

## POKUSY – JEDNA Z DŮLEŽITÝCH PRIORIT VE VÝUCE FYZIKY

LEOŠ DVOŘÁK

*Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, ČR*

### **Abstract:**

*The ongoing educational reforms emphasize various aspects, forms and methods of teaching/learning process, as well as different goals, for example the development of key competences. The purpose of this article is to advocate that in turmoil of any reforms we should not forget the importance of one component of teaching and learning of physics – real experiments. Some problems and challenges concerning school physics experiments in changing world around us are mentioned. And, not to be only theoretical and pessimistic, the article presents a few examples of simple but hopefully inspiring experiments for teaching physics at various levels.*

### **Úvod I (aneb o reformách poněkud zeširoka)**

Pesimisté tvrdí, že vytištěné příspěvky ve sbornících z konferencí téměř nikdo nečte. (Pardon, toto tvrdí realisté, pesimisté říkají, že je nečte vůbec nikdo.) A že zaplnovat prostor sborníků vlastními texty je jen důsledkem podrobení se modernímu přikázání „publish or perish“. Z tohoto úhlu pohledu by tedy bylo zbytečné psát v příspěvku jakýkoli smysluplný text a řádky bychom mohli zaplnit třeba kopií známého textu užívaného pro předvedení stylu písma „Lorem ipsum dolor sit amet...“ [1]. I když nebudeme zacházet do takových absurdit, pravdou asi je, že jakýkoli text v českém či slovenském sborníku konference o fyzikálním vzdělávání má zřejmě jen minimální šanci něco reálně ovlivnit.

Podobně pesimistický náhled mají mnozí i na reformy ve vzdělávání, případně na reformy vůbec. Vezměte si následující (volně přeložený) citát:

*„Připravovali jsme se důkladně... ale zdálo se, že kdykoli jsme se začali formovat do týmů, byli jsme reorganizováni. Později v životě jsem se naučil, že máme tendenci reagovat na jakoukoli situaci reorganizováním – a jak skvěle může tato metoda vytvářet iluzi pokroku, zatímco plodí zmatek, neefektivnost a demoralizaci.“*

Cítíte s autorem tohoto citátu? Připadá vám, že vystihuje vlny reform, které se na nás v moderní společnosti, neřkuli v současném školství, opakovaně valí? Podle zdroje [2], který tento citát uvádí (v angličtině a přejatý z jiného pramene), je autorem Gaius Petronius a vyslovil jej v roce 66 našeho letopočtu. Takže reformy a stížnosti na ně nejsou nic nového pod sluncem...

Soustředíme-li se na vzdělávání a na dnešek, můžeme konstatovat, že stížnosti na reformy a na zhoršující stav vzdělání se neomezují jen na naše země. Značně tvrdou kritiku vyslovil rakouský profesor Konrad Paul Liessmann [3]. Jeho kritika se týkala společenskovední oblasti, ale citáty z ní, prezentované na jedné ze zvaných přednášek na letošním Sjezdu Jednoty Českých Matematiků a Fyziků vyvolaly mezi námi, kdo jsme byli účastníky, živý ohlas. Zdá se tedy, že učitelé i vědci je vnímají jako aktuální i pro oblast matematického a fyzikálního vzdělávání.

Je samozřejmě otázkou, nakolik jsou podobné kritiky objektivní analýzou a nakolik jen již též tradičním povzdechem typu „O tempora, o mores!“ (Přiznávám, že nemaje klasického latinského vzdělání, zadal jsem znění tohoto povzdechu do Googlu. Možná i to je projev pokleslosti doby a vzdělanosti. A pak, ó hrůza, jsem dokonce klikl na odkaz na heslo z Wikipedie. Ať se nám to líbí nebo ne, knihy, odborné časopisy, encyklopedie a fenomenální paměť excelentně vzdělaných jedinců už nejsou jediným zdrojem informací.)

