět téměř doslovně převzat z [3.1].

Snad ještě důležitější než rozvoj dovedností (a s ním spojené získávání znalostí) je přirozený rozvoj postojů a s nimi spojených hodnot. Sem patří například následující názory a přesvědčení:

- Svět je poznatelný – a jeho poznávání má svou cenu a umožňuje zlepšovat život lidí.
- Myšlení může být přesné – a myslet racionálně a přesně je užitečné.
- Matematika je překvapivě cenným a úspěšným nástrojem pro popis a poznávání světa.
- Kritériem pravdy v přírodních vědách je experiment (ne autorita nebo „větší klacek“).
- V oblastech vzdálených běžné zkušenosti se příroda nemusí chovat podle „zdravého rozumu“, ale přesto se dá pochopit. Teorie umožňují hlubší popis skutečnosti než povrchní povídání.
- Hypotézy a teorie je potřeba testovat a prověřovat – není to dáno nepřátelstvím k jejich autorům, ale jde o přirozenou cestu vpřed.
- Při poznávání světa je důležité klást přírodě správné otázky. Odpovědi vedou k novým otázkám...

Rozvíjet chápání těchto hodnot je velmi důležité i u těch příslušníků mladé generace, kteří se nestanou profesionálními fyziky, matematiky, přírodovědci či inženýry. Budoucí fyzik se s těmito postoji přirozeně seznamuje a sžívá v průběhu celého studia – ocenit a chápat by je však měl i novinář, herec, politik. A abychom nezmiňovali jen „celebrity“: myslíte, že třeba řemeslník nepotřebuje a nevyužije přesné myšlení?

Je samozřejmé, že by bylo medvědí službou vědu idealizovat a z vědců dělat askety bez bázně a hany, kteří jen zcela objektivně sbírají fakta, nezaujatě z nich formulují hypotézy a radostně se jich vzdávají, když byly vyvráceny. Takovýto obrázek by byl nejen podezřele „svatouškovský“, ale neodpovídal by realitě. Vědci samozřejmě mají své oblíbené teorie, věnují své síly jejich uznání i obraně, hledání nového provázejí silné lidské příběhy... I tuto stránku je vhodné a potřebné studentům ukázat. Ostatně mnohé z nich nejspíš zaujme právě ona. Ovšem na druhé straně se nemusíme bát ukázat ani to „nadosobní“ a „nadčasové“ – třeba skutečnost, že ve vědě se nelze úspěchu domoci podvodem a falšováním výsledků. Takže k „racionálně-empirickým“ kompetencím patří i otázky spojené s vědeckou poctivostí a etikou.

### 3.6 Závěrem ke kompetencím

Co uvést ke klíčovým kompetencím závěrem? Rozhodně nejsou „shůry dány“ a je vhodné o nich kriticky přemýšlet. Na druhé straně zřejmě nejsou jen „módní vlnou“. Jejich název možná, faktický obsah a význam nikoli. A je dobré a užitečné se občas nad nimi a nad tím, jak se nám je daří či nedaří rozvíjet u našich žáků, zamyslet. Přitom je dobře mít na paměti to, na čem se shodují autoři řady článků a studií (viz citace v [3.1]):

- **Rozvoj klíčových kompetencí je celoživotní proces.**

Nekončí adolescencí či koncem školní docházky. Ne všechny kompetence tedy může lidem dát počáteční vzdělávání. (!)

Rozvoj klíčových kompetencí tedy neleží zcela jen na bedrech a odpovědnosti učitelů. Na druhou stranu studie konstatují, že *klíčové kompetence se lze učit a je třeba je učit*. Na otázku **jak** bývá dáována velmi rozumná odpověď:

- **Klíčové kompetence se musíme učit aktivně, vždy v určitém kontextu.**

Jsou ovšem něčím víc než konkrétními znalostmi a dovednostmi<sup>9</sup>. A člověk je využívá v mnoha situacích po celý život.

Poznamenejme, že další věcí, na níž se řada pramenů shoduje, je fakt, že *jednotlivé klíčové kompetence se prolínají a doplňují*. Přílišné „škatulkování“ tedy opravdu není na místě. V reálné životní situaci vždy současně využíváme více kompetencí. Podobně tomu je i ve škole. A jestliže nám připadá, že některá dílčí složka patří současně více kompetencím, vůbec to nemusí vadit.

A na závěr ještě jednu obecnější poznámku:

To, na čem se autoři řady studií shodují jako na věci velmi důležité, je **aktivní přemýšlení**, resp. reflektivní přemýšlení (*reflective thinking*). Přemýšlení o vlastním jednání, o vlastním učení, o vlastním přemýšlení (*thinking about thinking*)<sup>10</sup>. S většinou čtenářů se asi shodneme na tom, že rozvíjet takové myšlení není úplně jednoduché – ale že je velmi důležité pro žáky i učitele. Příležitostí nám poskytuje dost i fyzika. Otázky typu „Jak to víme?“, „Plyne z pokusu opravdu tenhle závěr?“, „Neudělali jsme chybu ve svých úvahách?“ a podobné, mohou být pro rozvoj tohoto typu myšlení určitě podnětné. (Byť i zde jistě platí, že „myšlení bolí“.)

---

<sup>9</sup> Zde přichází na mysl starý bonmot resp. lidová moudrost, že vzdělání je to, co zůstává, když zapomeneme konkrétní znalosti.

<sup>10</sup> „Přemýšlení o přemýšlení“ samozřejmě spadá pod termín *metakognice*. (Ta byla zmíněna již výše v kap. 2.2.) Tento termín ale nezní příliš česky a leckterého žáka a studenta by možná mohl odradit. Milovníkům fantasy a Terryho Pratchetta by možná byl mnohem bližší krásný a dle našeho názoru výstižný pojem „druhé myšlenky“, který tento autor zavedl v románu *Svobodnej národ* (český překlad Talpress, Praha 2004).



## 4. Pokusy ve výuce fyziky – několik obecnějších postřehů

Školní fyzikální experimenty, ať již demonstrační, frontální nebo ve formě laboratorních prací či projektů, tvoří (nebo by alespoň měly tvořit) neodmyslitelnou součást výuky fyziky. Nebudeme zde připomínat jejich různá třídění známá z učebnic didaktiky fyziky – a rozhodně nebudeme podle příslušných systémů rozdělovat pokusy popsané v příručkách [1.1–1.4]. Místo toho se pokusíme přinést poněkud obecnější pohled na pokusy ve výuce fyziky, a to v některých místech i pohled kritický.

Argumenty a zjištění dále uvedená vycházejí zejména z pramenů [4.1] (z částí kapitol 2 a 3), [4.2] (konkrétně z kapitoly 4) a [4.3]; jejich výběr, řazení a zdůraznění některých výsledků jsou přizpůsobeny potřebám této publikace – a v jejím duchu komentovány tak, aby mohly sloužit jako zdroj informací a inspirace pro učitele fyziky.

### 4.1 Proč klást důraz na pokusy

Proč zdůrazňovat roli a význam pokusů ve výuce fyziky? Není v českých školách po této stránce situace dostatečně uspokojivá? Zdá se, že, diplomaticky řečeno, „**máme značné rezervy**“.

Podle zjištění výzkumu TIMSS v roce 1999 (viz informace o těchto zjištěních ve 3. kapitole publikace [4.1]) věnovali čeští učitelé v přírodovědných hodinách nejvíce času výkladu látky. Naopak čas věnovaný demonstračním pokusům a experimentování žáků byl výrazně pod mezinárodním průměrem. Procento času, věnovaného v hodinách demonstračním pokusům, bylo v českých školách 7 %, zatímco mezinárodní průměr byl 10 %. Ještě výraznější je rozdíl v případě pokusů, které dělají sami žáci: 5 % času v českých školách oproti 15 % času v mezinárodním průměru.

Ve výše uvedených případech šlo o údaje uváděné učiteli. Vcelku podobný obrázek daly výpovědi žáků týkající se konkrétně výuky fyziky. Jen asi 18 % třináctiletých žáků uvedlo, že pokusy předváděné učitelem/učitelkou vidí v hodinách „téměř vždy“, asi 38 % pak „poměrně často“. Ovšem skoro 36 % žáků uvedlo, že to je „jednou za čas“ a přes 8 % „nikdy“.

U pokusů prováděných samotnými žáky (včetně laboratorních cvičení) znělo necelých 9 % odpovědí „téměř vždy“, něco přes 21 % „poměrně často“; téměř 47 % ale „jednou za čas“ a bohužel více než 23 % „nikdy“.

Samozřejmě, výše uvedené údaje jsou již přes deset let staré. Ale že by se od té doby situace natolik zlepšila? V novějším výzkumu PISA 2006 uvedlo 36 % českých žáků, že učitel či učitelka neprovádí pokusy nikdy nebo téměř nikdy. Ve všech nebo téměř ve všech hodinách prováděli pokusy učitelé 19 % žáků. V Německu ovšem takto pozitivní obrázek o pokusech v hodinách dalo 52 % žáků! V případě pokusů prováděných samotnými žáky je rozdíl mezi Německem a českými školami dokonce více než šestinásobný! Vezmou-li se v úvahu průměrné údaje za země OECD,

rozdíly nejsou sice tak dramatické, ale přesto stále velmi významné. (Příslušné údaje a grafy jsou uvedeny v [4.1].)

Ale **mají čeští žáci o pokusy vůbec zájem?** Abychom jim nevnucovali něco, o co vlastně nestojí...

Výzkum provedený v roce 2007 na reprezentativním vzorku více než 1800 žáků základních škol a nižších gymnázií a 2300 žáků vyšších gymnázií a středních odborných škol (viz kap. 2 v [4.1]) mimo jiné zjišťoval, o jaké činnosti v hodinách fyziky mají žáci zájem. V obou skupinách respondentů se na úplně prvním místě žebříčku objevila položka „**dělat pokusy vlastníma rukama**“.<sup>11</sup> K tomu snad není třeba dodávat komentář.

„**Sledování pokusů, které dělá učitel/učitelka**“ bylo u žáků ZŠ a nižších gymnázií na pátém místě žebříčku<sup>12</sup> – přitom před ním byly položky „*využívat počítače k měření a zpracování dat*“, „*sestrojovat jednoduchá zařízení, hračky apod.*“ a „*sám něco objevovat*“. Ve všech případech tedy šlo o aktivity výrazně spojené s experimentálními činnostmi – a obecně s aktivní činností žáků.

Na vyšším gymnáziu a SOŠ již sledování pokusů předváděných učitelem/učitelkou není tolik atraktivní, skončilo na osmém místě žebříčku.<sup>13</sup> Sestrojování jednoduchých zařízení a hraček bylo čtvrté, využívání počítače k měření šesté; laboratorní práce a objevování skončily na jedenáctém a dvanáctém místě, přesto i u nich převažoval pozitivní vztah. Navzdory tomu, že na středních školách jsou žáci již více vyhranění, lze konstatovat, že pokusy – zejména ty, na nichž se sami podílejí – jsou pro ně stále přitažlivé.

## 4.2 Praktická činnost žáků: budme realisté

Jsou tedy pokusy „zázračnou medicínou“ na problémy s výukou fyziky a měli bychom se po vzoru některých jiných zemí snažit dostat jich do výuky co nejvíce, třeba i „za každou cenu“? Jak ukazují některé hlasy ze zahraničí, situace není tak jednoduchá. Abychom nebyli nekritickými nadšenci, pojďme se seznámit i s kritičtějším, či spíše realističtějším pohledem na problematiku praktických činností žáků.<sup>14</sup>

### 4.2.1 Jak se vyvíjel pohled na praktické činnosti

Na jednu stranu je zajímavé uvědomit si, jak se ve světě vyvíjel pohled na roli praktických činností ve výuce fyziky. Nejprve pokusy sloužily jako ověřování již vyložených faktů a teorií. Koncem 19. století pod vlivem prací H. E. Armstronga propagujícího heuristický přístup se důraz

---

<sup>11</sup> Na škále od 1 (rozhodně souhlasím) do 4 (rozhodně nesouhlasím) získaly „pokusy vlastníma rukama“ průměr 1,5 u žáků ZŠ a nižších gymnázií a 1,7 u žáků vyšších gymnázií a SOŠ. Blíže viz [4.1].

<sup>12</sup> S hodnocením 1,8, tedy stále ještě velice pozitivním.

<sup>13</sup> Ze šestnácti položek. S hodnocením 2,1 však stále bylo nad hodnotou 2,5, která by značila neutrální vztah.

<sup>14</sup> Vycházíme přitom z [4.2], který podává spíše anglosaský pohled na věc, zjištění a závěry jsou však obecnější. Poznamenejme, že do „praktických činností“ se přitom často zahrnují i demonstrační pokusy, kdy žáci pozorují pokus prováděný učitelem.



přesunul na vlastní experimentální práci žáků, která měla vést k tomu, aby fakta a zákonitosti sami objevovali. V první polovině dvacátého století opět převládla ilustrativní role experimentů, žáci je pak dělali spíše podle jasných návodů. (Dosud se tento způsob, často s mírně odsuzujícím nádechem, označuje jako „pokusy podle kuchařky“.) V šedesátých a sedmdesátých letech se pak vrátil zájem o učení objevováním (*discovery learning*). Velký důraz na praktickou činnost žáků byl tehdy vystižen dodnes často citovaným sloganem

*„To, co slyším, zapomenu. To, co vidím, si pamatuji. To, co dělám, tomu rozumím“.*<sup>15</sup>

Tento výrok byl vyslovován jako téměř nezpochybnitelná mantra a dosud může být jasným heslem všech, kdo prosazují praktické činnosti ve výuce.<sup>16</sup> Navzdory jeho přitažlivosti je dobře uvědomit si varování nestora oboru fyzikálního vzdělávání Jona Ogborna [4.4], že i když vývoj kurikula potřebuje živé slogany vystihující cíle příslušného projektu (což má společné s politikou), máme vůči podobným sloganům být obezřetní (a vzpomenout, jak byl v tvorbě sloganů úspěšný třeba Mao Ce Tung). Prostě – elegance a přitažlivost sloganu ještě nezaručuje, že bude pravdivý, rozhodně ne vždy a za všech okolností.

Skutečně, osmdesátá a devadesátá léta přinesla kritiku zjednodušených představ o automatickém „učení objevováním“, kdykoli žáci provádějí nějakou praktickou činnost. (Více o této kritice v dalších odstavcích.) Cíle výuky se od důrazu na fakta a teorie přesunuly k akcentu na to, že žáci by měli získat představu o tom, co vědci dělají, tedy na „procesy a dovednosti“ – a i toto měly praktické činnosti podporovat. V současné době je zase „v módě“ badatelsky orientovaná výuka<sup>17</sup>, tedy opět objevování.

Co si z toho můžeme vybrat, kromě zjištění, že i ve světě se kyvadlo zájmu a důrazu mezi různými vzdělávacími koncepcemi převažuje sem a zase tam? Zajímavé je podívat se, co vlastně od praktických činností ve výuce chceme a očekáváme, jaký je jejich smysl a účel.

#### **4.2.2 Co očekávat od praktických činností ve výuce přírodovědných předmětů – a je to reálné?**

Různí autoři navrhují různá třídění účelu a cílů praktických činností. Jednotlivé seznamy se překrývají. Pokusíme-li se různé návrhy (zčásti shrnuté v [4.2]) shrnout v jediný soupis, můžeme dospět zhruba k tomu, že praktické činnosti by měly:

- učit laboratorní dovednosti, rozvinout u žáků praktické vědecké dovednosti a techniky,
- zlepšit pochopení vědeckých myšlenek a konceptů (tj. učit žáky vědeckým znalostem resp. zlepšit toto učení),

---

<sup>15</sup> Prý jde o čínské přísloví. V angličtině zní „úderněji“: *I hear – I forget, I see – I remember, I do – I understand.*

<sup>16</sup> Poznámka autora kapitoly (L. D.): Mně se tento citát také hrozně líbí a s největší chutí bych ho podepsal. Ale uvědomuji si, že ono „dělám“ (*I do*) v sobě musí zahrnovat mnohem víc než „sáhnu si na pokus“, aby se mohlo dostavit opravdové porozumění. (O tom bude ostatně většina zbytku této kapitoly.)

<sup>17</sup> Kritické hlasy říkají, že zejména v oblasti mezinárodních projektů co dnes není „inquiry based“, nemá šanci.

- učinit pro žáky fyzikální (resp. obecně přírodovědecké) jevy reálnější a rozvíjet „cit pro dané jevy“ (v případě fyziky tedy „fyzikální cit“),
- dát žákům vhled do vědecké metody a rozvinout schopnost žáků tuto metodu používat (v případě fyziky bychom mohli říci: rozvíjet fyzikální myšlení žáků),
- rozvíjet určité „vědecké postoje“ resp. přístupy (jako je otevřenost myšlení, objektivita, ochota počkat s hodnocením, dokud nebude dost důkazů, apod.),
- motivovat žáky, vzbudit a udržovat jejich zájem (a přinést jim radost z poznávání).

Je to dosti úctyhodný seznam a i „laicky“ nás může napadnout, zda toho od praktických činností nechceme **až příliš**.

Právě k tomu směřovala i kritika řady autorů. Poukazovali na to, že cíle a účel praktických činností jsou mnohdy popsány obecně a že mnohé naděje spojené s využitím praktických činností ve výuce zůstávají pouze nadějemi. A konstatovali, že se nepodařilo prokázat, že by například praktické činnosti ve výuce přírodovědných předmětů vedly k lepšímu pochopení příslušných partií přírodních věd, než jiné metody výuky.<sup>18</sup>

To neznamená, že praktické činnosti jsou k ničemu. Z výzkumů vychází, že opravdu rozvíjejí specifické laboratorní a technické dovednosti. (Diskutabilní pak může být, nakolik jsou tyto dovednosti potřebné pro celou populaci. Na druhou stranu je jasné, že alespoň z části žáků budou budoucí přírodovědci, technici nebo lékaři a že tedy dát žákům „přičichnout“ k některým laboratorním dovednostem má smysl.)

Další oblastí, kde výsledky výzkumů potvrzují očekávání, je skutečnost, že praktické činnosti žáky **baví**.<sup>19</sup> Přitom ale z dosavadních výzkumů není úplně jasné, *proč* tyto činnosti žáky baví. A různí autoři spekulují, zda nejde jen o úlevu, že nemusejí sledovat výklad, nebo o radost z toho, že si při těchto činnostech mohou povídat se spolužáky (a možná nejen o zadaném úkolu či měření).

#### 4.2.3 Co vše bývá ještě kritizováno

Shromáždíme-li kritiky různých aspektů praktických činností, můžeme dojít k závěru, že na těchto činnostech doslova nenechají „nit suchou“.

Některé kritiky se zaměřují na **obecné cíle** praktických činností. Například na často deklarovaný cíl rozvinout u žáků **obecnější dovednosti** (včetně tak obecných jako pozorování či formulování hypotéz), které by byly přenositelné i do jiných oblastí, a třeba i do každodenního života. Kritici upozorňují, že takováto přenositelnost je značně diskutabilní a navíc, že často jde o „tichou znalost“ (*tacit knowledge*), která se získává spíše dlouhodobou zkušeností a obtížně se formuluje a předává.

<sup>18</sup> Což, ať se nám to líbí nebo nelíbí, vyvrací slogany typu „co dělám, tomu rozumím“, alespoň v jejich jednoduché přímočaré podobě a interpretaci.

<sup>19</sup> To souhlasí s výsledky českého výzkumu zmíněného výše v části 4.1.

Je-li cílem praktické činnosti **lepší porozumění** dané oblasti, upozorňují kritici, že samotné pozorování experimentu nemusí vést k porozumění (interpretace žáků je často ovlivněna jejich předchozími představami, které mohou být mylné). Navíc je při praktické činnosti pozornost žáků odváděna od učení mnoha úkoly, které musí plnit (četba pokynů, nastavení a obsluha přístrojů, samotné provádění měření, zapisování hodnot).

Řada obecných kritických připomínek se týká i toho, že praktické činnosti mají poskytnout **vhled do vědecké metody** (od základního konstatování, že nepanuje shoda v tom, co je to „vědecká metoda“ a zda nějaká jednotná vědecká metoda vůbec existuje) a **rozvinout vědecké postoje** žáků. Zde se naráží až na etické otázky nakolik smí výuka formovat postoje žáků – a pokud ano, které z někdy poněkud heterogenních postojů vybrat. (Čtenáře zde odkazujeme na podrobnosti v [4.2].)