Odvěký charakter nářků nad tím, že svět se mění, samozřejmě k horšímu, pěkně ilustruje též historika [4], která je téměř určitě vymyšlená, ale neztrácí tím nic ze své krásy a poezie: Archeologové našli nejstarší papyrový svitek (nebo to možná byl nápis klínovým písmem na kameni). Začínal prý slovy: „*Věci už nejsou, jak bývaly. Každý chce psát knihu a děti neposlouchají své rodiče...*“

Protipólem jsou samozřejmě hlasy, vykřikující, že tradiční výuka je mrtvá, zastaralá a vůbec zavrženíhodná. Případně, že nerespektuje rozdíly obou mozkových hemisfér, mrzačí duši dítěte, jeho svobodný rozvoj atd. atd. Zde asi příklady ani uvádět netřeba, podobných tvrzení třeba z novinových článků známe zřejmě všichni dost. Najdou se ale i v knižní literatuře. Učitel aby se podle nich pomalu styděl, že někdy žákům řekl nějakou faktickou informaci.

Ve vyhrocené podobě jsou oba typy těchto protichůdných názorů a přístupů Scyllou a Charybdou, mezi nimiž se vzdělávání snaží proplouvat. Pravda, učitelé asi mají někdy spíše dojem, jako by z kapitánského můstku zazníval povel „Hej posádko, zkusme, jak blízko k Charybdě se dostaneme! A koukejte pořádně zabrat!“. Posádka reptá, snaží se neutopit, přihlížející z bezpečných břehů kritizují a novináři zdůrazňují, jak mají učitelé velký plat a kolik mají prázdnin.

Pojďme již ale opustit metafory, aby nás někdo nenařkl, že školu přirovnáváme ke galejím. Vraťme se raději ke konkrétnějším zjištěním, analýzám a diskusím. A aby výše uvedené odstavce nebyly jen motivačním úvodem, ale přinesly také nějakou informaci, poznamenejme, že i zdánlivě nesmyslný text „Lorem ipsum...“ pochází (věříme-li internetovému zdroji [1]) z Cicerova díla o teorii etiky a týká se požitků a bolesti, či, chcete-li, radosti a smutku. Také text [2] je více než zdrojem zajímavého citátu. V jeho první části pod titulkem „Why planning fails“ najdeme zajímavou analýzu, proč dobře míněné reformy vzdělávání pravidelně selhávají. Minimálně stejně užitečná je další část, v níž autor vyvozuje závěry pro plánování příštích, méně vzletných, ale realističtější pojatých potřebných změn. Také Liessmannova práce [3], ať už s ní budete všele souhlasit či v některých bodech polemizovat, rozhodně stojí za přečtení.

## **Úvod II (o klíčových kompetencích a o tom, proč učit, když „vše je na webu“)**

Současné reformy vzdělávání, alespoň v ČR, zdůrazňují jako jeden z důležitých cílů vzdělávání rozvoj klíčových kompetencí. Protože se objevily jako nový, dalo by se říci až módní pojem, pokusil jsem se před třemi lety v příspěvku [5] pro konferenci v Srní udělat v nich formou detailnější rešerše trochu jasno.

Zájemci mohou získat informace o klíčových kompetencích z řady zdrojů, nechci tedy opakovat to, co už bylo dříve řečeno – až na jeden fakt, který myslím stojí za připomenutí. V Rámcových vzdělávacích programech v ČR jsou klíčové kompetence vymezeny jinak, než

v doporučeních Evropského Parlamentu a Rady. Zatímco „na evropské úrovni“ najdeme „Matematickou kompetenci a základní kompetence v oblasti přírodních věd a technologií“, v českých RVP jakákoli explicitní zmínka o kompetencích tohoto typu chybí. Z pohledu pracovníků v oblasti fyzikálního vzdělávání (a také vzdělávání matematického a dalších přírodovědných oborů, nemluvě o technice), je to jednoznačně škoda.

Co s tím?

Věřím, že se shodneme, že bez ohledu na různé turbulence vzdělávacích reforem a akcenty dávanými na různé druhy cílů je naším úkolem **snažit se naše žáky a studenty ve fyzice vzdělávat co nejlépe**. Poznamenejme, že když píšu „naším“, myslím tím širokou komunitu učitelů fyziky a pracovníků v oblasti fyzikálního vzdělávání. A „vzdělávat co nejlépe“, je přirozeně třeba upřesnit *s ohledem na schopnosti žáků a studentů a na další „okrajové podmínky“*.