Kromě těchto obecných aspektů bývá kritizováno i **konkrétní využívání praktických činností ve výuce**. Kurzům, které jsou postaveny na objevování, je například vytýkáno, že jejich kognitivní nároky přesahují možnosti průměrných žáků. Případně kritik konstatuje, že mnoho praktických činností ve školách je špatně plánovaných, zmatených a neproduktivních.<sup>20</sup>

Zbývá po této „kritické smršti“ (kterou jsme tu navíc ani neprezentovali celou) něco jiného, než uložit veškeré experimentální vybavení na dno skříňky v kabinetu a přísahat, že pokusy už nikdy více? Naštěstí, pokud Pandořinu skříňku kritických článků nezaklapneme příliš brzy, najdeme i řadu pozitivních doporučení.

### 4.3 Jak tedy na pokusy: pozitivní doporučení

Co stojí za to zdůraznit po vši výše uvedené kritice: navzdory ní se většina autorů shoduje v tom, že **pokusy a praktická činnost do výuky fyziky jednoznačně patří** a mají v ní své důležité místo. (Viz např. [4.3]–[4.5].) Spíše než *zda* je tedy otázkou *jak* je ve výuce realizovat, na co přitom nezapomenout, na co klást důraz.

Stojí za to nezapomenout na zásadu, která je vlastně samozřejmá, ale asi ne náhodou ji různí autoři připomínají:

- Neexistuje jediný správný způsob začlenění pokusů a praktických činností žáků, je vhodné využívat různé způsoby praktických aktivit.

Další doporučení (některá také svým způsobem samozřejmá, ale přesto v praxi leckdy opomíjená):

- Každá praktická aktivita má mít jasné hlavní cíle – *tj. cíle srozumitelné i žákům!* (Žákům musí být jasný účel aktivity.)

---

<sup>20</sup> D. Hodson: *A critical look at practical work in school science*. School Science Review 71 (1190), p. 33–40, citován v [4.2]. Kritika míří sice na anglické školy, ale ruku na srdce, můžeme ji v našich podmínkách zcela odmítnout?

- Úkol má mít *omezený* (malý) počet cílů – v příliš složitém úkolu se žáci snadno ztratí.
- Je třeba dát potřebný čas na *diskusi* jak mezi učitelem a žáky, tak mezi žáky navzájem – o tom, co se zjistilo, co z pokusů či bádání plyne.
- Má-li praktická činnost rozvíjet porozumění dané oblasti, je vhodné, když je myšlení studentů předem stimulováno, aby pokus či měření odpovídaly na otázku, o níž už studenti přemýšlejí.

Další doporučení například konstatují, že má-li dojít k učení, musí mít žáci potřebné „technické dovednosti“ (např. zapojování měřicích přístrojů) už natrénované; nelze spoléhat, že to „natrénují za pochodu“ v rámci složitého úkolu a přitom ještě rozvinou své fyzikální pochopení. U badatelských aktivit je vhodné, když žáci mají kontrolu nad tím, co sami dělají (tedy nepracují „podle kuchařky“), a mohou řídit i rychlost své práce. Na druhou stranu je-li cílem učení se konceptům, vztahům apod., je důležité, aby učitel pomáhal žákům vidět souvislosti mezi praktickými aktivitami a příslušnými vědeckými koncepty a myšlenkami.

E. Sassi a M. Vincentini [4.3] zdůrazňují, že v praktických aktivitách nemají být zapojeny jen ruce (tedy nemá jít jen o aktivity označované jako „**hands-on**“), ale že je nezbytné, aby bylo zapojeno i myšlení žáků, což se vyjadřuje slovním spojením „**minds-on**“.<sup>21</sup> Znamená to, že je třeba klást otázky, nechat žáky předpovídat, jak pokusy dopadnou, diskutovat s nimi, nechat je diskutovat navzájem a stimulovat tuto diskusi. Pouhé experimentování automaticky nezajišťuje pochopení, důležitá je **interaktivita** – mezi učitelem a žáky a mezi žáky navzájem.

Důvodem, proč je při praktických aktivitách důležité „zapojit mozek“ (a to i na hlubší než jen povrchní úrovni) je skutečnost, že v experimentu nejde jen o „svět fyzických objektů“, ale stejně důležitý je i „svět idejí“ (čímž se míní např. fyzikální pojmy, veličiny a zákonitosti, viz [4.5]). Bez něj obvykle nelze porozumět výsledkům pokusu, a často ani pochopit, jaký má pokus účel a smysl. E. Sassi a M. Vincentini to vyjadřují možná jednodušeji, konstatováním, že ve fyzice i v její výuce je důležitá vzájemná **provázanost teorie a experimentu**.

A právě na provázanost experimentu a příslušné teorie (na několika různých úrovních) se na konkrétním příkladu podíváme v další kapitole.

---

<sup>21</sup> V této souvislosti si neodpustíme poznámku, že již před řadou let, když jsme chtěli vystihnout charakter letních matematicko-fyzikálních soustředění pro středoškoláky, které jsme pořádali, jsme zcela nezávisle vymysleli slogan „**Vlastníma rukama a hlavou**“. (I při vši obezřetnosti vůči sloganům, tenhle byl opravdu výstižný a dodnes ho občas zmiňujeme v rámci dlouhodobého neformálního projektu Heuréka.)

## 5. Pokusy mohou mít „mnoho vrstev“. (Příklad: vybíjení kondenzátoru)

Přestože projekt OPPA se zaměřuje na střední školy, je dobře si uvědomit, že často lze téměř stejný pokus (resp. typ pokusu) realizovat na různých stupních škol, od základních až po vysoké, a jít při jeho realizaci a rozboru do různé hloubky. Lze říci, že fyzikální pokusy využitelné ve výuce jsou často „mnohvrstvé“ (viz [5.1]).

Tato „mnohvrstvosť“ pokusů je důležitá, i pokud zůstaneme jen na úrovni střední školy:

- Stejný pokus můžeme například předvést při úvodu do určité tematiky a později se vrátit k jeho přesnějšímu rozboru či interpretaci. Přitom můžeme využít teorii, kterou se mezitím žáci naučili – případně její využití na daném pokusu ilustrovat či procvičit.
- Také při laboratorních pracích, případně i frontálních pokusech může být výhodné, jestliže všichni žáci nemusí zvládnout všechno. Pro některé (třeba pro ty, kteří se rozhodně v budoucnu fyzice ani ničemu podobnému věnovat nechtějí) bude adekvátní a dostatečně náročné zvládnout „základnější“ vrstvy pokusu a diskusi, která se jich týká. Vážnější zájemci a ti, pro něž je fyzika koníčkem, pak mají k dispozici dostatek cest a možností, kam a jak jít do hloubky. „Mnohvrstvosť“ pokusu tedy může posloužit k diferenciaci výuky.
- „Mnohvrstvosť“ pokusu také dává prostor učiteli, aby si vybral, do jaké hloubky chce jít s určitou konkrétní třídou v závislosti na hodinové dotaci výuky, na tom, jak chce které téma zdůraznit, a třeba i na vybavení fyzikálního kabinetu.<sup>22</sup> Dává mu tedy víc možností, než určitý pokus buď zařadit, nebo zcela vypustit.

Předchozí odstavce možná znějí příliš obecně. Pojdme si takovou „mnohvrstvosť“ pokusu ilustrovat na příkladu. Zvolíme pokus, který byl v jedné z jednodušších variant uveden v kapitole 3.3 příručky [1.1].<sup>23</sup> Obecně jde o vybíjení kondenzátoru.

Ukážeme si nejprve nejjednodušší verzi pokusu, k níž bude stačit jeden elektrolytický kondenzátor, svítivá dioda (LED) a rezistor, tedy součástky za necelou desetikorunu. (Navíc budeme potřebovat baterii, ta je dražší. Ale lze využít i jiný zdroj napětí.) I u „druhé vrstvy“ pokusu zůstaneme u prakticky stejných jednoduchých pomůcek a kvalitativních úvah. „Třetí vrstva“ již bude zahrnovat měření, dá tedy kvantitativní údaje. Pak ukážeme, jak při interpretaci případně předpovídání výsledků pokusu můžeme užívat různě náročnou teorii – a na závěr nabídneme i něco navíc.

---

<sup>22</sup> A – buďme realisté – i v závislosti na tom, jak je mu daná tematická oblast blízká a do jaké hloubky si v ní je sám jistý. I to se může s časem měnit, takže když se třeba na nějakém semináři, v kurzu, z článku v časopise či od kolegy blíž seznámí s „hlubší vrstvou“ nějakého experimentu či diskuse jeho výsledků, může se rozhodnout ji do své výuky přidat.

<sup>23</sup> Jde o pokus 3.4.4 „Nabitým kondenzátorem rozsvítíme LED“. Složitější varianta se vztahuje k pokusu 4.4.2 z kapitoly 4.4 zmíněné příručky.

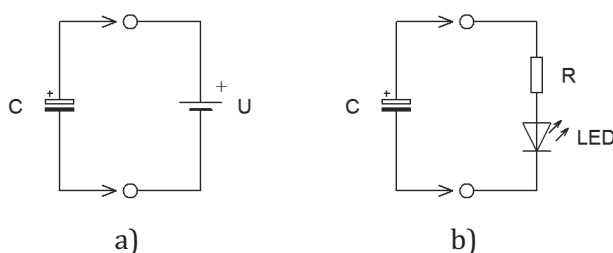
## 5.1 Nejjednodušší verze pokusu a jeho diskuse

### Pomůcky:

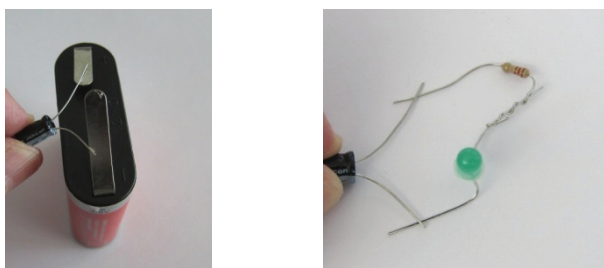
Kondenzátor (elektrolytický, např. o kapacitě 100  $\mu\text{F}$ ), plochá baterie (nebo baterie 9 V nebo jiný zdroj stejnosměrného napětí), svítivá dioda (LED), rezistor (např. o odporu 330  $\Omega$ ).

### Provedení pokusu:

Kondenzátor nabijeme z baterie, jak to ukazují Obr. 5.1.a) a 5.2.a). Pak jej vybijeme do svítivé diody se sériově zařazeným rezistorem, viz Obr. 5.1.b) a 5.2.b).



Obr. 5.1. a) Nabítí kondenzátoru z baterie, b) Vybití kondenzátoru do LED.



a) b)

Obr. 5.2. a) Vývody kondenzátoru stačí pro nabití k vývodům baterie jen krátce přiložit, b) Vybíjení kondenzátoru do svítivé diody (se sériově zapojeným rezistorem).

### Co pozorujeme:

- Při vybíjení svítivá dioda krátce blikne.
- Pokud vybitý kondenzátor přiložíme k LED opakovaně, již neblinkne. Aby opět blikla, musíme jej znovu nabít.

**Závěry** (co lze z pokusu vyvodit, co lze diskutovat, jak pozorovaný jev vysvětlit):

- K rozsvícení potřebuje LED zřejmě určitou energii<sup>24</sup>. To znamená, že v nabitém kondenzátoru byla „uskladněna“ určitá energie.
- Pokud již žáci vědí, že aby LED svítila, musí jí téci proud, lze z pokusu učinit závěr, že z nabitého kondenzátoru při vybíjení teče proud. Kondenzátor se tím vybijí.
- Kondenzátor lze nabíjet a vybíjet opakovaně.

<sup>24</sup> Při běžném svícení jí energii dodává baterie.



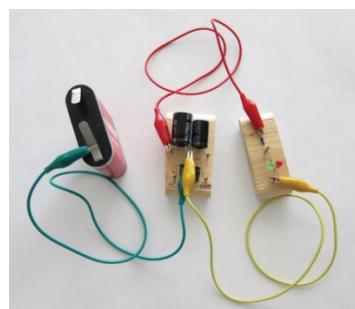
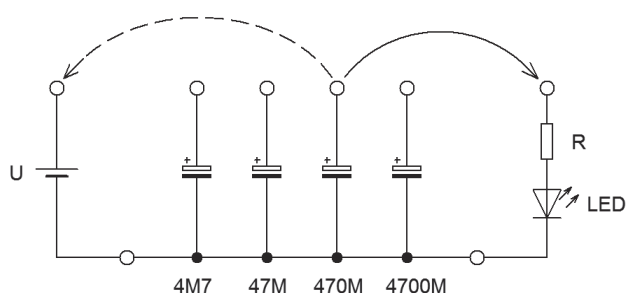
## Poznámky k provedení pokusu a použitým pomůckám:

- Na přesné kapacitě kondenzátoru nezáleží. Lze užít kondenzátory o kapacitě mezi asi 33  $\mu\text{F}$  až 470  $\mu\text{F}$ . (O vlivu kapacity na výsledek viz následující verzi pokusu.) Je třeba, aby kondenzátor vydržel použité napětí. (To ale většinou nebývá problém, pro uvedené kapacity mívají kondenzátory uvedeno použitelné napětí většinou nejméně 16 V.)
- Kondenzátor je elektrolytický, při zapojování je proto třeba dát pozor na správnou polaritu. (Kondenzátory mívají vyznačen záporný pól symboly „- - -“.)
- Hodnotu rezistoru je vhodné volit takovou, aby z použité baterie tekla do LED proud asi 10 mA (určitě ne více než 20 až 25 mA). Pro baterii 4,5 V to znamená odpor 270  $\Omega$  nebo 330  $\Omega$  (v každém případě minimálně 120  $\Omega$ ), pro baterii 9 V odpor 680  $\Omega$  nebo 820  $\Omega$  (rozhodně více než asi 330  $\Omega$ ).<sup>25</sup>
- Jako svítivou diodu můžeme použít libovolný běžný typ (o průměru 5 mm), většinou asi červenou nebo zelenou. (Lze užít jednoduchou „zkoušečku“ popsanou v kap. 4.3 příručky [1.3].) Pokud pokus provádíme jako demonstrační, může být vhodnější použít svítivou diodu o průměru 10 mm<sup>26</sup>, její bliknutí je na větší vzdálenost lépe vidět.
- Žáci mají často tendenci při nabíjení držet vývody kondenzátoru na kontaktech baterie zbytečně dlouho, zřejmě „aby se dostatečně nabil“. Ve skutečnosti se kondenzátory o výše uvedených kapacitách nabíjí z ploché baterie prakticky na plné napětí za dobu kratší než setina sekundy. (I bez teoretického rozboru si žáci mohou vyzkoušet, že krátké i dlouhé připojení kondenzátoru k baterii dá ve výsledku stejné bliknutí LED.)

## 5.2 Měníme parametry pokusu – ale stále zůstáváme na kvalitativní úrovni

### 5.2.1 Jak se projeví různá kapacita kondenzátoru

Předchozí pokus můžeme lehce obměnit tak, že sledujeme, jaký vliv má kapacita kondenzátoru na bliknutí LED, viz obr. 5.3. Všechny kondenzátory přitom nabíjíme na stejné napětí.



Obr. 5.3. Vybíjení kondenzátorů o různé kapacity do LED – schéma a možná realizace pokusu.

<sup>25</sup> Výpočet vhodné velikosti sériového odporu je jednoduchou aplikací Ohmova zákona, viz kap. 4.1.2 příručky [1.3].

<sup>26</sup> Jsou již běžně k dostání v prodejnách s elektronickými součástkami (viz kap. 3.2 příručky [1.3]) a jsou jen o něco dražší než LED o průměru 5 mm.

### Co pozorujeme:

- Při malé kapacitě kondenzátoru LED blikne jen krátce, s rostoucí kapacitou délka bliknutí roste. Pro kondenzátor o kapacitě 4700  $\mu\text{F}$  již LED svítí několik sekund.
- Na začátku (těsně po připojení kondenzátoru) LED svítí nejjasněji, pak její svit s časem pohasíná.
- Jas LED na začátku bliknutí resp. svícení na kapacitě kondenzátoru nezávisí, se změnou kapacity se mění jen délka svitu.

### Závěry (co lze z pokusu vyvodit, co lze diskutovat, jak pozorovaný jev vysvětlit):

- Kondenzátor o vyšší kapacitě vydrží dávat proud delší dobu.
- Pokud již žáci znají souvislost mezi kapacitou, napětím a nábojem, lze diskutovat o tom, že větší náboj odtéká z kondenzátoru delší dobu. To by mohlo vést až k představě typu „náboj = proud  $\times$  čas“ (resp. k upevnění této představy).
- Naopak lze při rozboru daného pokusu budovat představu typu „v kondenzátoru o vyšší kapacitě je (při stejném napětí) uskladněn větší náboj“ – tedy vlastně představu související se vztahem  $Q = U \cdot C$ .

- Již v souvislosti s tímto pokusem se lze zmínit o „kapacitě akumulátorů“ vyjadřované v ampérhodinách (Ah) resp. v miliampérhodinách (mAh) v případě nabíjecích baterií do mobilů, fotoaparátů a dalších zařízení, která žáci mohou znát z běžného života.

U kondenzátorů bychom analogicky mohli mluvit a „ampérsekundách“ případně „miliampérsekundách“ – a případně diskusi pokusu dotáhnout až ke kvantitativnímu vyjádření, že v kondenzátoru o kapacitě 4700  $\mu\text{F}$ , tedy 4,7 mF, nabitém na napětí 10 V je náboj 47 mC, tedy vlastně 47 miliampérsekund. (Proto LED při odběru 10 mA a méně svítí po připojení na takto nabitý kondenzátor několik sekund.)

Upozornění: Je ale třeba zdůraznit, že pojem „kapacita“ se u kondenzátorů a akumulátorů používá v různém významu!<sup>27</sup>

### Poznámky k provedení pokusu a použitým pomůckám:

- Kapacity kondenzátorů nemusejí být přesně takové, jak je uvedeno ve schématu. (Lze použít například kondenzátory o kapacitě 10  $\mu\text{F}$ , 100  $\mu\text{F}$ , ...) Aby byl vliv kapacity jasně pozorovatelný, je ale vhodné, aby se kapacity jednotlivých kondenzátorů výrazně lišily – například desetkrát, jak je uvedeno ve schématu.
- Skutečnost, že těsně po připojení k nabitému kondenzátoru svítí LED stejně jasně nezávisle na tom, jakou má kondenzátor kapacitu, je vidět spíše jen pro dvě největší kapacity. (U krátkého bliknutí se jas těžko hodnotí, delší bliknutí nám může subjektivně připadat jasnější.)

---

<sup>27</sup> U akumulátorů a nabíjecích baterií pojem „kapacita“ vyjadřuje proud krát dobu, po níž se tento proud dá odebírat – jde tedy vlastně o celkový **náboj**, který z akumulátoru do obvodu proteče. Naproti tomu náboj, který do obvodu (např. do rezistoru) proteče při vybíjení kondenzátoru, je  $Q = U \cdot C$ , je tedy *kapacitě kondenzátoru* přímo úměrný, ale závisí také na napětí, na něž byl kondenzátor nabit. (Na rozdíl od kondenzátoru akumulátor nemůžeme nabíjet na různá napětí, jeho napětí při vybíjení také klesá úplně jinak, než je tomu u kondenzátoru. Není divu, jde o jiné součástky, v nichž probíhají úplně jiné fyzikální – ev. chemické – děje.)



- V použitém zapojení nelze přesně definovat dobu svitu LED, protože neexistuje přesný okamžik, kdy by LED přestala svítit. (Jas pohasíná postupně; otázce *jak* se ještě budeme dále věnovat.) Pokud bychom chtěli, aby okamžik zhasnutí byl přesněji vymezen, mohli bychom paralelně k LED zapojit rezistor o odporu například 1 k $\Omega$ . Pro jednoduché kvalitativní pokusy, které zde uvádíme, je však patrně lepší zapojení nijak nekomplikovat.

### 5.2.2 Jak se projeví změna napětí?

Pokud bychom chtěli vybíjení kondenzátoru zkoumat podrobněji – ale stále ještě na kvalitativní úrovni – můžeme pokus provádět s jediným kondenzátorem, například 470  $\mu\text{F}$ , ale nabitým pokaždé na jiné napětí. (Například z baterií 3 V, 4,5 V a 9 V i více.) Aby byl proud (na začátku vybíjení) vždy stejný, je vhodné pro vyšší napětí zařadit do série s LED rezistor o vyšším odporu.<sup>28</sup> (K tomu, že lze stejný počáteční proud zařídit změnou odporu, je vhodné žáky dovést.)

#### Co pozorujeme:

- Je-li kondenzátor nabit na vyšší napětí, svítí LED déle.

**Závěry** (co lze z pokusu vyvodit, co lze diskutovat, jak pozorovaný jev vysvětlit):

- Kondenzátor nabitý na vyšší napětí vydrží dávat (stejný) proud delší dobu.
- Jestliže již žáci mají představu typu „náboj = proud  $\times$  čas“, je z pokusu zřejmé, že v kondenzátoru nabitém na vyšší napětí je „uskladněn“ větší náboj. Spolu s předešlým pokusem tedy, alespoň kvalitativně, ilustrujeme resp. pomáháme budovat vztah „náboj na kondenzátoru = napětí  $\times$  kapacita kondenzátoru“.

Poznamenejme, že podobně jako ve výchozím pokusu v kap. 5.1 bychom též mohli diskutovat, že v kondenzátoru o větší kapacitě resp. v kondenzátoru nabitém na vyšší napětí, je také „uložena“ větší energie.<sup>29</sup>

### 5.2.3 Měníme vybíjecí proud

Co ještě plyne z představy „náboj = proud  $\times$  čas“? Na jejím základě můžeme předpovědět, že pokud náboj na kondenzátoru bude stejný, ale vybíjecí proud vyšší, LED by měla svítit kratší dobu. (Podobně je tomu u akumulátorů: vyšším proudem vybijeme akumulátor dřív.)

Jak uspořádat takový pokus? Jednoduše: Ke stejně nabitému kondenzátoru připojíme buď jednu LED s rezistorem, nebo více takových LED s rezistory paralelně. Detaily už necháme na čtenáři.

<sup>28</sup> Výpočet potřebné velikosti odporu necháváme na čtenáři; viz kap. 4.1.2 příručky [1.3].

<sup>29</sup> Ovšem pozor, aby daná diskuse nevedla např. k nesprávné představě, že uložená energie je úměrná napětí! Vyvodit správnou (kvadratickou) závislost energie na napětí z našich kvalitativních pokusů asi nejde úplně jednoduše, a na dané úrovni to zřejmě ani není nezbytné.

Tedy, ono by možná šlo pro 3 $\times$  vyšší napětí připojit ke kondenzátoru 3 LED v sérii (s 3 $\times$  vyšším odporem v sérii) a argumentovat stylem „podívejte, pro 3 $\times$  vyšší napětí svítí 3 $\times$  více svítivých diod 3 $\times$  déle, to znamená, že v kondenzátoru muselo být 9 $\times$  více energie“. Ale je otázkou, nakolik by to bylo přesvědčivé a zda by to pro žáky nebylo příliš složité.

### 5.3 Pokles napětí s časem – kvantitativní měření

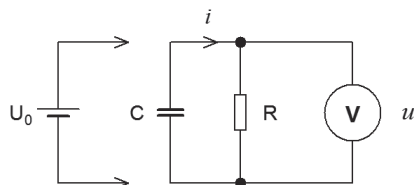
Přesnější popis a rozbor vybíjení kondenzátoru se samozřejmě nemůže obejít bez kvantitativního měření. Základním pokusem je zkoumat vybíjení kondenzátoru do rezistoru, konkrétně měřit, jak se mění napětí na kondenzátoru s časem. Pro měření je možné s výhodou využít měřicí systémy spojené s počítačem (jako jsou třeba ISES, Vernier či Pasco), jde to ale i bez nich.

#### Pomůcky:

Kondenzátor (elektrolytický, o kapacitě  $100\ \mu\text{F}$  nebo fóliový o kapacitě  $10\ \mu\text{F}$ ), plochá baterie nebo jiný zdroj stejnosměrného napětí, rezistor o odporu  $1\ \text{M}\Omega$ , multimetr, hodinky nebo stopky.

#### Provedení pokusu:

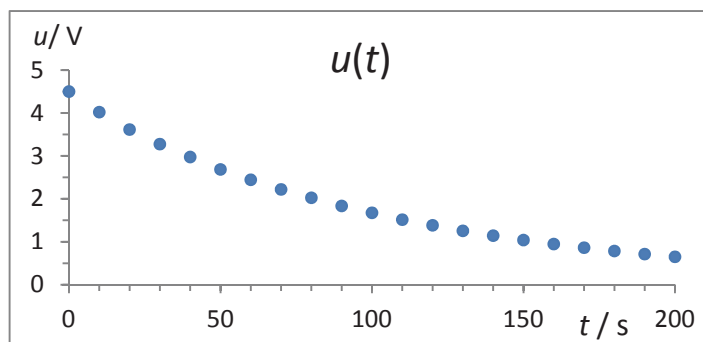
Obvod zapojíme podle obr. 5.4, kondenzátor nabijeme z baterie a v okamžiku odpojení baterie začneme měřit čas. Napětí odečítáme po 10 sekundách a zapisujeme do tabulky.



Obr. 5.4. Vybíjení kondenzátoru – měření časového průběhu napětí.

#### Výsledky měření:

Napětí s časem klesá. Tabulkové výsledky můžeme znázornit i v grafu (ať už nakresleném ručně nebo třeba v Excelu), jak to ukazuje příklad výsledků měření na obr. 5.5.<sup>30</sup> Je zřejmé, že pokles není lineární.



Obr. 5.5. Napětí na kondenzátoru v závislosti na čase při vybíjení do rezistoru: příklad výsledku měření.

#### Interpretace výsledků měření (co lze diskutovat, čeho si všimnout):

- Lze pokles napětí s časem vystihnout nějakou funkcí? <sup>31</sup>  
Z pouhého pohledu na graf není jasné, jaká funkce by to mohla být. Některé programy

<sup>30</sup> Soubor s hodnotami (včetně komentářů a dalších možností zobrazení) je na doprovodném CD.

<sup>31</sup> Žák může jako nejjednodušší napadnout nepřímá úměrnost. Ale to by „nehrálo“ pro  $t$  blízké nule.

(Excel nevyjímaje) umí proložit „spojnici trendu“, která se zadaným bodům co nejvíce přibližuje. Lze vyzkoušet různé funkce a sledovat, která naměřená data vystihuje nejlépe. V případě našeho měření mohou žáci zjistit, že takovou funkcí je exponenciála.<sup>32</sup>

- Za jak dlouho klesne napětí na kondenzátoru na polovinu? Za jak dlouho pak na další polovinu? A pak znovu na polovinu? I bez výše uvedeného vyvození exponenciální závislosti je přímo z naměřených dat vidět, že tato doba je pořád stejná. (V našem případě asi 70 s.) Mohli bychom mluvit o „poločasu poklesu napětí“ a případně zmínit podobné jevy (zejména poločas rozpadu v jaderné fyzice).
- Zájemci by mohli zjišťovat, jak výše uvedený „poločas poklesu napětí“ závisí na kapacitě kondenzátoru a odporu rezistoru.

#### **Poznámky k provedení pokusu a hodnotám použitých součástek:**

- Pro kondenzátor o kapacitě 100  $\mu\text{F}$  a rezistor o odporu 1  $\text{M}\Omega$  je časová konstanta poklesu napětí (tj. doba, za níž napětí poklesne na  $1/e \doteq 37\%$  z původní hodnoty – viz teoretický popis níže) rovna  $T = R \cdot C$ , tedy  $10^{-4} \text{ F} \cdot 10^6 \Omega = 100 \text{ s}$ . (Tomu odpovídá „poločas poklesu napětí“  $\tau = T \cdot \ln 2 \doteq 0,69 T$ , tedy asi 69 s.) K rezistoru je ovšem paralelně připojen vnitřní odpor multimetru (zapojeného jako voltmetr), ten bývá 10  $\text{M}\Omega$ . (Před pokusem je třeba to ověřit.). Výsledná hodnota odporu je tedy jen asi 9  $\text{M}\Omega$  a časová konstanta asi 90 s; „poločas poklesu napětí“ něco přes 60 s.
- Pro kondenzátor o kapacitě 10  $\mu\text{F}$  nepotřebujeme žádný rezistor; kondenzátor se vybíjí přímo do vnitřního odporu voltmetru (10  $\text{M}\Omega$ ), časová konstanta je opět 100 s.

## **5.4 Teoretický popis (také v několika úrovních)**

Jak pochopit resp. teoreticky vysvětlit (či z teorie předpovědět) časový průběh vybíjení kondenzátoru, tak jak jej ukazuje graf na obrázku 5.5?

**Kvalitativně** to jde vcelku jednoduše. Stačí si uvědomit, že:

- Rychlost vybíjení kondenzátoru je dána proudem. Větší proud – vyšší rychlost vybíjení, menší proud – menší rychlost vybíjení. (To jsme viděli výše v kap. 5.2.3.)
- Velikost vybíjecího proudu je dána napětím na rezistoru (tj. napětím na kondenzátoru, obě napětí jsou stejná, viz schéma na obr. 5.4). Tedy: vyšší napětí – vyšší vybíjecí proud, nižší napětí – nižší vybíjecí proud.
- Spojíme-li obě předchozí úvahy, dostáváme: vyšší napětí  $\Rightarrow$  vyšší rychlost vybíjení, nižší napětí  $\Rightarrow$  nižší rychlost vybíjení.

A to je přesně to, co v experimentu pozorujeme. Kondenzátor se zpočátku (když je na něm větší napětí) vybíjí rychleji, jak na něm napětí postupně klesá, je rychlost vybíjení nižší a nižší.

---

<sup>32</sup> Další možností je zobrazit hodnoty napětí v logaritmické škále. (I tohle Excel umí.) Výsledkem je pak prakticky přímková závislost logaritmu napětí na čase. Odtud lze vyvodit, že závislost napětí na čase je exponenciální.

### 5.4.1 Kvantitativní popis pracující s konkrétními čísly

Přejděme ke kvantitativnímu popisu. Zůstaňme však nejprve na úrovni žáků, kteří nijak nemilují vzorečky a práci se symboly.<sup>33</sup> Něco málo ovšem potřebovat budeme, alespoň Ohmův zákon a dva vztahy pro náboj:

$$\text{náboj} = \text{napětí} \cdot \text{kapacita} \quad (\text{a z něj plynoucí vztah} \quad \text{napětí} = \text{náboj} / \text{kapacita} ) \text{ a}$$

$$\text{náboj} = \text{proud} \cdot \text{čas}$$

Řekněme, že máme kondenzátor o kapacitě  $100 \mu\text{F}$  ( $= 10^{-4} \text{ F}$ ) nabitý na počáteční napětí  $10 \text{ V}$ . Je v něm tedy náboj  $10^{-4} \text{ F} \cdot 10 \text{ V} = 10^{-3} \text{ C} = 1 \text{ mC}$ .

Kondenzátor se bude vybíjet do rezistoru o odporu  $1 \text{ M}\Omega$  ( $= 10^6 \Omega$ ). Proud, který na začátku do rezistoru poteče, bude  $10 \text{ V} / 10^6 \Omega = 10^{-5} \text{ A}$ , tedy  $10 \mu\text{A}$ . Kolik náboje odteče z kondenzátoru dejme tomu za  $10$  sekund? Podle vztahu spojujícího náboj s proudem a časem je to  $10^{-5} \text{ A} \cdot 10 \text{ s} = 10^{-4} \text{ C}$ .<sup>34</sup> To znamená  $0,1 \text{ mC}$ , čili jedna desetina z náboje, který na kondenzátoru původně byl.

Na kondenzátoru je tedy po  $10$  sekundách jen  $90 \%$  původního náboje. A protože náboj a napětí jsou si úměrné, je tam také  $90 \%$  původního napětí, tedy  $9 \text{ V}$ .<sup>35</sup> Za  $10 \text{ s}$  kleslo napětí o jednu desetinu původní hodnoty.

Jak tomu bude, až po nějaké době klesne napětí na kondenzátoru na polovinu, tedy na  $5 \text{ V}$ ? Náboj na něm bude poloviční ( $0,5 \text{ mC}$ ). Vybíjecí proud bude také poloviční ( $5 \mu\text{A}$ ). Za  $10 \text{ s}$  proto z kondenzátoru odteče náboj také poloviční, než jsme spočetli výše, tedy  $0,05 \text{ mC}$ . Opět je to desetina z náboje, který teď na kondenzátoru byl. Pokles napětí za  $10 \text{ s}$  tedy bude opět o jednu desetinu: z  $5 \text{ V}$  na  $0,45 \text{ V}$ . Za deset sekund tedy napětí opět klesne na  $90 \%$  své hodnoty!

Podobně by tomu bylo i kdykoli nadále. Například z  $2 \text{ V}$  na  $1,8 \text{ V}$  napětí také klesne za  $10 \text{ s}$ , z  $1 \text{ V}$  na  $0,9 \text{ V}$  opět za  $10 \text{ s}$ ...

Není tedy možná až tak překvapivé, jestliže pokles napětí na polovinu dané hodnoty („poločás poklesu napětí“, jak jsme to nazvali výše v kap. 5.3) také nezávisí na velikosti napětí. Ostatně, už z našich úvah bychom mohli přibližně vypočítat, za jak dlouho napětí poklesne na polovinu. Za každých  $10 \text{ s}$  klesá na  $0,9$  své hodnoty. Z  $10 \text{ V}$  je po deseti sekundách na hodnotě  $9 \text{ V}$ ,

---

<sup>33</sup> V duchu Piagetovy klasifikace bychom mohli říci, že to jsou žáci, kteří jsou na „konkrétně operační“ úrovni uvažování a myšlení, ale dosud se, alespoň v oblasti práce s matematickými symboly ve fyzice, nedostali (resp. plně nedostali) na úroveň „formálně-operační“. Ostatně, řada autorů dnes soudí a dokazuje, že na formálně operační úrovni myšlení není v úvodu studia leckdy ani řada vysokoškoláků, viz [5.2]. Nemusíme tedy asi příliš lomit rukama nad tím, že pro některé žáky a studenty nejsou rovnice, vzorce a matematické symboly tím, v čem by přirozeně přemýšleli a při práci s nimi se cítili jako ryba ve vodě. Spíše je rozumné hledat cesty, jak i oni mohou příslušné jevy, výsledky experimentů a chování veličin v daných situacích rozumně teoreticky pochopit. A cesty, jak jim pomoci jejich úroveň uvažování posunout a rozvinout.

<sup>34</sup> Jistě, tady děláme určitou chybu: Pro jednoduchost zanedbáváme skutečnost, že vybíjecí proud s časem klesá, takže třeba po  $5 \text{ s}$  už bude o něco nižší než uvedených  $10 \mu\text{A}$ . Z kondenzátoru tedy odteče o něco méně náboje, než jsme zde spočetli. Podrobnější výpočet ale ukáže, že při výpočtu napětí po  $10 \text{ s}$  uvedeným zanedbáním vznikne chyba jen asi půl procenta.

<sup>35</sup> Přesnější výpočet dá asi o  $48 \text{ mV}$  více, tento rozdíl zde opravdu zanedbáváme.

po dalších 10 s na hodnotě  $9 \text{ V} \cdot 0,9 = 0,81 \text{ V}$ , po dalších 10 s na hodnotě  $0,81 \text{ V} \cdot 0,9 = 0,729 \text{ V}$ . K hodnotě kolem 5 V se dostaneme po 60 až 70 sekundách. (Ostatně, i s nejjednodušší kalkulačkou v ruce snadno ověříme, že faktor 0,9 musíme spolu násobit šestkrát až sedmkrát, abychom dostali hodnotu blízkou 0,5. Umí-li kalkulačka spočítat obecnou mocninu, je samozřejmě výpočet jednodušší. ☺) „Poločas poklesu napětí“ pro dané hodnoty kapacity a odporu tedy i takto jednoduchou úvahou vychází necelých 70 s.

Výše uvedenými konkrétními úvahami bychom samozřejmě mohli předpovídat, jak se bude kondenzátor vybíjet do menšího odporu, třeba 0,1 MΩ. (Jistě, desetkrát menší odpor znamená desetkrát větší vybíjecí proud, o jednu desetinu tedy napětí klesne už za 1 s.) A mohli bychom uvažovat i jinou velikost kapacity. Všechny tyto úvahy se ovšem samozřejmě dělají snáze, když můžeme používat matematickou symboliku a vzorce.

#### 5.4.2 Popis s využitím vzorců (ale ještě bez derivací)

Napětí na kondenzátoru v čase  $t$  budeme značit  $u(t)$ , proud tekoucí z kondenzátoru do rezistoru  $i(t)$ . Podle Ohmova zákona je  $i = u/R$ , kde  $R$  je odpor rezistoru. Za čas  $\Delta t$  odteče z kondenzátoru náboj

$$\Delta q = i \cdot \Delta t = \frac{u}{R} \cdot \Delta t. \quad (5.1)$$

Protože mezi napětím a nábojem  $q$  v kondenzátoru platí vztah  $u = q/C$  (kde  $C$  je kapacita kondenzátoru), můžeme z (5.1) odvodit, že platí

$$\Delta u = -\frac{\Delta q}{C} = -\frac{i \Delta t}{C} = -\frac{u}{R \cdot C} \Delta t,$$

(záporné znaménko ve výrazu znamená, že  $u$  klesá); po úpravě pak

$$\frac{\Delta u}{u} = -\frac{\Delta t}{R \cdot C}. \quad (5.2)$$

Součin  $R \cdot C$  má zřejmě rozměr času (protože levá strana rovnice (5.2) je bezrozměrná, musí být bezrozměrná i pravá strana, takže jmenovatel musí mít rozměr času). Označíme-li tento součin jako **časovou konstantu**  $T$ :

$$T = R \cdot C, \quad (5.3)$$

můžeme (5.2) přepsat na

$$\frac{\Delta u}{u} = -\frac{\Delta t}{T}. \quad (5.4)$$

Odtud okamžitě vidíme, jak rychle klesá napětí. Má-li časová konstanta hodnotu 100 s (jako tomu bylo výše v příkladu v kap. 5.4.1), pak za 1 s poklesne napětí přibližně o 1 %, za 10 s přibližně o 10 %. Přibližně proto, že i vztah (5.1) je přibližný: neuvážili jsme v něm, že proud  $i$  není konstantní. Přesně vztah (5.1) platí v limitě  $\Delta t \rightarrow 0$ . Nechceme-li použít pojem limita, můžeme prostě říci, že (5.1) je tím přesnější, čím je  $\Delta t$  menší.

Napětí v čase vyšším o  $\Delta t$  je:  $u(t+\Delta t) = u(t) - \Delta u$ . Po dosazení  $\Delta u$  z (5.4) pak po úpravě dostaneme  $u(t+\Delta t) = u(t) \cdot (1 - \Delta t/T)$ . Na základě tohoto vztahu můžeme například v Excelu vypočítat časový vývoj napětí v časech 0,  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ , atd.

### 5.4.3 Popis s využitím diferenciálního počtu

Vztah (5.4) můžeme upravit na tvar  $\frac{\Delta u}{\Delta t} = -\frac{u}{T}$ . V limitě  $\Delta t \rightarrow 0$  se z podílu na levé straně stane derivace a z (5.4) dostáváme diferenciální rovnici

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{T}u, \quad (5.5)$$

jejímž řešením dostaneme časový průběh poklesu napětí.<sup>36</sup>

Může vztah, jako je (5.5), něco říkat i středoškolákům, kteří o diferenciálních rovnicích nemají ani tušení? Kupodivu, i na středoškolské úrovni zde lze dospět k určitému pochopení.<sup>37</sup> Pro studenty, kteří neznají diferenciální počet, je vhodné pracovat s malými, ale konečnými, změnami veličin – jak jsme to ostatně dělali už výše. Vztah (5.2) upravíme na:

$$\frac{\Delta u}{\Delta t} = -\frac{u}{R \cdot C}, \quad (5.6)$$

čímž získáme rovnici, která je fakticky ekvivalentní rovnici (5.5). (Pouze místo časové konstanty  $T$  zde máme součin  $R \cdot C$ , vhodnější pro následující úvahy.)

Student SŠ může mít z předchozích hodin fyziky alespoň zčásti osvojenou představu, že veličina  $\Delta u / \Delta t$  určuje *rychlost změny* napětí. Rovnice (5.6) nám říká, jak tato rychlost souvisí s napětím a také s velikostí odporu a kapacity. Například: Je-li kapacita kondenzátoru větší, je velikost pravé strany (5.6) menší – menší je tedy i rychlost vybíjení. Kondenzátor se proto vybíjí déle. Což je přesně to, co jsme v pokusech pozorovali. Naopak, jsou-li kapacita kondenzátoru nebo odpor rezistoru menší, plyne z (5.6), že rychlost je vybíjení vyšší, kondenzátor se vybije rychleji. Tuto teoretickou předpověď mohou studenti opět zkonfrontovat s pozorováním výsledku reálného pokusu. Podobně lze diskutovat, jaký vliv má na rychlost změny napětí velikost samotného napětí, ptát se, proč je v (5.6) znaménko mínus, apod. Takovéto „hraní si“ se vzorci a porovnávání jejich důsledků s pozorováním může formule, které by jinak pro studenty byly abstraktní a odtažitě, alespoň trochu „polidštit“ – protože konkrétně vidí, jak vlastně příslušná teorie funguje.

Vraťme se ale k rovnici (5.5) a na úroveň studentů, kteří již znají derivace. Poznamenejme, že pro řešení (5.5) ve skutečnosti vlastně není potřeba umět řešit diferenciální rovnice. Stačí se zeptat „jakou funkci musíme derivovat, abychom dostali, tutéž funkci (až na násobek)“? Kdo ví, že takovou funkcí je exponenciála, může zkusit hledat řešení ve tvaru  $e^{kt}$ , resp.  $u = A \cdot e^{kt}$ . Po dosazení do (5.5) je vidět, že tato rovnice bude splněna pro  $k = -1/T$ . V čase  $t = 0$  je napětí rovno napětí baterie  $U_0$ , z níž byl nabit kondenzátor. Aby toto řešení splňovalo tuto podmínku, musí být  $A = U_0$ . Průběh napětí na kondenzátoru je tedy dán výsledným vztahem

$$u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{T}}. \quad (5.7)$$

<sup>36</sup> To už jsme samozřejmě na VŠ úrovni nebo na úrovni pokročilých seminářů v posledním roce SŠ, řešitelů FO a dalších soutěží, kteří si nastudovali potřebný matematický aparát apod.

<sup>37</sup> Děkujeme jednomu z recenzentů (S. G.) za upozornění, jak by šlo k takovému pochopení středoškoláky dovést.

Ti, kdo umí řešit diferenciální rovnice, mohou přirozeně k témuž řešení dospět například metodou separace proměnných.

Vidíme, že za čas  $T$  napětí poklesne na  $1/e$  ze své původní hodnoty. S využitím toho, že platí  $e = 2^{\frac{1}{\ln 2}}$ <sup>38</sup>, můžeme (5.7) přepsat na

$$u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{T}} = U_0 \left(2^{\frac{1}{\ln 2}}\right)^{-\frac{t}{T}} = U_0 2^{-\frac{t}{T \ln 2}} = U_0 2^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (5.8)$$

Přitom  $\tau = T \cdot \ln 2$  je doba, kterou jsme výše v kap. 5.3 označili jako „poločas poklesu napětí“. Teoretický model tedy předpovídá to, co jsme pozorovali v experimentu: pokles na poloviční napětí trvá vždy stejnou dobu.

## 5.5 A co dál?

A co když se výsledky měření od ideální předpovědi teoretického modelu liší? Co když se třeba čas, za který napětí v experimentu poklesne na jednu  $e$ -tinu své hodnoty, liší od hodnoty  $RC$ ? Pak to teprve začne být zajímavé! A začne být prostor pro bádání, vymýšlení hypotéz a jejich ověřování. Neliší se třeba kapacita kondenzátoru od hodnoty uvedené na jeho obalu? Vzali jsme v úvahu, že k rezistoru  $R$  je paralelně připojen vnitřní odpor voltmetru? S jakou přesností měří použitý voltmetr? A co elektrolytický kondenzátor, nemůže se v důsledku nějakých elektrochemických procesů chovat jinak než ideální kondenzátor?

V reálných situacích navíc vždy nejde o ideální případ vybíjení kondenzátoru do rezistoru. Vezměme už jen zapojení s rezistorem a LED na obrázku 5.1. Teoretický výpočet, alespoň přibližný, jak se v tomto případě mění napětí a proud, stejně jako případné srovnání s experimentem už necháme na laskavém čtenáři.

---

<sup>38</sup> Poznámka autora této části textu (L. D.): Nevím, zda zrovna tento vztah nosíte v hlavě. Já si ho musím vždy znovu odvodit z toho, že  $2 = e^{\ln 2}$ .



## 6. Chápání základních konceptů z elektřiny a magnetismu: proč je důležité, jak ho testovat a co nám řeknou výsledky

V předchozích kapitolách jsme popisovali různé aktivní přístupy k výuce, výhody a nevýhody zařazení pokusů do výuky, a zamýšleli jsme se, zda má jejich využití vliv na to, nakolik studenty výuka baví a co si z ní odnáší. Ale jak moc studenti probranému učivu rozumí? Ke zjištění, zda čeští středoškolští studenti rozumí základům elektřiny a magnetismu, může posloužit *Konceptuální test z elektřiny a magnetismu* (KTEM). Co znamená, že je test konceptuální? Takovýto test nezkoumá znalost konkrétních pouček, vzorců a pojmů<sup>39</sup>, ale zaměřuje se na porozumění základním (fyzikálním) představám<sup>40</sup>. Fakticky tak test kromě porozumění konceptům testuje i to, zda je žák schopen tyto koncepty aktivně použít v jiných než standardních školních příkladech.

V úvodu kapitoly se zamyslíme nad tím, proč má smysl testovat základní představy studentů, v následující části je popsán výše zmíněný *Konceptuální test z elektřiny a magnetismu* a jeho vlastnosti. V dalších částech je čtenář seznámen s prvními výsledky pilotního tetování studentů ze škol zapojených do projektu. Na konci kapitoly jsou také rozebrány některé otázky testu a zmíněny zajímavé miskoncepce, které se při pilotním testování objevily. Samotný test bude k dispozici učitelům zapojeným do projektu, případně na vyžádání i dalším zájemcům.

### 6.1 Proč základní představy studentů testovat?

Konceptuální testy se tvoří hlavně jako diagnostický nástroj pro učitele:

- pro zjištění, s kterými partiemi učiva mají jeho studenti problémy, na které je třeba se více zaměřit;
- které špatné představy si studenti přinesli z nižšího stupně vzdělávání;
- jak na tom jsou jeho studenti ve srovnání s paralelní třídou/školou/jinou zemí;
- nakolik studenti během výuky daného tematického celku odbourali své miskoncepce;
- jak dlouho si své dobré představy udrželi a zda se po několika měsících/letech nevrátili zpět k miskonceptům.

---

<sup>39</sup> Což ovšem vůbec neznámá, že by jej šlo řešit bez jakýchkoli znalostí z příslušné oblasti fyziky!

<sup>40</sup> Anglický termín *concept* se překládá jako „pojmem, myšlenka, představa“. Aniž bychom se snažili o přesné definice, můžeme říci, že v kontextu fyzikálního vzdělávání lze „*concept*“ (česky tedy „koncept“) chápat jako, zhruba řečeno, „pojmem + představa o tom, jak funguje v různých fyzikálních situacích“. Příkladem konceptu může být třeba síla, náboj nebo elektrické pole.

Kromě termínu „koncepty“, jímž tedy ve výše uvedeném smyslu rozumíme základní představy studentů, se lze setkat také s pojmy „miskoncepce“ – špatné základní představy a „prekoncepty“ – představy, které mají děti před školní docházkou. Podrobnější rozbor a vysvětlení jednotlivých pojmů lze nalézt např. v knize [2.2]; o miskonceptech jsme se krátce zmínili už výše v kap. 2.



Často bývají konceptuální testy využívány pro danou skupinu studentů dvakrát – jako pretest před probráním příslušného tematického celku ke zjištění, jaké miskoncepce si studenti přinesli a jako posttest po probrání celku.

Konceptuální testy bývá užitečné se studenty po napsání rozebrat (pokud učitel neplánuje stejný test použít později pro stejné studenty). Vzhledem k tomu, že během rozboru obvykle dochází k bourání miskoncepčí, je třeba mu věnovat dostatek času a počítat s bouřlivou diskuzí studentů. Na druhou stranu, rozbor testu a diskuze (případně doplněná experimenty vyvracejícími běžné miskoncepce) vede k hlubšímu upevnění správných představ.

Vzhledem k výše zmíněným účelům bývá test obvykle psán jako anonymní (případně jen s dobrovolným podpisem) a rozhodně by neměl být známčován.

Testování základních představ studentů je ve světě stále aktuálním výzkumným tématem, jak dokazují například příspěvky na letošní konferenci WCPE („World Conference of Physics Education 2012“) – nově vytvořené a pilotované konceptuální testy z některé partie elektřiny a magnetismu byly prezentovány účastníky ze Singapuru a Malty, konceptuálních testů z dalších částí fyziky bylo prezentováno k desítce. Stejně tak se v mezinárodních časopisech věnovaných fyzikálnímu vzdělávání stále objevují články o tom, jak studenti dané konkrétní země rozumějí základním představám některé oblasti fyziky.<sup>41</sup>

Výsledky českých studentů v některých konceptuálních testech lze proto i srovnat s výsledky a miskoncepce studentů z jiných zemí světa (a případně hledat korelace mezi výsledky konceptuálních testů a mezinárodních výzkumů jako PISA a TIMSS).

## 6.2 Konceptuální test z elektřiny a magnetismu

Konceptuální test z elektřiny a magnetismu, který byl zadáván českým studentům, je širší než témata, na které byl zaměřen projekt „Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi“. Vzhledem ke snaze pokrýt i další partie, které ve středoškolské výuce s elektrickým polem souvisí, obsahoval test i otázky z magnetismu a elektromagnetické indukce, protože dle kurikulárních dokumentů ([6.1], [6.2]) i obvyklé praxe ve školách je elektrické pole řazeno do širšího tématu elektřiny a magnetismu.

Širší záběr testu také do budoucna umožní rozvíjet další soubory experimentů, které budou stejně, jako tomu bylo i v případě modulů řešeného projektu, využívat prvků badatelsky orientované výuky a klást důraz na aktivní práci žáků, aktuálnost a aplikace dané problematiky. Učitelé na kurzech modulu „*Náboje, proudy a elektrické obvody*“ opakovaně vyjadřovali zájem o další podporu a pomoc v navazujících oblastech tematického celku elektřiny a magnetismu.

---

<sup>41</sup> Z poslední doby a jen z oblasti elektřiny a magnetismu se objevily např.:

- Leppavirta, J. a kol.: *Complex Problem Exercises in Developing Engineering Students' Conceptual and Procedural Knowledge of Electromagnetics*. IEEE Transactions on Education. Feb 2011, Vol. 54, Issue 1
- Rebello, N. Sanjay: *Comparing students' performance on research-based conceptual assessment and traditional classroom assessments*. AIP Conference Proceedings. 2012. Vol. 1413, Issue 1

V rámci řešeného projektu byly vzhledem k přímé návaznosti na modul *Náboje, proudy a elektrické obvody* zpracovány a vyhodnoceny části testu související s chováním elektrických nábojů a elektrického pole. Tato část testu je jasně vymezená, proto je účelné a vhodné ji takto odděleně zpracovat. Zjištěné výsledky poskytují dobrý obraz, jak středoškolští studenti ze škol zapojených do projektu chápou příslušné partie.

Jako základ pro tvorbu otázek byla použita část testu „Conceptual Survey of Electricity and Magnetism“ (CSEM, [6.3]), který byl vytvořen pro studenty prvních ročníků amerických vysokých škol. Při pilotním testování na českých středoškolských studentech se však ukázalo, že CSEM je pro ně příliš obtížný, testování mělo proto jen velmi malou vypovídací hodnotu. Ze zpětné vazby od studentů účastnících se pilotního testování také vyplynulo, že zadání otázek bylo pro studenty příliš abstraktní, a proto mu někdy nerozuměli.

Z tohoto důvodu bylo u vybraných otázek z CSEM zadání konkretizováno a zjednodušeno a navíc byl nový test doplněn dalšími otázkami odrážejícími koncepty s kterými se čeští studenti setkávají při výuce. Témata otázek vycházejí z RVP [6.1] a Katalogu požadavků k maturitní zkoušce [6.2] a byla volena tak, aby pokrývala všechny důležité oblasti elektřiny.

Vzniklý didaktický test má celkem 18 otázek, z nichž 16 je uzavřených s výběrem odpovědi z pěti možností, jedna je uzavřená s výběrem odpovědi ze šesti možností a jedna je otevřená s krátkou odpovědí. V uzavřených otázkách je vždy právě jedna možnost správná. Na vyplnění testu měli studenti cca 30 minut.

Část testu zabývající se chováním elektrických nábojů a elektrického pole obsahuje 12 otázek zaměřených na následující témata: (čísla v závorce odpovídají pořadovému číslu otázek):

- Elektrický náboj (1, 2)
- Coulombův zákon (3, 4)
- Rozložení elektrického náboje a indukční čáry (5, 6)
- Elektrická intenzita (7, 8)
- Homogenní elektrické pole (9)
- Práce v elektrickém poli (10)
- Kondenzátor (11, 12)

Během testování se ukázalo, že otázka č. 13 týkající se odporu elektrického vodiče mohla být některými studenty pochopena nejednoznačně, byla proto ze zpracování vyřazena.

Navazujících pět otázek, jimž se v této publikaci nebudeme věnovat, pokrývá oblast magnetického pole (14–16) a elektromagnetické indukce (17, 18).

## 6.3 Metodika výzkumu

Test proběhl ve dvou vlnách – jako pretest pro studenty, kteří tematický celek Elektřina a magnetismus na střední škole právě začínali a jako posttest těsně po absolvování tematického celku. Testování probíhalo během jara 2012, vzhledem ke školnímu vzdělávacímu plánu daných škol se tak testování účastnili studenti od 1. do 3. ročníku SŠ.

Pretestu se účastnilo 185 studentů z pěti škol, posttestu pak 221 studentů z pěti škol. Pretest byl zadáván v osmi třídách, posttest v deseti třídách. Mezi zúčastněnými školami byla zastoupena gymnázia, obchodní akademie a průmyslová škola.

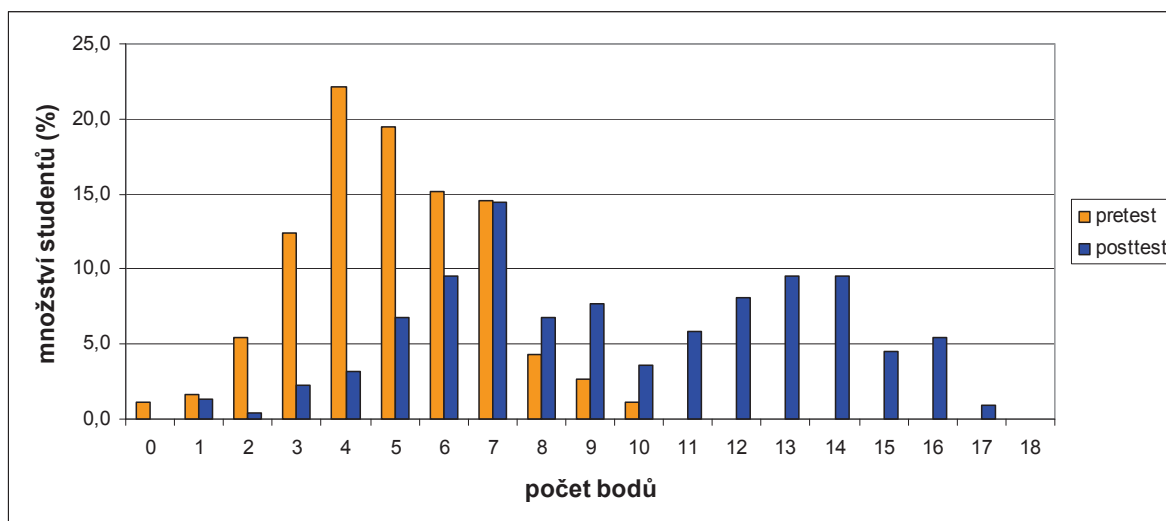
Bohužel vzhledem k různě posunutým ŠVP nebylo možné zajistit, aby stejná skupina studentů absolvovala nejdříve pretest a po probrání tematického celku posttest. Většina studentů se tak účastnila buď pretestu nebo posttestu, ale ne obou. Toto se může částečně projevit na výsledcích (zisk je počítán z úspěšností různých studentů). Na druhou stranu, základní zjištění, jaké jsou konceptuální představy a typické miskoncepce studentů škol zapojených do projektu, příliš ovlivněno nebude, protože se testování účastnili sice jiní studenti, ale stejné školy a „typické třídy“ na těchto školách.

## 6.4 První výsledky

Vzhledem k různým školním vzdělávacím plánům bude testování probíhat i během podzimu 2012. Zde jsou proto uvedeny pouze první výsledky dosažené výše zmíněnými studenty.

V následujících dvou grafech jsou zobrazeny výsledky pro celý test, podrobnější rozbor typických miskonceptů se pak věnuje pouze otázkám 1–12 navázaným na modul „*Náboje, proudy a elektrické obvody*“.

Graf na obrázku 6.1 ukazuje dosažené bodové skóre studentů v pretestu a posttestu. Nejvyšší dosažený počet bodů byl v pretestu 10, v posttestu 17 (z 18 možných). Modus výsledků studentů (tj. počet bodů dosažených největším počtem studentů) v pretestu byl 4 body (četnost 22,2 %). Výsledky posttestu mají píky dva – 7 bodů (četnost 14,5 %) a 13 resp. 14 bodů (četnosti pro obě hodnoty jsou 9,5 %).



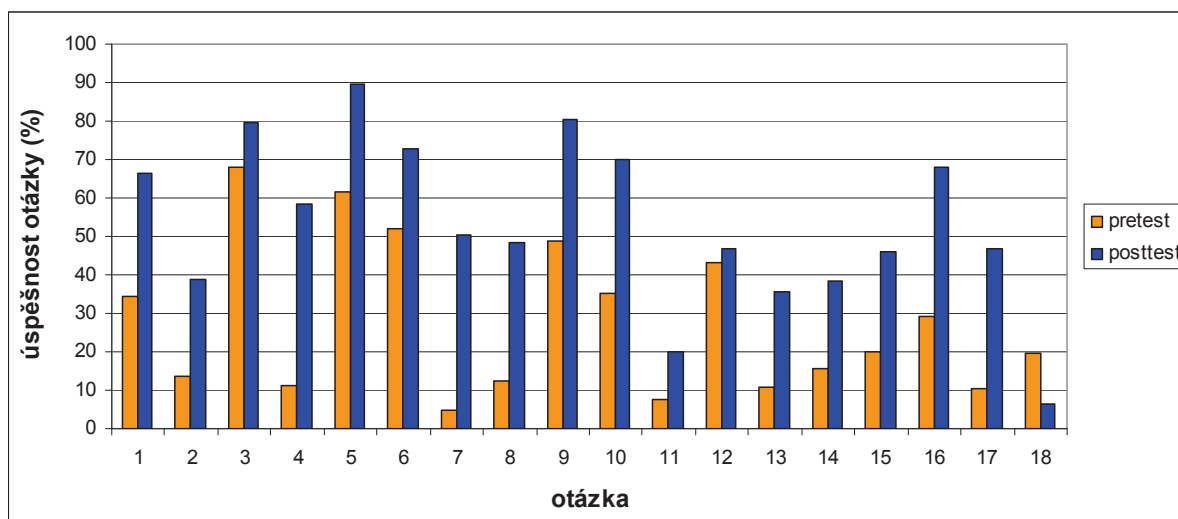
Obr. 6.1. Úspěšnost studentů v pretestu a posttestu.

Průměrná úspěšnost všech testovaných studentů byla v pretestu 27,6 %, v posttestu pak 53,5 %.

## 6.5 Položková analýza testu

### 6.5.1 Obtížnost testu

V grafu na obr. 6.2 je srovnání úspěšnosti studentů po jednotlivých otázkách v pretestu a posttestu.



Obr. 6.2. Úspěšnost jednotlivých otázek testu.

Poznámka: Úspěšnost otázky bývá v některých publikacích nazývána také *index obtížnosti*  $P_i$  (viz např. [6.4]). Za velmi obtížné jsou pokládány otázky s  $P_i < 20\%$ , velmi snadné jsou naopak položky, pro které je  $P_i > 80\%$ . Z grafu je vidět, že většina otázek v posttestu má index obtížnosti

mezi 20 a 80 %, výjimkou jsou (v části týkající se elektrického pole) otázky č. 5 a 9, které jsou spíše lehčí.

### 6.5.2 Citlivost otázek

Citlivost popisuje, nakolik daná testová otázka rozlišuje mezi „lepšími“ a „horšími“ studenty. Řečeno jinými slovy, testová otázka je považována za vysoce citlivou, pokud ji studenti s lepšími vědomostmi řeší úspěšněji než studenti s horšími vědomostmi. Koeficient citlivosti (nazývaný také koeficient ULI) je počítán dle vztahu

$$d_i = \frac{n_{L,i} - n_{H,i}}{0,5n},$$

kde  $d_i$  je koeficient citlivosti  $i$ -té otázky,  $n_{L,i}$  je počet studentů lepší poloviny, kteří odpověděli danou otázkou správně, a  $n_{H,i}$  je počet studentů horší poloviny, kteří odpověděli danou otázkou správně;  $n$  je počet všech studentů.

U výše zmíněného koeficientu ULI se požaduje, aby v případě otázek s indexem obtížnosti mezi 30 % a 70 % bylo  $d_i$  alespoň 0,25, u otázek s indexem obtížnosti 20 % až 30 % resp. 70 % až 80 % alespoň 0,15 (podrobněji o koeficientu ULI viz [6.4]).

Koeficienty citlivosti pro jednotlivé položky posttestu jsou vidět v tabulce 6.1.

Tab. 6.1. Koeficienty citlivosti jednotlivých úloh testu.

č. otázky	citlivost $d_i$	obtížnost $P_i$
1	0,39	66,5
2	0,45	38,9
3	0,24	79,6
4	0,59	58,4
5	0,05	89,6
6	0,23	72,9
7	0,81	50,2
8	0,68	48,4
9	0,29	80,5
10	0,43	70,1
11	0,13	19,9
12	-0,01	46,6

Z tabulky 6.1 je vidět, že z hlediska citlivosti jsou problematické otázky č. 5, 11 a 12. Tyto otázky jsou podrobněji rozebrány dále.

### 6.5.3 Zisk

Kromě obtížnosti a citlivosti dané otázky je také podstatné, nakolik se zvedne úspěšnost jejího zodpovězení mezi pretestem a posttestem. Jinak řečeno, nakolik výuka příslušného tematického celku přispěla k lepšímu pochopení konceptu, který testuje daná otázka. Kvantitativně je tento rozdíl úspěšnosti obsažen v následující tabulce, která obsahuje pro všechny otázky úspěšnost v pretestu a posttestu a „zisk“, který popisuje, o kolik se úspěšnost odpovědí na danou otázku zvedla. Zisk je počítán dle vztahu

$$\text{Zisk} = \frac{\text{posttest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100 - \text{pretest}(\%)}$$

(viz např. [6.3]).

Tab. 6.2. Zisk v jednotlivých otázkách testu.

č. otázky	úspěšnost otázky (%)		zisk
	pretest	posttest	
1	34,6	66,5	0,49
2	13,5	38,9	0,29
3	68,1	79,6	0,36
4	11,4	58,4	0,53
5	61,6	89,6	0,73
6	51,9	72,9	0,44
7	4,9	50,2	0,48
8	12,4	48,4	0,41
9	48,6	80,5	0,62
10	35,1	70,1	0,54
11	7,6	19,9	0,13
12	43,2	46,6	0,06

## 6.6 Co výsledky říkají o znalostech a představách testovaných studentů?

Úspěšnost v pretestu okolo 25 % (což znamená získání 4–5 bodů) odpovídá tomu, že studenti odpovědi náhodně natipovali. Výsledek 27,6 % v pretestu pak ale nepřekvapí – test je koncipován jako středoškolský, studenti absolvující pretest se s některými testovanými problémy a pojmy ještě nesetkali.

O čem vypovídá úspěšnost 53,5 % českých středoškolských studentů v posttestu?<sup>42</sup> Stojí za to, srovnat ji s úspěšností podobných testů v jiných zemích. Úspěšnost amerických *vysokoškolských* studentů ve světově uznávaném CSEM (viz [6.3]) se pohybuje mezi 44 a 47 % na běžné VŠ resp.

<sup>42</sup> Jak již bylo uvedeno výše, diskutujeme zde první výsledky dané verze testu KTEM. Navíc jde o testování na několika pražských školách, nikoli na reprezentativním vzorku středoškoláků. I s vědomím těchto omezení však mají zde uvedené výsledky svou vypovídací hodnotu.

okolo 70 % na technické VŠ. Stejný test zadávaný v jiných zemích měl podobné výsledky – například úspěšnost chorvatských studentů byla 48 %<sup>43</sup>. Již z toho je jasné, že v testu rozhodně nelze očekávat stoprocentní úspěšnost a v daném srovnání naši středoškolští studenti nedopadli nijak špatně.

Stejně tak nelze očekávat výrazně větší procentuální zisk. Rozumný (a ve světě běžně dosahovaný) zisk je okolo 30–40 %<sup>44</sup>. Výrazně menší zisk (tj. výrazně menší nárůst úspěšnosti v posttestu) může znamenat zaměření výuky na znalosti, ale ne tolik na pochopení. Studenti tak sice mohou dosahovat dobrých výsledků v klasičtějších testech, ale je větší pravděpodobnost, že si získané znalosti udrží jen kratší dobu. Stejně tak si takoví studenti často ponechají své špatné představy – extrémním důsledkem pak mohou být vysokoškolští studenti, kteří sice řeší např. Maxwellovy rovnice, ale současně se bojí dotknout ploché baterie 4,5 V, protože mají strach, že je „kopne“.

## 6.7 Rozbor některých otázek

V následující tabulce jsou četnosti jednotlivých odpovědí v posttestu. Správná odpověď je u každé otázky vyznačena tučně a zeleně podbarvena. Pokud se u otázky často vyskytovala některá špatná možnost, je taková odpověď podbarvena oranžově a podrobněji rozebrána dále.

Všechny otázky obsahovaly pět možností na výběr, výjimkou je otázka č. 5, ve které studenti doplňovali znaménka nábojů a otázka č. 11, která obsahovala 6 možností.

**Tab. 6.3. Četnosti jednotlivých odpovědí v posttestu. Zeleně jsou vyznačeny správné odpovědi, oranžově některé typické miskoncepce.**

četnost odpovědi	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	E (%)	F (%)	prázdné (%)
č. otázky							
1	0,0	<b>66,5</b>	19,9	9,5	1,8		2,3
2	<b>38,9</b>	5,0	3,6	3,2	<b>47,5</b>		1,8
3	7,7	3,6	<b>79,6</b>	6,8	0,9		1,4
4	<b>58,4</b>	<b>33,0</b>	3,6	1,4	1,8		1,8
5	otevřená otázka s krátkou odpovědí						
6	15,4	<b>72,9</b>	0,5	1,8	9,0		0,5
7	7,2	7,2	1,8	<b>33,5</b>	<b>50,2</b>		0,0
8	4,1	3,6	<b>48,4</b>	3,2	<b>38,9</b>		1,8
9	6,3	7,2	<b>80,5</b>	3,6	1,8		0,5
10	5,4	12,7	7,7	<b>70,1</b>	1,8		2,3
11	11,8	<b>29,4</b>	9,5	11,8	<b>20,4</b>	13,1	4,1
12	<b>29,4</b>	<b>46,6</b>	12,7	7,2	3,2		0,9

<sup>43</sup> Viz Planinic M.: *Assessment of difficulties of some conceptual areas from electricity and magnetism using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism*. Am. J. Phys. 74 (12), December 2006.

<sup>44</sup> V kurzech zaměřených na konceptuální pochopení.



V dalším textu jsou uvedeny a okomentovány některé otázky. Vybrány byly takové, ve kterých studenti často chybovali a kde se objevily některé typické miskoncepce, či ve kterých byly výsledky studentů zajímavé něčím dalším.

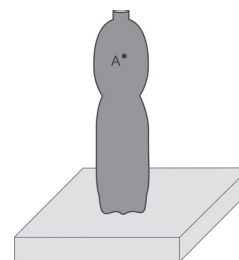
### 6.7.1 Otázka č. 2

#### Zadání:

Prázdná otevřená nenabitá PET láhev je umístěna na izolační podložce. V jednu chvíli je do místa A na jejím vnějším povrchu přivedeno malé množství náboje.

Budeme-li po náboji pátrat o několik sekund později, zjistíme, že:

- všechny přivedený náboj zůstal poblíž místa A.
- přivedený náboj se rovnoměrně rozložil na vnějším povrchu PET lahve.
- přivedený náboj se rovnoměrně rozložil na vnějším i vnitřním povrchu PET lahve.
- část náboje se rozprostřela po celém povrchu PET lahve, ale většina ho zůstala v místě A.
- nezjistíme žádný náboj.



#### Správná odpověď:

- všechny přivedený náboj zůstal poblíž místa A

#### Častá špatná odpověď:

- nezjistíme žádný náboj

#### Komentář:

Otázka navazuje na předchozí otázku č. 1, ve které je náboj umístěn na vnější povrch plechovky. Jak je vidět z tabulek 6.2 a 6.3, s chováním náboje, který je umístěn na vodivé plechovce, většina studentů problém neměla. O to překvapivější může být výsledek druhé otázky – nemalá část studentů má představu, že na plastu (tj. izolantu, nevodiči) se náboj neudrží, a to i přesto, že plechovku či elektroskop obvykle stavíme na polystyrénovou podložku, aby se náboj nevybíjel do země.

Ve školách se však studenti s plechovkou (či jiným kovovým povrchem – např. elektroskopem), na které náboj nějakou dobu je, setkávají při probírání elektrostatiky běžně. S nábojem na PET lahvi (resp. s nábojem na plastovém povrchu obecně, nepočítáme-li novodurovou tyč, ze které náboj velmi rychle přeneseme na kovový povrch) jen velmi zřídka.

### 6.7.2 Otázky č. 3 a 4

#### Zadání:

Dvě malé kuličky, každá s celkovým nábojem  $+Q$ , na sebe vzájemně působí silou o velikosti  $F$ .



Jednu z těchto kuliček nahradíme jinou, jejíž celkový náboj je  $+3Q$ .



3) Původní velikost síly, která působila na kuličku s nábojem  $+Q$ , byla  $F$ . Jaká je velikost síly, která na kuličku s nábojem  $+Q$  působí nyní?

- a)  $F/3$     b)  $F$     c)  $3F$     d)  $9F$     e) jiná možnost

Místo kuličky s nábojem  $+3Q$  použijeme znovu kuličku s nábojem  $+Q$ . Kuličky posuneme tak, aby byly dvakrát dále, než byly původně.



4) Jak velká síla bude nyní působit na levou kuličku?

- a)  $F/4$     b)  $F/2$     c)  $F$     d)  $4F$     e) jiná možnost

#### Správné odpovědi:

Otázka 3: c)  $3F$

Otázka 4: a)  $F/4$

#### Častá špatná odpověď u otázky č. 4:

b) poloviční síla

#### Komentář:

Obě úlohy testují porozumění Coulombovu zákonu – v úloze č. 3 mají studenti určit výslednou sílu při změně náboje jedné z kuliček, v následující úloze pak určují sílu, pokud se zvětší vzdálenost obou kuliček na dvojnásobek.

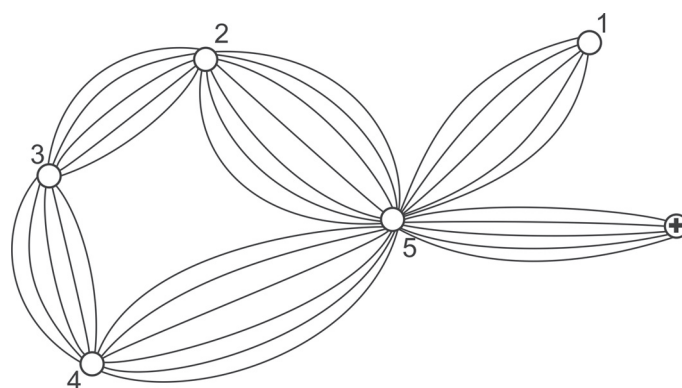
S úlohou č. 3 mělo problém minimum studentů, u úlohy č. 4 si však velká část studentů neuvědomila, že závislost síly na vzdálenosti není v tomto případě nepřímá úměrnost, ale že síla klesá s druhou mocninou vzdálenosti. Podobný problém se ukázal i u otázky č. 7 (viz dále část 6.7.4).

### 6.7.3 Otázka č. 5

Úloha se z celého testu vymykala tím, že v pilotním testování byla položena jako otevřená s krátkou odpovědí.

#### Zadání:

Na obrázku jsou naznačeny nabité kuličky a některé elektrické siločáry mezi nimi. Náboje všech kuliček mají stejnou velikost, ale liší se znaménkem.



Znaménko jednoho z nábojů je na obrázku vyznačeno. Doplňte do odpovědní karty znaménka ostatních nábojů (označených 1-5).

1..... 2..... 3..... 4..... 5.....

#### Komentář:

Úloha byla pro naprostou většinu studentů velmi jednoduchá, správně ji zodpovědělo 205 z testovaných 221 studentů. I přesto má však v testu své místo, navazuje na ni otázka týkající se síly působící na testovací náboj umístěný mezi takto rozložené náboje. Jak je vidět z tabulky 6.2, s navazující otázkou už někteří studenti problémy měli.

Do finální podoby testu bude otázka naformulována jako uzavřená.

### 6.7.4 Otázky č. 7 a 8

#### Zadání:

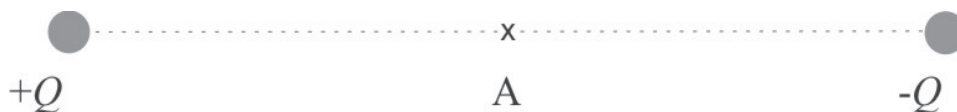
Na obrázku zachyceném níže je znázorněn vektor elektrické intenzity v určité vzdálenosti (v bodě označeném A) od kladně nabitě kuličky.



7) Jaký bude vektor elektrické intenzity v místě označeném B (uprostřed mezi nabitou kuličkou a bodem A)?

- a) Stejně velký
- b) Dvakrát menší
- c) Čtyřikrát menší
- d) Dvakrát větší
- e) Čtyřikrát větší

8) Jaký bude vektor elektrické intenzity v původním bodě (označeném A) po přidání opačně nabitě kuličky do takového místa, že bod A je přesně uprostřed mezi oběma kuličkami?



- a)
- b)
- c)
- d)
- e) intenzita je nulová

#### Správné odpovědi:

Otázka 7: e) čtyřikrát větší

Otázka 8: c)

#### Časté špatné odpovědi:

Otázka 7: d) Intenzita je dvakrát větší.

Otázka 8: e) Intenzita je nulová.

## Komentář:

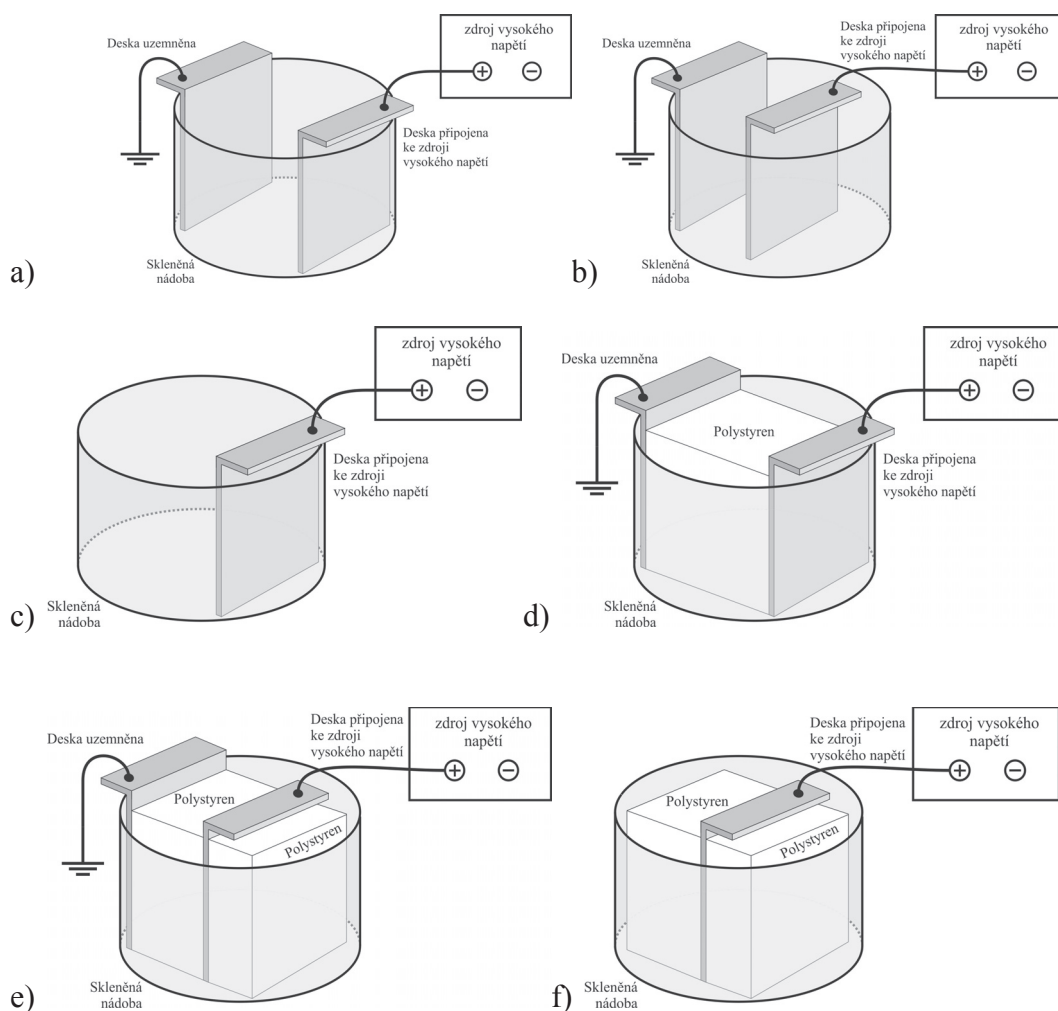
Miskoncepce u otázky č. 7 je podobná jako u výše zmíněné otázky č. 4 – studenti si neuvědomili, že elektrická intenzita klesá s druhou mocninou vzdálenosti.

Špatná představa u osmé otázky by se dala slovy studentů popsat „bod je uprostřed mezi dvěma náboji, takže se pole odečtou“. Studenti si však neuvědomili, že oba náboje mají opačné znaménko, elektrické intenzity se tak naopak sečtou.

## 6.7.5 Otázka č. 11

### Zadání:

Všechny desky na obrázcích jsou připojeny ke stejnému zdroji vysokého napětí.  
Ve kterém uspořádání je na desce připojené ke zdroji napětí největší elektrický náboj?



### Správná odpověď:

e) (menší vzdálenost elektrod, dielektrikum mezi nimi)

### Častá špatná odpověď:

Největší náboj je na desce na obrázku b).

### Komentář:

Otázka obsahuje několik netradičních (a pro studenty poměrně náročných) prvků. Sice se týká kondenzátoru, ale v zadání je dotaz na náboj, ne na kapacitu. Student si tak musí uvědomit vztah mezi nábojem, napětím a kapacitou. Navíc je kondenzátor znázorněn pro většinu studentů neznámým způsobem – při výuce se běžně setkávají buď s kapacitou jednoho tělesa (obvykle koule) nebo s kapacitou kondenzátoru (sice tvořeného dvěma deskami, ale ne v tomto uspořádání). Navíc jsou zde studenti nuceni porovnávat kapacitu kondenzátoru s dielektrikem a bez něj.

Na rozdíl od většiny otázek, kde je jasně daná nejčastější špatná odpověď, zde se zdá, že studenti odpověď spíše tipovali. Stejně tak byla tato otázka nejčastěji vynechávána.

Do konečné podoby testu bude upraveno zadání otázky tak, aby bylo pro studenty srozumitelnější (ale současně bude zachována větší myšlenková náročnost)<sup>45</sup>. Současně bude ubrán jeden distraktor.

### 6.7.6 Otázka č. 12

#### Zadání:

Kondenzátor s kapacitou  $C$  je nabitý a je na něm napětí  $U$ . Paralelně k němu připojíme druhý kondenzátor o stejné kapacitě, který ale není nabitý. Jak se změní napětí na původně nabitém kondenzátoru?

- a) Zůstane stejné
- b) Zmenší se dvakrát
- c) Zvětší se dvakrát
- d) Klesne na nulu
- e) Jiná možnost

#### Správná odpověď:

b) zmenší se dvakrát

#### Častá špatná odpověď:

a) zůstane stejné

---

<sup>45</sup> Zároveň bude zadání precizováno tak, aby byla vyloučena možnost, že uzemněn je + pól zdroje. Během pilotního testování se ale neobjevily žádné připomínky, že by někdo chápal situaci jinak než že na + pólu je opravdu vysoké napětí oproti zemi.

## Komentář:

Úloha testuje porozumění základnímu vztahu mezi kapacitou, nábojem a napětím. Student by si měl uvědomit, že pokud zapojíme druhý kondenzátor paralelně, kapacity se sčítají. Vzhledem k tomu, že náboj na obou kondenzátorech zůstává stejný, musí napětí klesnout na polovinu.

Častá miskoncepce možná reaguje na informaci, kterou mají studenti uloženou hluboko v paměti už ze základní školy – „napětí paralelně je stejné“. Bohužel se zdá, že mají uloženou pouze poučku bez informace o tom, co tato poučka znamená a kdy je v platnosti.

Na otázku č. 12 částečně navazují experimenty v kapitole 3.4 v příručce „*Náboje, proudy a elektrické obvody*“ [1.1].

## 6.8 Budoucnost testu KTEM

Miskoncepce, které byly zmíněny v kapitole 6.7, jsou poměrně běžné a často se vyskytují i u studentů v jiných zemích. Přesto je užitečné o nic vědět a snažit se je u svých studentů odbourávat. Ke zjištění, jaké miskoncepce (ať už z výše zmíněných nebo i dalších) má konkrétní skupina studentů, může pomoci i KTEM.

Vzhledem k tomu, že se nyní jednalo o pilotní testování, bude test v nejbližší době upraven tak, aby byly odstraněny drobné nedostatky a problémy, které byly zjištěny při pilotním testování. Výsledný test tak bude mít pouze uzavřené otázky, každou s pěti možnými odpověďmi. Otázka č. 11 bude přeformulována tak, aby byla pro studenty srozumitelnější, v otázce č. 13 bude upravena nejednoznačnost v zadání.

Finální podoba testu bude k dispozici učitelům zapojeným do projektu. Těm pak bude moci sloužit jako pomocný diagnostický nástroj pro potřebu jejich výuky. Současně bude test na vyžádání k dispozici i dalším zájemcům z řad učitelů fyziky.

Vzhledem k tomu, že učitelé zapojení do projektu projevovali o testování a výsledky svých studentů zájem, bylo by v budoucnu užitečné udělat širší testování nejen pražských studentů a v širším výhledu připravit pro učitele obdobné testy i z dalších oblastí nejen elektřiny a magnetismu.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Tyto záměry ovšem jdou již nad rámec projektu, jemuž je věnována tato publikace. Spolu s dalším vývojem pokusů podporující aktivní výuku fyziky a příslušných metodických materiálů by však na daný projekt a podobné aktivity přirozeně navazovaly.



## 7. Co nabízejí příručky modulu Fyzika projektu Přírodní vědy a matematika na SŠ

Čtyři příručky [1.1] až [1.4] pokrývají vybrané části tematického celku elektřina a magnetismus, s přesahem do oblasti elektromagnetického záření. V souladu se zaměřením projektu nabízejí zejména pokusy, které se dají využít pro aktivní práci žáků, pro rozvoj jejich fyzikálního myšlení a pochopení příslušných jevů a pojmů. Jak jsme už naznačili výše, samotné sledování nebo provedení pokusu automaticky pochopení nezaručí. Může však „nastartovat“ diskusi, úvahu a přemýšlení o daných problémech. Věříme, že pro učitele fyziky budou příručky dobrým zdrojem podnětů a inspirace, čím takovou diskusi iniciovat, jak ji vést, na co se ptát, které problémy řešit.

Z uvedených důvodů nejsou příručky jen seznamem pokusů a neobsahují jen základní návody k jejich provedení. Komentují i metodiku jejich užití, navrhují řadu otázek, které lze v souvislosti s pokusy položit, často obsahují poměrně podrobný rozbor pokusů. Snahou autorů bylo upozornit i na mnohé technické aspekty, které jsou při provádění pokusů a měření důležité, protože i zde často platí staré rčení, že „d'ábel se skrývá v detailech“ – a je proto dobré vědět o různých drobnostech, které mají vliv na úspěšný výsledek experimentů. Věříme, že učitelům přitom pomohou i některé další materiály na CD, které jsou součástí příruček.

Příručka [1.1] *Náboje, proudy a elektrické obvody* nabízí 36 pokusů (19 se týká nábojů a elektrického pole, 17 elektrického proudu a elektrických obvodů). Jsou zde uvedeny jak kvalitativní pokusy s velmi jednoduchými pomůckami, tak některá jednodušší měření, až po měření využívající drahá zařízení od renomovaných světových firem vyrábějících školní pomůcky. Protože takové pomůcky jsou zřejmě nedostupné na většině škol, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze nabízí učitelům a jejich žákům a studentům možnost přijít si dané pokusy a měření prakticky provést v **Interaktivní fyzikální laboratoři pro středoškoly** (IFL), viz [7.1].<sup>47</sup> Nejde o žádné virtuální či vzdálené měření (i když přínos například vzdálených laboratoří nijak nezpochybňujeme), ale o reálné experimenty, v nichž si žáci a studenti na daných aparaturách příslušné jevy a závislosti na místě skutečně proměří.

Vedle několika zmíněných náročnějších experimentů ovšem daná příručka seznamuje s řadou pokusů jednoduchých, které jsou finančně a časově nenáročné a lze je realizovat i na těch školách, jejichž kabinety pomůckami zrovna neoplývají.

Příručka [1.2] *Střídavé proudy* je věnována oblasti fyziky, kterou každodenně využívá každý z nás – pokud není zcela mimo civilizaci nebo nesvítí jen svíčkou či petrolejkou. Rozsáhle se věnuje problematice výkonu a práce v obvodech se střídavými proudy. Tuto problematiku ilustruje a objasňuje pomocí řady podrobně komentovaných pokusů. Pokusy umožňují názorně vidět časové průběhy napětí, proudu a výkonu pomocí osciloskopu nebo systému Labquest pro

---

<sup>47</sup> Tato možnost se netýká jen oblasti elektrických nábojů a proudů, ale zahrnuje samozřejmě i další oblasti fyziky.

měření s využitím počítače. Těm, kdo s osciloskopem mají menší zkušenosti, příručka nabízí i kapitolu prakticky seznamující s jeho využitím. Pro mnoho čtenářů však možná nejvíce nových a prakticky velmi důležitých informací přinese kapitola „Střídavé proudy kolem nás“ informující o problematice elektrických rozvodů (těch, co je máme v každé domácnosti). Znalosti z této oblasti jsou totiž klíčové, když jde o otázky bezpečnosti v užívání elektrických zařízení.

Příručka [1.3] ***Polovodiče a jejich aplikace*** seznamuje s vlastnostmi, chováním a některými základními zapojeními polovodičových prvků: svítivých diod, usměrňovacích a Zenerových diod, tranzistorů a ve stručnosti i některých dalších prvků (fotorezistorů, termistorů, tranzistorů řízených polem, fototranzistorů a Halloových sond). V příručce nejde o výklad PN přechodů, pásovou strukturu látek apod., od toho jsou jiné knihy a učebnice. Zato v ní najdete mnoho praktických rad, jak s polovodičovými součástkami pracovat, kde je sehnat a jak lehce vytvořit několik velmi jednoduchých praktických konstrukcí a zapojení využitelných ve výuce. Tyto konstrukce sice nejsou tak „nablýskané“ jako fyzikální pomůcky od profesionálních výrobců a dodavatelů, cenově však vyjdou doslova na pár korun a na mnoha kurzech již bylo ověřeno, že si je učitelé dokážou rychle a jednoduše vyrobit sami – a že je samotné takováto vlastní tvorba velice zaujme, baví a přináší radost, když výsledné zapojení funguje.

Příručka [1.4] ***Elektromagnetické záření*** se do velké míry věnuje experimentům a měřením, které pro učitele a žáky nabízí Interaktivní fyzikální laboratoř MFF UK zmíněná výše. Mezi nimi jsou i takové „lahůdky“ jako měření rychlosti světla (reálným měřením času, který světlo potřebuje, aby prošlo dráhu několika metrů), Michelsonův interferometr s mikrovlnným zářením nebo měření Planckovy konstanty pomocí fotoelektrického jevu. Zahrnuta je ale i řada dalších pokusů, od úvodního seznámení s vlastnostmi vlnění, ať už pomocí vlnostroje či bez něj, přes pokusy s mikrovlnami, prohlížení a měření spekter až po „hrátky s infračerveným zářením“. Mnohé z pokusů nejsou vázány jen na aparatury dostupné v IFL, ale lze je realizovat i v běžné výuce na školách.

Poznamenejme, že výše uvedené tematické celky samozřejmě nejsou striktně oddělené. Je mezi nimi řada souvislostí a návazností. Ostatně, tato témata jistě jsou, alespoň do jisté míry, vzájemně propojována a provazována i při výuce fyziky na středních školách. Někdy je takové provázání naprosto samozřejmé. Třeba Ohmův zákon se přirozeně využívá jak v elektrických obvodech, tak v oblasti střídavých proudů a při návrhu či rozboru obvodů s polovodiči. Matematický popis střídavých proudů má zase hodně blízko k popisu vlnění – a střídavým proudem vysoké frekvence jsou napájeny třeba Lecherovy dráty (pokusy s Lecherovými dráty ilustrující vlastnosti elektromagnetických vln najdete v [1.4].) Jeden z dalších příkladů ilustrujících možná propojení témat a pokusů z jednotlivých příruček ukážeme v následující kapitole.

## 8. Propojujeme obsah příruček.

### (Příklad: počítač využitý jako osciloskop)

V příručce [1.2] *Střídavé proudy* je zdůrazňováno, jak užitečnou pomůckou při pokusech a měřeních se střídavými proudy je osciloskop. Co když ale osciloskop ve fyzikálním kabinetu ve škole chybí nebo je starý či nefunkční? Případně tak obtížně ovladatelný, že se jej učitelé zdráhají ve výuce použít?

Dnes jde samozřejmě osciloskop v řadě případů nahradit některým ze systémů pro měření s využitím počítače (například ISES, Pasco nebo Vernier). Výhodou je v tomto případě možnost promítat změřené časové průběhy diaprojektorem, takže je dobře vidí celá třída. Navíc je plusem možnost okamžitého zpracování naměřených dat. Ale ani tato technika nemusí být ještě na všech školách dostupná. Co si počít v takovém případě?

V některých případech lze místo osciloskopu či měřicího systému užít zcela běžný počítač či notebook se zvukovou kartou. Vhodný software dokáže z takového počítače udělat osciloskop. Funguje sice jen pro frekvence zhruba v rozsahu slyšitelných kmitočtů, tj. asi 20 Hz až 20 kHz.<sup>48</sup>, což ale pro řadu pokusů bohatě stačí. A navíc, některým zájemcům z řad žáků to případně umožní provést si příslušné pokusy třeba doma. (Přece jen asi víc rodin má dnes doma počítač, než osciloskop.)

Programů, které z počítače dělají osciloskop, je k dispozici více. Osvědčeným a dobrým programem, který lze doporučit, je **Soundcard Scope** autora Christiana Zeitnitze (viz webovou stránku [8.1], odkud lze tento program také stáhnout). Program není freeware, ale autor jej uvolnil *zdarma pro soukromé a výukové účely*.<sup>49</sup> Soundcard Scope je již vyzrálý program. První verze pochází z roku 2005 a autor jej od té doby stále vylepšuje; přibližně jednou za rok se objevuje nová, mírně vylepšená verze.<sup>50</sup>

Návod jak pracovat s programem Soundcard Scope spolu s popisem některých pokusů publikoval jeden z autorů této publikace (L.D.) již před několika lety ve sborníku konference Dílny Heuréky, viz [8.2].<sup>51</sup> Následující text v této kapitole zčásti ze zmíněného příspěvku vychází. Stručně zde popíšeme základní ovládání programu (v aktuální verzi 1.40), budeme ilustrovat možnosti jeho využití na několika pokusech a uvedeme jedno až dvě jednoduchá zapojení umožňující ke zvukové kartě připojit i něco jiného než jen mikrofón.

A jak to souvisí s propojováním obsahu příruček? Využití v pokusech se střídavými proudy už zde bylo zmíněno. Vazba na elektrické obvody je jasná – a pokusy se střídavým proudem procházejícím kondenzátorem jsou i v [1.1]. Práce s polovodičovými prvky, popsána v [1.3] se

<sup>48</sup> Toto omezení je dáno frekvenčním rozsahem zvukové karty.

<sup>49</sup> Přesná citace dle webových stránek [8.1]: „The use of the software and of the documentation is granted free of charge for private and non-commercial use in educational institutions.“ Co více bychom mohli chtít?

<sup>50</sup> V době psaní této publikace je nejnovější verzí verze 1.40 z roku 2011.

<sup>51</sup> Pro pohodlí čtenářů je tento příspěvek přiložen na doprovodném CD k této publikaci.

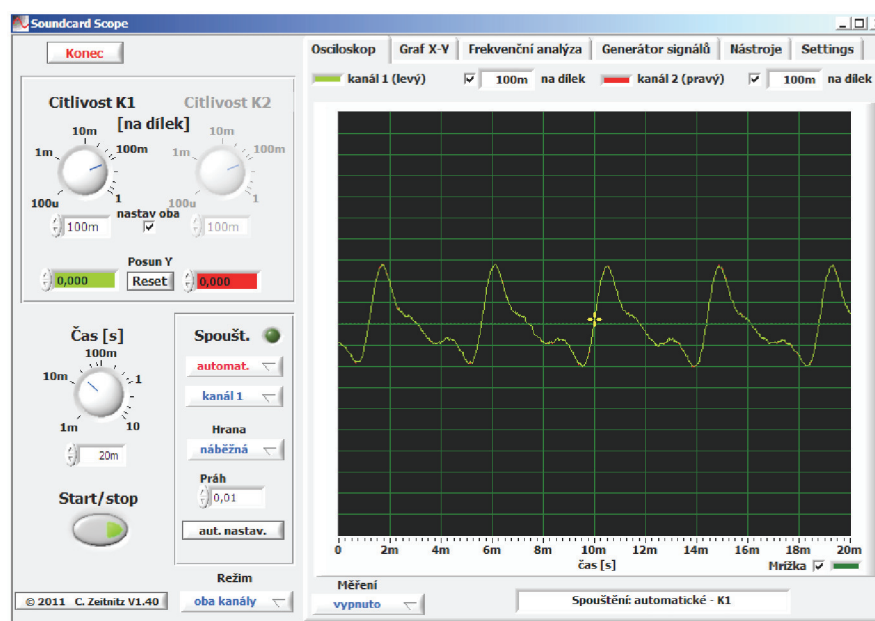
nám bude hodit při připojování např. fototranzistoru na vstup zvukové karty. (Práce s páječkou se navíc hodí i při připojování velmi levného mikrofону.) A zmíněným fototranzistorem můžeme detekovat viditelné i infračervené záření, čímž jsme již jednoznačně v tematické oblasti, jíž se týká příručka [1.4].

Pojďme se ale již raději podívat, jak s „osciloskopem v počítači“ pracovat.

## 8.1 Základní práce s programem Soundcard Scope

Program se po stažení z webu instaluje zcela standardním způsobem. Od verze 1.30 ho lze přepnout na ovládání v češtině.<sup>52</sup> Před vlastní prací s programem je vhodné upozornit na jednu drobnou zvláštnost týkající se jeho vypínání: Slouží k tomu tlačítko Konec vlevo nahoře; běžně užívaný křížek v pravém horním rohu okna ani kombinace Alt+F4 nefungují. (Asi je autor nemá rád.)

Po zapnutí programu byste měli vidět okno s časovým průběhem signálu a základní nastavovací prvky osciloskopu, jak to ukazuje obrázek 8.1.<sup>53</sup> Na rozdíl od některých dřívějších verzí lze již v současné verzi okno zvětšit tažením za roh či okraj nebo tlačítkem na zvětšení na celou obrazovku.



Obr. 8.1. Základní okno programu Soundcard Scope – zobrazení časového průběhu signálu.

Ověřit funkci programu je nejjednodušší zobrazením časového průběhu nějakého zvuku, snímaného mikrofónem – ať už půjde o mikrofón zabudovaný v notebooku nebo o externí

<sup>52</sup> Pokud se sám při prvním spuštění nezeptá na jazyk, v němž má komunikovat, nebo pokud omylem odkliknete základní možnost (komunikaci v angličtině), lze jazyk nastavit na „kartě“ Settings. Volba jazyka se projeví při příštím spuštění programu.

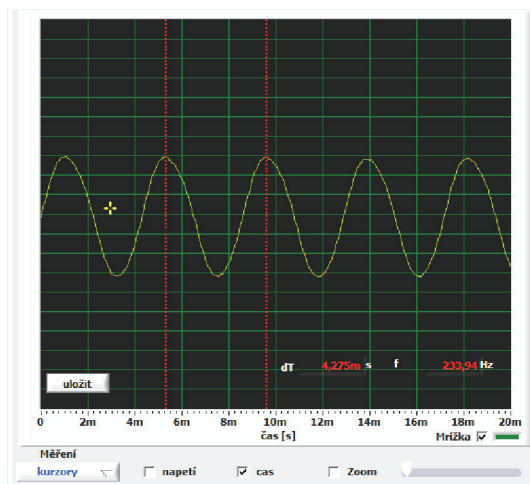
<sup>53</sup> Pravděpodobně ovšem neuvídíte právě ten průběh signálu, který je na obr. 8.1 zobrazen; ten odpovídá hláске „ó“ vyslovené resp. zazpívané jedním z autorů této publikace (L. D.).

mikrofon připojený do vstupu zvukové karty počítače. Pokud se průběh signálu nezobrazuje, zkuste následující možnosti:

- Přesvědčte se, že zobrazení signálu není pozastaveno. Šipka na tlačítku Start/stop v levém dolním rohu okna musí být jasně zelená.
- Přesvědčte se, že je mikrofon (resp. ten zdroj signálu, který právě používáte) vybrán jako vstup, z něhož zvuková karta bere signál. To se nastavuje v samotných Windows<sup>54</sup>. Abyste nemuseli příslušné nastavení hledat v „Ovládacích panelech“ Windows, nabízí Soundcard Scope na kartě Settings<sup>55</sup> možnost přímo otevřít nastavení vstupů a výstupů.
- Poslední možnost je až příliš triviální, ale z vlastní zkušenosti víme, že nervozita někdy dělá divy: Máte konektor od externího mikrofону opravdu zastrčen do správné zdířky?

Tlačítkem Start/stop můžete zobrazovaný signál pozastavit a prohlížet jej libovolně dlouho. Zkuste experimentovat s takto „zamrznutým“ signálem: měňte nastavení Citlivosti a Času – ať už otáčením příslušného knoflíku myši nebo klepáním (opět myši) na šipky vlevo od okének pod příslušnými knoflíky, nebo prostě tím, že do okének napíšete jinou hodnotu<sup>56</sup>. Tak se nejlépe seznámíte s významem a funkcí těchto nastavovacích prvků. Při nastavování času si všimněte, jak se současně mění časové údaje na spodním okraji okna se záznamem signálu.

Zaznamenaný signál nemusíme jen prohlížet, můžeme na něm provádět i měření. K tomu slouží tlačítko pod nápisem Měření uprostřed spodního okraje okna. Většinou asi využijeme možnost měřit délku časového intervalu, jak to ukazuje obrázek 8.2.



Obr. 8.2. Měření délky časového intervalu.

<sup>54</sup> Omlouváme se příznivcům jiných operačních systémů, zde popisujeme program fungující pod Windows. Věříme, že i pro vámi oblíbené a užívané operační systémy najdete vhodné volně dostupné programy, které z počítače dělají osciloskop. (Již krátké hledání na webu najde „osciloskopické“ programy pro Linux.)

<sup>55</sup> Při nastavení programu na češtinu je třeba někdy trochu zvětšit okno do šířky, aby příslušná záložka této karty byla vidět.

<sup>56</sup> Písmeno „m“ těsně za číslem znamená „mili“ (v případě času jde tedy o milisekundy) a musí za číslem být. (Lze také užít písmeno „u“, které je zde místo „mikro“.) Funguje ale též zadání hodnoty přímo v sekundách: Hodnotu „0,01“ program okamžitě změní na „10m“.

Na tomto místě nebudeme podrobněji popisovat ovládání programu Soundcard Scope – pro bližší popis odkazujeme na [8.2], pro obecné ovládání osciloskopu pak na kapitolu 2.2 příručky [1.2]. Krátce však upozorníme na další možnosti, které nabízí, i na omezení, které využití počítače jako osciloskopu přináší. Pak se podíváme na to, co a jak ke vstupu zvukové karty připojit a naznačíme některé pokusy, které to umožní provádět.

## 8.2 Další možnosti – a některá omezení

Program *Soundcard Scope* toho nabízí mnohem víc, než jsme dosud popsali, ba dokonce víc než v této kapitole vůbec můžeme popsat. (Blíže viz [8.2].) Zmiňme krátce alespoň dvě nejdůležitější:

- Pod záložkou Frekvenční analýza se skrývá zobrazení spektra signálu. Umožňuje měřit frekvence, vidět vyšší harmonické složky signálů a dokonce měřit harmonické zkreslení signálu (tedy poměr obsahu vyšších harmonických k amplitudě složky se základní frekvencí). Při zobrazování a měření spekter můžeme nastavovat rozsah frekvencí a na svislé ose volit zobrazení v lineární nebo logaritmické škále.<sup>57</sup>
- Záložka Generátor signálů nabízí dva nezávislé generátory signálu (jejich výstup jde do levého a pravého kanálu, tedy např. do levého a pravého reproduktoru). Průběh signálu lze zvolit sinusový, trojúhelníkový, obdélníkový a pilový, frekvenci signálu lze nastavovat s přesností na desetiny Hz.<sup>58</sup> Je zřejmé, že zde už máme k dispozici výrazně víc, než nabízí osciloskop.

A co **omezení**? Nesouvisí ani tolik se samotným programem *Soundcard Scope*, jako s faktem, že signál je v počítači zpracováván zvukovou kartou.

Program snímá hodnoty vstupního signálu asi 44-tisíckrát za sekundu.<sup>59</sup> Z toho plyne, že *Soundcard Scope*, nemůžeme použít pro zobrazování signálů o frekvenci vyšší, než asi 20 kHz. Podobné omezení je i na straně nízkých frekvencí. Na vstupu zvukové karty je kondenzátor<sup>60</sup>, který odděluje stejnosměrnou složku signálu. Pokud bychom tedy na vstup přivedli napětí, které by se skokově zvýšilo třeba na 0,1 V a už na této hodnotě setrvalo, v okně s časovým průběhem signálu uvidíme sice příslušný „zub“, ale pak se bude průběh vracet opět k nule. (Viz příspěvek [8.2] na doprovodném CD.) Při využití *Soundcard Scope* pro měření a demonstrace ve výuce s tímto jevem musíme počítat.

---

<sup>57</sup> Případně přímo v decibelech. To se může hodit při měření či zobrazování frekvenční charakteristiky například různých kombinací kondenzátorů a rezistorů.

<sup>58</sup> Lze také generovat bílý šum, tedy šumový signál, v němž jsou rovnoměrně zastoupeny všechny frekvence.

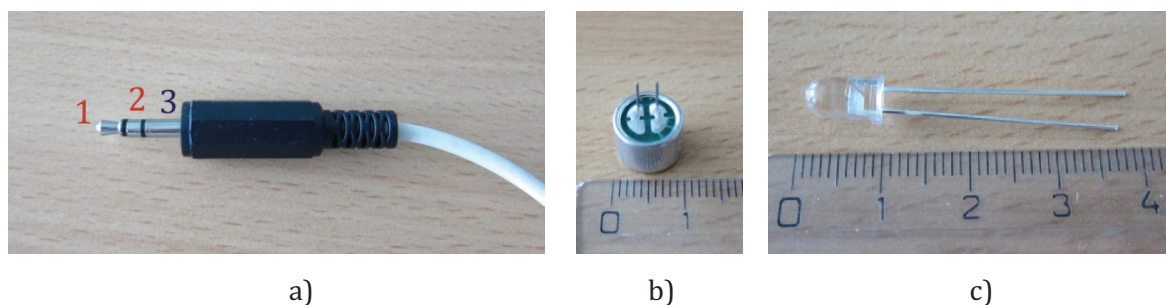
<sup>59</sup> Tento kmitočet se nazývá *vzorkovací frekvence*, přesně je 44100 Hz. Z teorie (viz [8.3]) plyne, že maximální frekvence signálu, který můžeme takto zpracovat, je polovinou vzorkovací frekvence, v daném případě tedy něco přes 20 kHz.

<sup>60</sup> Můžeme si představit, jako by kondenzátor byl zapojen mezi „živým kontaktem“ vstupního konektoru a vstupem zvukové karty.



### 8.3 Co lze připojit na vstup zvukové karty

Pro připojení k mikrofonnímu vstupu zvukové karty je samozřejmě nejjednodušší použít mikrofon, který se dá běžně koupit. Chceme-li ale například připojit malý mikrofon, který se dá strčit třeba do úzké trubky, musíme jej vhodným kablíkem připojit ke konektoru, který půjde do mikrofonního vstupu zapojit. Jde o konektor s kontakty o průměru 3,5 mm, běžně označovaný jako „jack“. Zapojení mikrofonních vstupů u různých počítačů a notebooků se může poněkud lišit. Co ale funguje prakticky vždy, je vodivě spojit v konektoru vývody připojené ke kontaktům 1 a 2 (viz obr. 8.3.a). Ty představují „živý“ pól a připojí se ke střední žíle stíněného kablíku. „Zem“, tedy stínění stíněného kablíku, spojíme s vývodem spojeným s kontaktem 3.<sup>61</sup>



Obr. 8.3. a) Konektor 3,5 mm a jeho kontakty, b) malý elektretový mikrofon, c) fototranzistor.

Co a jak lze připojit k mikrofonnímu vstupu zvukové karty?

#### Mikrofon

To je samozřejmě „nejklasičtější volba“, zmíněná už výše. Malé elektretové mikrofony lze dostat v prodejnách s elektronickými součástkami (odkazy viz příručku [1.3]) v cenách asi od 10 Kč. Díky malým rozměrům můžeme takový mikrofon strčit třeba do láhve nebo do úzké roury a poslouchat, které frekvence láhev nebo roura zvýrazňují. Vývod mikrofonu spojený s jeho pláštěm (na obr. 8.3.b je to vývod vpravo) spojíme se stíněním kablíku (tedy kontaktem 3 konektoru), druhý vývod (levý) se střední žílou stíněného kablíku, tedy se spojenými kontakty 1 a 2 konektoru. Mikrofon má v sobě zesilovač, ten je napájen přímo ze zvukové karty počítače.<sup>62</sup>

#### Fototranzistor

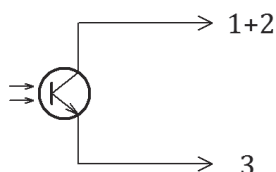
Kupodivu přesně stejně jako mikrofon lze k mikrofonnímu vstupu připojit fototranzistor. A není to o nic dražší, např. typ IRE5 stojí necelých 5 Kč. Pro daný typ (viz obr 8.3.c) spojíme delší vývod přes stínění kablíku s kontaktem 3 konektoru, kratší střední žílou s kontakty 1 a 2, viz

<sup>61</sup> S kterým kontaktem je spojen který vývod zjistíme ohmmetrem (multimetrem) nebo třeba pomocí baterie a žárovíčky. Žíly stíněného kablíku k vývodům konektoru připájíme. Někdy to jde i bez pájení. V prodejnách s elektronickými součástkami, případně i v prodejnách věnovaných audiotechnice, lze koupit stíněné kabely, které mají na obou koncích konektory 3,5 mm. Přeštípeme-li takový kabel v polovině a odstraníme z konců jednotlivých žil plastovou izolaci, získáme dva kabely s již zalisovanými konektory, někdy ještě levněji, než kdybychom kupovali konektory a stíněný kabel zvlášť. Kabel bývá dvojitý. Střední žíly jednotlivých kablíků spojíme (jsou spojeny s kontakty 1 a 2 konektoru, viz obr. 8.3.a), stínění také, to je spojeno s kontaktem 3 („zemí“).

<sup>62</sup> Napájení přes vhodný rezistor uvnitř zvukové karty bývá na kontaktu 2 konektoru.



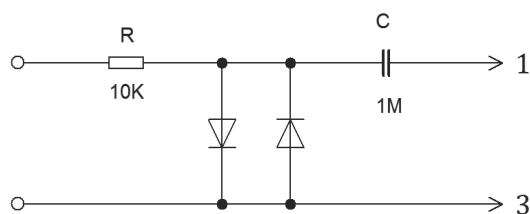
obrázek 8.4. (Pro jiný typ fototranzistoru můžeme správnou polaritu vyzkoušet nebo se podívat do dokumentace dané součástky – jak ji najít na internetu je popsáno v příručce [1.3].) Potřebné napájení fototranzistor dostává přímo z mikrofonního vstupu počítače, podobně jako tomu bylo u mikrofonu.<sup>63</sup>



Obr. 8.4. Připojení fototranzistoru k mikrofonnímu vstupu počítače.

### Jiné zdroje signálu

Ke vstupu zvukové karty lze připojit i jiné zdroje signálu, jejichž časový průběh nebo frekvenční spektrum chceme sledovat. Může jít například o jednoduchý oscilátor s tranzistorem nebo integrovaným obvodem. Nebo prostě o cívku, jejíž pomocí budeme zkoumat, zda se v ní indukuje napětí například v blízkosti síťové šňůry, jíž protéká proud ke stolní lampičce. Právě v případě cívky je ale na místě opatrnost. Co kdyby se v ní vlivem rychlé změny magnetického pole indukovala špička vysokého napětí? Poškodit zvukovou kartu například v notebooku připojením nějakého našeho experimentálního zařízení by bylo velmi nepříjemné. Jednoduchý obvod podle schématu na obr. 8.5. tomu zamezí. Polovodičové diody (může jít o běžné typy 1N4007) omezí napětí na vstupu do počítače na maximálně 0,6 až 0,9 V, přitom do vstupního napětí asi 0,2 V prakticky neovlivňují vstupní signál. Pro vyšší vstupní napětí je třeba napětí zmenšit pomocí odporového děliče nebo potenciometru. (Viz další informace na doprovodném CD.)



Obr. 8.5. Ochranný obvod se dvěma diodami omezí napětí na vstupu zvukové karty.

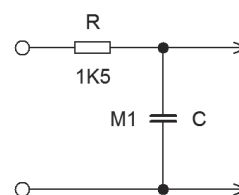
## 8.4 Náměty na využití ve fyzikálních pokusech

Řadu námětů na pokusy, zejména z oblasti akustiky, obsahuje příspěvek [8.2], další náměty najdete ve starším příspěvku [8.4]; oba jsou k dispozici na CD, které je součástí této publikace. V následujícím seznamu proto jen stručně naznačíme některé možnosti, jak počítač se zvukovou kartou a programem *Soundcard Scope* využít. (I některé, které nejsou uvedeny v [8.2] a [8.4].)

- Měření frekvence zvuku kmitajících tyčí, vzduchového sloupce v trubici (ať už otevřeně na obou koncích nebo na jednom konci zavřeně) či kmitů vzduchu v láhvi.

<sup>63</sup> Ač je to překvapující, toto nejjednodušší zapojení funguje velmi dobře.

- Měření rychlosti zvuku odrazem od překážky. (K měření je vhodné využít jednorázové spouštění záznamu signálu, viz popis v [8.2].)
- Demontrace časové proměnlivosti světla žárovek, zářivek a dalších zdrojů. Jako čidlo připojené ke zvukové kartě zde samozřejmě využijeme fototranzistor. (Můžeme jej umístit do trubičky z černého papíru, aby snímal světlo jen z určeného směru.) Zajímavé je namířit fototranzistor také na televizní obrazovku, monitor počítače, nebo světlo z optické myši. Signál můžeme kromě zobrazení na osciloskopu také poslouchat z reproduktoru počítače. Také světlo některých „čelovek“ (svícen využívajících LED) má výraznou střídavou složku.
- Fototranzistor detekuje i záření v blízké infračervené oblasti.<sup>64</sup> Reaguje tedy i na záření z běžných dálkových ovladačů na televize a podobné přístroje. V okně programu Soundcard Scope tedy můžeme vidět signál, který ovladač vyšle po stisku tlačítka. Lze tak demonstrovat šíření, ale například i odraz infračerveného záření.
- Pokud do napájení běžné nebo infračervené LED přimísíme střídavou složku (např. z výstupu MP3 přehrávače nebo signál z výstupu zvukové karty počítače, třeba buzený generátorem programu *Soundcard Scope*), můžeme záření dané LED snímat fototranzistorem a demonstrovat tak princip optického (nebo infračerveného) telefonu. Svítivou diodu a fototranzistor můžeme umístit do ohniska čoček, záření tak směřovat a zkoušet přenos na delší vzdálenosti.
- Připojíme-li vstup zvukové karty ke dvěma koncům napnutého drátu, drát rozkmitáme a z boku k němu přiblížíme magnet, snímá zvuková karta napětí, které se v kmitajícím drátu indukuje. (Blíže viz [8.4].)
- Velmi jednoduše lze demonstrovat průchod střídavého proudu kondenzátorem. Výstup z tónového generátoru – nebo ze zvukové karty, pokud využijeme generátoru programu *Soundcard Scope*, spojíme přes kondenzátor se vstupem zvukové karty. Na „počítačovém osciloskopu“ vidíme, že na vstup karty se střídavé napětí přes kondenzátor dostane.
- Podobně můžeme ukázat, jak kombinace rezistoru a kondenzátoru ovlivní průchod střídavého napětí různých frekvencí. Například RC filtr na obrázku vpravo potlačuje vyšší frekvence (s danými hodnotami součástek od asi 1 kHz). Při zvyšování frekvence signálu (např. od 1 do 10 kHz) bude na osciloskopu vidět, jak klesá amplituda na výstupu RC členu.



Podobných příkladů lze najít mnohem víc i pro dosud uvažovaný vstup jediného signálu. Má-li zvuková karta vašeho počítače možnost stereofonního (tedy dvoukanalového) vstupu, otevře to navíc řadu dalších možností.

<sup>64</sup> Ve skutečnosti jsou běžně užívané fototranzistory většinou nejcitlivější na záření v okolí vlnové délky 940 nm.

## 9. Jak dál: kde najít návody a náměty na další fyzikální pokusy a aktivní práci se žáky a studenty

Příručky [1.1] až [1.4] i další náměty v této publikaci samozřejmě mohly přinést jen část možných návodů a námětů na pokusy a na aktivní práci se žáky a studenty a zdaleka nevyčerpaly ani zvolenou tematickou oblast. Kde hledat další poučení a inspiraci?

Možných zdrojů je mnoho a ani zdaleka zde nemůžeme uvést všechny. Již klasická je například čtyřdílná řada *Pokusy z fyziky na střední škole 1-4* a další podobné publikace dostupné v nakladatelství Prometheus, viz [9.1], kde je na stránce „katalog“ přímo zvláštní položka Pokusy. Mnoho podnětů lze také nalézt v článcích v časopisech, které není nutno učitelům fyziky zvlášť představovat, jako jsou *Matematika, fyzika, informatika*, nebo *Školská fyzika* (nově vycházející od roku 2012 elektronicky na internetu), či *Rozhledy matematicko-fyzikální*. Přehled těchto a dalších časopisů zajímavých pro učitele fyziky spolu s odkazy na jejich webové stránky uvádí stránka *Fyzikální pedagogické společnosti JČMF* [9.2].

Pojďme se raději podívat na další zdroje nápadů, návodů a námětů. Soustředíme se přitom především na zdroje volně dostupné na internetu (a to na zdroje v češtině<sup>65</sup>). Navíc půjde převážně o ty zdroje, které dobře známe či na nichž se více či méně sami podílíme.<sup>66</sup>

- Jedním z nejrozsáhlejších zdrojů shrnujícím zkušenosti desítek učitelů a pracovníků v oblasti fyzikálního vzdělávání jsou sborníky konference *Veletrh nápadů učitelů fyziky*. V papírové podobě zaberou v knihovničce už docela dost místa, protože letos (v r. 2012) se koná již 17. ročník. Naštěstí je k dispozici souhrnný elektronický sborník [9.4] zahrnující několik set vybraných příspěvků<sup>67</sup>.
- Konferencí, která je též výrazně orientována na reálné pokusy, jsou *Dílny Heuréky*. Konají se už od roku 2002 a od roku 2003 se z nich vydávají sborníky. Sborník [9.5] na CD obsahuje i sborníky ze všech předchozích ročníků (celkem tedy sborníky z let 2003 až 2010); dohromady shrnuje 106 lecky rozsáhlých příspěvků.<sup>68</sup> Kontakt je k dispozici na webových stránkách Heuréky [9.6].
- Portálem, který asi není třeba příliš představovat, je *Fyzweb* [9.7]. Pokusům a s nimi souvisejícím materiálům je na něm věnována zvláštní sekce.

---

<sup>65</sup> Zdrojů v angličtině je samozřejmě prakticky nepřehledné množství, viz např. portál ComPADRE [9.3].

<sup>66</sup> Tímto se omlouváme autorům dalších článků, příspěvků, sborníků, publikací a webových stránek. Věříme, že i jejich díla jsou mezi učiteli dostatečně známá, populární a jsme přesvědčeni, že i jejich nápady jsou využívány.

<sup>67</sup> Do tohoto „supersborníku“ jsou vybírány pouze příspěvky, které konkrétně popisují pokusy využitelné ve výuce fyziky, nikoli jinak zaměřené články. V době psaní této publikace byla k dispozici pouze starší verze souhrnného sborníku zahrnující příspěvky z prvních dvanácti ročníků, v běhu je však modernizace sborníku, takže zahrne i příspěvky z novějších ročníků, navíc s lepší možností vyhledávání.

<sup>68</sup> Ve sborníku z následujícího roku (2011) je 19 příspěvků a věříme, že v dalších letech budou přibývat nové.

- Novým zdrojem informací, který se, doufejme, bude v budoucnu rozvíjet, je elektronická *Sbírka fyzikálních pokusů* [9.8] vznikající na Katedře didaktiky fyziky MFF UK v Praze. Dosud obsahuje některé vybrané pokusy z elektřiny a magnetismu. Jejím záměrem je sloužit jak studentům učitelství fyziky, tak učitelům v praxi. Pro názornost jsou pokusy doplněny krátkými videosekvencemi.
- V poslední době se ve výuce (nejen) fyziky velmi rychle rozvíjí využití počítačem podporovaných měření resp. měření využívajících „datalogery“. Příkladem stránek, kde počet návodu a odkazů na návody na pokusy jde již do stovek, jsou [9.9].<sup>69</sup>
- I když jsme ve všech příručkách [1.1] až [1.4] i v této publikaci kladli důraz na reálné experimenty, je vhodné uvědomit si, že některé experimenty, které vyžadují náročnější hardware, lze se žáky realizovat prostřednictvím vzdálených laboratoří. Příkladem z fakulty, která je pracovištěm autorů, je [9.10], i v ČR však je již vzdálené laboratoře nabízejí i další vysoké školy (a nejen ony).<sup>70</sup>
- Pojďme se ještě vrátit k pokusům a výuce fyziky obecně. Při hledání zdrojů by bylo chybou zapomenout na *Metodický portál RVP* [9.11]. I tam lze najít desítky příspěvků přinášejících konkrétní nápady do výuky fyziky.
- A konečně, cenným zdrojem námětů, inspirace a zkušeností jsou webové stránky učitelů. Zmiňme alespoň (v abecedním pořadí) „*Fyzikální šuplík*“ Václava Piskače [9.12] a *Multimediální fyzikální encyklopedii* a další stránky Jaroslava Reichla [9.13].<sup>71</sup>

Samozřejmě, ve výuce fyziky nejde jen o pokusy. Aktivní práce se žáky a studenty, seznamování s aktuální problematikou a aplikacemi, se pokusy zdaleka nevyčerpává. Dodejme proto, že kromě hledání a procházení řady dalších internetových a jiných zdrojů považujeme za velmi důležité především vzájemné *setkávání* učitelů fyziky. Osobní kontakt umožní prodiskutovat mnohé problémy, vyměnit si informace a zkušenosti, přiučit se leccemu novému – a také se přesvědčit, že nejrůznější problémy a nesnáze máme ve svém povolání všichni, ale že přesto drtivou většinu *aktivních učitelů* fyzika a její výuka opravdu baví. Takže, zněl-li začátek názvu této kapitoly „jak dál“, může odpověď znít: aktivně a spolu.<sup>72</sup>

---

<sup>69</sup> Další návody na pokusy lze samozřejmě najít na stránkách výrobců a dodavatelů dalších systémů pro měření pomocí počítačů.

<sup>70</sup> Pro získání příslušných odkazů stačí do Googlu zadat heslo „vzdálené laboratoře“.

<sup>71</sup> Odkazy na stránky mnoha dalších učitelů, kteří dávají své zkušenosti k dispozici, si nepochybně učitelé fyziky navzájem předávají a šíří. Takovéto neformální předávání informací má ostatně často větší cenu, než kdyby někde existoval nějaký „schválený a jedině pravý seznam“ doporučených zdrojů.

<sup>72</sup> Kurzy, semináře a další příležitosti setkávání s koncem projektu OPPA rozhodně neskončí, takže se budeme nejen s účastníky projektu těšit na další aktivní spolupráci.

## 10. Závěrem

Projekt OPPA „*Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi*“ nám a dalším kolegům, kteří na něm participovali, dal možnost uskutečnit kurzy pro pražské učitele fyziky a poskytnout jim náměty na zkvalitnění výuky fyziky. Návody, konkrétní informace a řadu technických i metodických poznámek jsme také vtělili do příruček [1.1] – [1.4], které v rámci projektu vznikly. Příručky jsme se (a teď mluvím za všechny jejich autory) snažili psát tak, aby jejich aktuálnost nebyla „krátkodechá“ a nevyprchala v horizontu jednoho či dvou školních let. Věříme proto, že tyto publikace mají šanci být zdrojem inspirace a poučení i pro mnohé další učitele fyziky, kteří se kurzů nemohli zúčastnit.

Projekt byl ale i příležitostí k zamyšlení, jak sami můžeme dál zkvalitňovat svou práci, ať už v přípravě budoucích učitelů fyziky, nebo v kontaktu s učiteli středních i základních škol. A také příležitostí připomenout si některé obecnější aspekty výuky fyziky a vzdělávání vůbec. Tyto obecnější pohledy se promítly do publikace, jejíž text se zde chýlí ke konci. Jsme přesvědčeni, že takovéto obecnější pohledy propojující výuku a výzkum v oblasti fyzikálního vzdělávání by neměly být doménou jen „akademické sféry“, ale že mohou být zajímavé a užitečné i pro učitele v praxi. Mohou nabídnout jak určitý nadhled (a ten alespoň čas od času potřebuje každý z nás), tak někdy snad i inspiraci při řešení konkrétního problému, třeba tím, že ho osvětlí z jiného úhlu.<sup>73</sup> Jak už bylo řečeno v úvodu, snažili jsme se v této publikaci nehalit příslušné informace do příliš „cizokrajně znějících“ termínů, ale prezentovat je pokud možno srozumitelně, názorně a s využitím příkladů. Je na čtenáři posoudit, do jaké míry se nám to povedlo – a je také na každém čtenáři, aby si zde vybral, co ho oslovilo, co je pro něj zajímavé a co by mohlo být pro jeho výuku užitečné.

Být toto striktně vědecká publikace, mohli bychom parafrázovat Newtona a konstatovat, že jsme ji mohli napsat, protože jsme „stáli na ramenou obrů“. Pevně doufám, že jsme kolegy a všechny další pracovníky z oboru, na které jsme zde navazovali a na jejichž práci jsme stavěli, nijak nepošlapali, ani na ramenou, ani jinde. Faktem je, že publikace, jako je tato, by nemohla vzniknout bez mnoha vědomostí a zkušeností, které nám předali naši učitelé, které nám stále dávají naši kolegové, a také zkušeností, které získáváme díky práci s našimi žáky a studenty. Těm všem patří náš dík. A ještě dvě kategorie lidí nesmíme při poděkování pominout. Tou první jsou kolegové z jiných pracovišť a ze světa, z jejichž práce a výsledků přirozeně čerpáme, ať díky osobním setkáním, či díky článkům a pracím, které publikovali. (Je dobře uvědomit si, že podobně jako v jiných oblastech, jsme i ve fyzikálním vzdělávání celosvětovou spolupracující komunitou.) Tou druhou skupinou jste vy, učitelé fyziky. Všichni, s nimiž jsme byli v kontaktu, spolupracovali a vyměňovali si zkušenosti. Díky vám. Přejeme vám hodně radosti při výuce fyziky! (Aktivně, aktuálně a s aplikacemi.)

---

<sup>73</sup> Někdy možná pomůže i zjištění, že od určitých částí výuky, třeba právě od pokusů, toho leckdy chceme příliš mnoho, viz kap. 4.2. Souzní se starou moudrostí „méně znamená více“ a může učitelé pomoci oprostít se od přílišných a nerealistických nároků na sebe i své žáky – aniž by to znamenalo rezignaci na snahu o zlepšování výuky.

# Literatura

Literatura je v následujícím přehledu rozdělena podle kapitol, v nichž jsou uvedené prameny poprvé citovány.

## Kapitola 1:

- [1.1] Dvořák L., Šabatka Z., Koudelková V., Dvořáková I.: *Náboje, proudy a elektrické obvody*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-78-7.
- [1.2] Žilavý P.: *Střídavé proudy*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-98-5.
- [1.3] Dvořák L.: *Polovodiče a jejich aplikace*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-83-1.
- [1.4] Drozd Z., Váchová P.: *Elektromagnetické záření*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-82-4.

## Kapitola 2:

- [2.1] Molnár, J., Schubertová, S., Vaněk, V.: *Konstruktivismus ve vyučování matematice*. [online]. UJEP Olomouc, 2007. Dostupné z: [http://esfmoduly.upol.cz/elearning/konstr\\_m/index.html#klasifikace](http://esfmoduly.upol.cz/elearning/konstr_m/index.html#klasifikace) [cit. 18. 12. 2010]
- [2.2] Mandíková, D., Trna, J.: *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido, Brno 2011. ISBN 978-80-7315-226-0
- [2.3] European Commission, Science education NOW: *A Renewed Pedagogy for the Future of Europe, 2007* [online]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf) [cit. 15. 1. 2010]
- [2.4] Stuchlíková, I.: *O badatelsky orientovaném vyučování*. In Sborník příspěvků semináře Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování. DiBi 2010. Ed.: Papáček, M. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, 2010. ISBN 978-80-7394-210-6 [online]. Dostupné z: <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/bi/DiBi2010.pdf> [cit. 18. 1. 2010]
- [2.5] Hejný, M., Kuřina, F.: *Dítě, škola a matematika. Konstruktivistické přístupy k vyučování*. Vyd. 1. Portál. Praha, 2001. ISBN 80-7178-581-4
- [2.6] Bransford, J., D.: *How people learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D. C.: National Academy Press. 2000. ISBN 0-309-07036-8



- [2.7] Papáček, M.: *Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa?* SCIENTIA IN EDUCATIONE 1 (1), 2010. s. 33–49, ISSN 1804-7106. [online]. Dostupné z: <http://www.scied.cz/FileDownload.aspx?FileID=391> [cit. 28. 1. 2011].
- [2.8] *Welcome to the Cutting Edge Course Design Tutorial*. [online]. 2009. Dostupné z: <http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/coursedesign/tutorial/index.html> [cit. 12. 2. 2011]

### Kapitola 3:

- [3.1] Dvořák L.: *Klíčové kompetence nejsou posvátná kráva – a přesto nejsou k zahození*. In: Sborník konference Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 3. Srní, 2007. Ed.: K. Rauner. ZČU v Plzni, Plzeň 2007. ISBN 978-80-7043-603-5, s. 39–54.
- [3.2] Belz H., Siegrist M.: *Klíčové kompetence a jejich rozvíjení. Východiska, metody, cvičení a hry*. Český překlad Portál, Praha 2001. (Originál Kurzbuch Schlüsselqualifikationen vyšel v r. 1997 a 2000.)
- [3.3] *Employability skills for the future: project final report*. Department of Education, Science and Training (Australian Government), 2002. [online]. Dostupné z: [http://www.dest.gov.au/sectors/training\\_skills/publications\\_resources/profiles/documents/final\\_report\\_x1\\_pdf.htm](http://www.dest.gov.au/sectors/training_skills/publications_resources/profiles/documents/final_report_x1_pdf.htm) [cit. 17. 4. 2006]
- [3.4] *The Definition and Selection of Key Competencies. Executive Summary*. (publikováno 27. 5. 2005.) [online]. Dostupné z: <http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf> [cit. 1. 8. 2012]
- [3.5] *Doporučení evropského parlamentu a rady ze dne 18. prosince 2006 o klíčových kompetencích pro celoživotní učení (2006/962/ES)*. [online]. (český překlad) Dostupné z: <http://www.rvp.cz/soubor/01140.pdf> [cit. 1. 8. 2012]
- [3.6] *Detailed Work programme on the follow-up of the objectives of education and training systems in Europe* In: Official Journal of the European Communities. C142 (2002), p. 1–22. [online]. Dostupné z: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2002/c\\_142/c\\_14220020614en00010022.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2002/c_142/c_14220020614en00010022.pdf) [cit. 18. 6. 2007]

### Kapitola 4:

- [4.1] Dvořák L., Dvořáková I., Kekule M., Kolářová R., Mandíková D., Poschl R., Svoboda E., Žák V.: *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe? Příručka pro učitele*. MATFYZPRESS, Praha 2008. ISBN 978-80-7378-057-9. [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/PriruckaProUcitele.pdf> [cit. 1. 8. 2012]
- [4.2] Bennett J.: *Teaching and Learning Science*. Continuum, London, N.Y. 2003. ISBN 0-8264-5532-8.
- [4.3] Sassi E., Vincentini M.: *Aims and Strategies of Laboratory Work*. In: Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, Vol. 2. Ed. M. Vincentini, E. Sassi. ICPE, Angus&Graper Publisher, New Delhi, 2010. ISBN 0-9507510-5-0. p. 241-255. [online]. Dostupné z: [http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/Sassi\\_Vicentini.pdf](http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/Sassi_Vicentini.pdf) [cit. 1. 8. 2012]



- [4.4] Ogborn J.: *Curriculum Development in Physics: Not Quite So Fast!* Zvaná přednáška na konferenci WCPE 2012, Istanbul, 3. 7. 2012.
- [4.5] Millar R.: *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Paper prepared for the Meeting: High School Science Laboratories: Role and Vision National Academy of Sciences, Washington, DC, 3–4 June 2004. Dostupné z: [http://www7.nationalacademies.org/bose/millar\\_draftpaper\\_jun\\_04.pdf](http://www7.nationalacademies.org/bose/millar_draftpaper_jun_04.pdf) [cit. 1. 8. 2012]

#### Kapitola 5:

- [5.1] Planinšič G., Dvořák L.: *Multilayered simple experiments: an approach with increasing cognitive demands*. In: *Physics Community and Cooperation: Selected Contributions from the GIREP-EPEC & PHEC 2009 International Conference*, Ed. D. Raine, L. Rogers, Ch. Hurkett, Lulu, Leicester, 2010, ISBN 978-1-4461-6219-4, p.152-155.
- [5.2] Dykstra D. I. Jr.: *Physics Teaching and the Development of Reasoning*. *Scientia in education* 2(2), 2011, p. 59–75. [online]. Dostupné z: <http://www.scied.cz/FileDownload.aspx?FileID=427> [cit. 1. 8. 2012]

#### Kapitola 6:

- [6.1] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [online]. Dostupné z: [http://www.msmt.cz/uploads/Vzdelavani/Skolska\\_reforma/RVP/RVP\\_gymnazia.pdf](http://www.msmt.cz/uploads/Vzdelavani/Skolska_reforma/RVP/RVP_gymnazia.pdf) [cit. 26. 7. 2012]
- [6.2] *Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky*. [online]. Dostupné z: [http://www.novamaturita.cz/index.php?id\\_document=1404033306&at=1](http://www.novamaturita.cz/index.php?id_document=1404033306&at=1) [cit. 26. 7. 2012]
- [6.3] Maloney David P. et al.: *Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism*. *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.*, Vol. 69, No. 7, July 2001
- [6.4] Svoboda E., Kolářová R.: *Didaktika fyziky základní a střední školy. Vybrané kapitoly*. Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. Praha 2006. ISBN 80-246-1181-3.

#### Kapitola 7:

- [7.1] *Interaktivní fyzikální laboratoř na MFF UK*. [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/ifl/> [cit. 1. 8. 2012]

#### Kapitola 8:

- [8.1] Zeitnitz Ch.: *Soundcard Scope*. [online]. Dostupné z: [http://zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope\\_en.html](http://zeitnitz.de/Christian/Scope/Scope_en.html) [cit. 1. 8. 2012]
- [8.2] Dvořák L.: *Program Soundcard Scope v pokusech nejen z akustiky*. In: *Dílno Heuréky 2008. Sborník konference projektu Heuréka*. CD. Ed.: L. Dvořák. Prometheus, Praha 2009. ISBN 978-80-7196-397-4. s. 7–25.

- [8.3] Wikipedie: *Shannonův teorém*. Dostupné z:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Shannon%C5%AFv\\_teor%C3%A9m](http://cs.wikipedia.org/wiki/Shannon%C5%AFv_teor%C3%A9m). [cit. 1. 8. 2012]  
 Wikipedia: *Shannon sampling theorem*. Dostupné z:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon\\_sampling\\_theorem](http://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon_sampling_theorem)  
 [cit. 1. 8. 2012]
- [8.4] Dvořák L.: *Pokusy se zvukovou kartou*. In: Dílny Heuréky 2005. Sborník konference projektu Heuréka, Náchod, Ed.: L. Dvořák, Prometheus, Praha 2006. ISBN 80-7196-334-8, s. 39–48.

#### Kapitola 9:

- [9.1] Prometheus. Nakladatelství učebnic matematiky a fyziky. [online]. Dostupné z:  
<http://www.prometheus-nakl.cz/>. [cit. 1. 8. 2012]
- [9.2] Jednota českých matematiků a fyziků, Sekce, FPS: *Časopisy*. [online].  
 Dostupné z: <http://www.jcmf.cz/?q=cz/node/345> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.3] ComPADRE. Physics and Astronomy Education Communities. Dostupné z:  
<http://www.compadre.org/> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.4] *Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání*. (Souhrnný elektronický sborník vybraných příspěvků konferencí Veletrh nápadů učitelů fyziky.) [online]. Dostupné z:  
<http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.5] *Dílny Heuréky 2009-2010. Sborník konferencí projektu Heuréka*. (CD) Ed.: Doc. L. Dvořák, I. Dvořáková, V. Koudelková. Prometheus, Praha 2011. ISBN 978-80-7196-424-7
- [9.6] *Projekt Heuréka*. [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.7] *Fyzweb*. [online]. Dostupné z: <http://fyzweb.cz/> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.8] *Sbírka fyzikálních pokusů*. [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/pokusy/>  
 [cit. 1. 8. 2012]
- [9.9] Edufor: *Experimenty s Vernierem a další inspirace*. [online]. Dostupné z:  
<http://www.vernier.cz/experimenty/prehled/oblast/fyzika> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.10] KVOF MFF UK: *Vzdálená laboratoř*. [online]. Dostupné z:  
<http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.11] *Metodický portál RVP*. [online]. Dostupné z: <http://www.rvp.cz/> [cit. 1. 8. 2012]
- [9.12] Piskač V.: *Fyzikální šuplík*. [online]. Dostupné z: <http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/>  
 [cit. 1. 8. 2012]
- [9.13] Reichl J.: *Multimediální encyklopedie fyziky*. [online]. Dostupné z:  
<http://fyzika.jreichl.com/> [cit. 1. 8. 2012].  
 Viz též: Reichl J.: *Fyzika*. [online]. Dostupné z: <http://www.jreichl.com/fyzika/fyzika.htm>  
 [cit. 1. 8. 2012]

# Rejstřík

## A

- aktivity, 20, 24
  - hands-on, 28
  - minds-on, 28
- analýza frekvenční, 60

## B

- bádání, 9, 28, 39
  - nasměřované, 10
  - otevřené, 10
  - potvrzující, 10
  - strukturované, 10

## C

- cíle, 15, 25, 26, 27

## Č

- činnosti, 24
  - experimentální, 24
  - praktické, 24–28

## D

- dioda svítivá, 29, 30
- diskuse, 20, 28, 29, 32
- dovednosti, 10, 16, 18, 20
  - komunikativní, 13
  - laboratorní, 25, 26
  - metakognitivní, 11
  - oborově specifické, 15
  - praktické vědecké, 25
  - specifické, 13
  - technické, 26, 28

## E

- experimenty, 19, 20, 21, 27, 28, 39, 41
  - demonstrační, 23
  - reálné, 55

## F

- fototranzistor, 56, 58, 61, 63

## G

- generace Y, Z a alfa, 11
- generátor signálů, 60
- gramotnost, 14
  - přírodovědná, 16

## H

- hodnoty, 16, 21
- hypotézy, 19, 21, 39
  - formulace, formulování, 9, 26

## Ch

- chápaní, 8, 21, 40

## I

- inquiry, 9
- Inquiry Based Science Education (IBSE), 6, 7, 9

## K

- kapacita, 31, 36
  - akumulátoru, 32
  - kondenzátoru, 32, 33, 39
- karta zvuková, 6, 58, 63
  - ochrana vstupu, 62
  - vstup, 59, 60, 61
- koeficient citlivosti (ULI), 45
- kompetence, 10, 13–22
  - „racionálně-empirické“, 20
  - klíčové, 13–22
  - matematické, 16, 17
  - v oblasti IBSE, 10
  - v oblasti přírodních věd a technologií, 17
- koncept, koncepty, 7, 28, 40, 42
  - pochopení, 25
  - z elektřiny a magnetismu, 40
- kondenzátor, 42
  - vybíjení, 29
- konflikt kognitivní, 9
- konstanta časová, 35
- konstruktivismus, 7, 9

## L

- laboratoř
  - Interaktivní fyzikální, pro středoškoláky (IFL), 55
  - vzdálená, 55, 65

## M

- měření, 11, 24, 27, 28, 29, 34, 39, 55, 57–63, 65
- metakognice, 11, 22
- mikrofon, 58, 61
- miskoncepce, 9, 40, 41, 43, 47, 52, 54
- motivace, motivovat, 17, 26
- myšlení, 11, 21, 22
  - fyzikální, 26, 55
  - otevřenost, 26
  - vědecké, 11
  - žáků a studentů, 28

## N

- náboj, 15, 32, 36, 37, 42, 48, 49, 52, 54
- napětí, 31, 32, 33, 34, 39, 53
  - „poločas poklesu“, 35
- nástroj diagnostický, 40

## O

- osciloskop, 55, 57
- otázka, 10, 42
  - citlivost, 45
  - úspěšnost, 44
  - zisk (*normalized gain*), 46

## P

- Piaget, 36
- počítač
  - práce s, 14
  - využití jako osciloskop, 57
  - využití k měření, 24, 56
- pochopení, 19, 26, 28, 47, 55
  - konceptu, 46
  - vědeckých myšlenek, 25
- pokusy, 27, 55
  - „mnohvrstvé“, 29
  - demonstrační, 23
  - fyzikální, 62, 64, 65
  - kvalitativní, 33, 55
  - prováděné žáky, 23
  - ve výuce fyziky, 23
- pole elektrické, 42
- porozumění, 8, 20, 27, 28, 40
  - Coulombovu zákonu, 49
  - konceptům, 40
  - smyslu, 7
  - vztahu mezi kapacitou, nábojem a napětím, 54
- postoje, 16, 18
  - vědecké, 26, 27
- posttest, 43–47
- práce
  - laboratorní, 23, 24, 29
  - s počítačem, 14
  - v elektrickém poli, 42
- prekoncepce, prekoncepty, 9, 10, 40
- pretest, 41, 43, 46
- proud, 30, 32
  - vybíjecí, 33, 37
- představy, 10, 27
  - základní fyzikální, 40
- přístup
  - badatelsky orientovaný, 7, 9
  - heuristický, 24
  - konstruktivistický, 9, 10
  - orientovaný na žáka, 7, 8
  - transmisivní, 7, 8

## R

- rámcové vzdělávací programy (RVP), 13, 18
- rezistor, 29, 39, 63
- rovnice
  - diferenciální, 38
  - pro vybíjení kondenzátoru, 38

## S

- siločáry, 50
- Soundcard Scope, 57

## T

- teorie, 21, 25, 28, 38
  - naivní, 9
- test
  - analýza položková, 44
  - CSEM (*Conceptual Survey of Electricity and Magnetism*), 42
  - konceptuální, 40, 41
  - KTEM, 40
  - obtížnost, 44

## U

- učitel - role ve výuce, 8, 11

## V

- vědomosti, 11, 16
  - odborné, 15
- vyučování
  - aktivní, 12
  - badatelsky orientované, 10
  - konstruktivistické, 8
  - transmisivní, 7
- výuka
  - aktivní, 20
  - badatelsky orientovaná, 6, 7, 25
  - běžná ve škole, 7
- výzkumy TIMSS a PISA, 23
- vzdělávání
  - badatelsky orientované, 7, 9, 11
  - matematické a přírodovědné, 17

## Z

- zákon Coulombův, 42
- zisk (*normalized gain*), 46, 47
- znalosti, 10, 14, 16, 46, 47
  - faktické, 11, 15
  - formální, 9
  - oborově specifické, 15
  - odborné, 15
  - předchozí, 11
  - tiché (*tacit knowledge*), 26