A jak odpovědět na názory, že je zbytečné učit znalostem, protože „přece vše můžeme najít na webu“?

Jistě, disky našich počítačů mají kapacity stovek gigabytů. A na webu jsou k dispozici ne tisíce, ale milióny terabytů dat. Již před dvěma lety prý Google denně indexoval dvacet tisíc terabytů dat. Podle [6] čítá dnes kapacita webu 800 miliónů terabytů. Ovšem v této souvislosti se dere na rty povzdech:

- Kde jsou data v těch bitech?
- Kde jsou informace v těch datech?
- Kde jsou znalosti v těch informacích?
- A kde je v těch znalostech moudrost?

Získat data a informace samozřejmě lze. Ne nadarmo se mluví o „data mining“. A slangový pojem „vygooglit“ se málem již stává synonymem pro hledání informací. Ale proměnit informace ve skutečné znalosti... Konec konců ilustrativní může být i výše zmíněný povzdech – zjevně zde parafrázuji něco dříve zaslechnutého či přečteného. Ale dohledat zdroj a původní znění se už nějak nedaří. I když o hierarchii data – informace – znalosti – moudrost toho najdeme na webu dost a informace ve Wikipedii nám prozradí, že kořeny podobného povzdechu („kde jsou...“) můžeme snad hledat u amerického básníka T. S. Eliota.

Přejdeme-li od metaforických a obecných vyjádření zpět k realitě, shodneme se asi, že pro skutečné vzdělávání musíme klást důraz na **porozumění znalostem** a také na to, že je potřeba znalosti **umět používat**. Jinak zůstaneme jen na nejspodnější příčce taxonomie vzdělávacích cílů a všechny ještě vyšší cíle typu analýza a syntéza, nemluvě již o hodnocení, budou stát na vodě či na písku.

Vraťme se však k vlastní tematice tohoto příspěvku, tedy k fyzikálním pokusům. Právě experimenty nám pomáhají, abychom se ve výuce fyziky nevzdálili od skutečnosti a neulétli jen do říše slov či abstraktních formulí. O důležitosti pokusů asi není potřeba komunitu čtenářů tohoto textu příliš přesvědčovat. Stojí však za to připomenout si a případně zdůraznit některé související aspekty.

## **Pokusy ve výuce fyziky – proč a jak**

Důvodů, proč do výuky fyziky pokusy zařazovat, je mnoho. S vědomím, že půjde o subjektivní výběr, bych na tomto místě chtěl vyzdvihnout tři:

- Pokusy **zaujmou žáky**.

V rozsáhlém dotazníkovém výzkumu, který prováděli V. Žák, M. Kekule a kol. na vzorku více než čtyř tisíc žáků českých základních a středních škol, se jako „činnost, kterou by ve fyzice žáci chtěli dělat“ na prvním místě objevila položka *dělat pokusy vlastníma rukama*. (I když se pořadí dalších položek lišilo, tato vyšla na prvním místě jak u žáků na druhém stupni ZŠ, tak u středoškoláků.)

- Pokusy **rozvívají dovednosti** – a to i dovednosti směrem k technickým disciplínám, jejichž důležitost je dnes stále víc zdůrazňována.

- Na obecnější úrovni bychom mohli konstatovat, že experimenty **korigují spekulativní přístup**.

Tedy „zakotvují teorie v realitě“, zabraňují jim utrhnout se od skutečného světa. Na důležitost této role experimentů ve fyzice upozorňuje třeba autor knihy [9]. (Teoretici pracující v oblasti superstrunových teorií by sice tuto knihu označili minimálně za kontroverzní, rozhodně však nejde o žádnou lacinou popularizaci.) Analogickou roli přitom experimenty hrají i ve výuce fyziky.

Další poznámky týkající se užití experimentů (konkrétně laboratorních prací) ve výuce fyziky, lze nalézt například v [10]. Domnívám se, že z důvodů uvedených výše a z dalších argumentů, které lze najít v literatuře, jasně plyne závěr, že navzdory všem turbulencím ve vzdělávacích reformách by **reálné pokusy měly být jednou z trvalých priorit ve výuce fyziky**. Prioritou, kterou stojí za to *prosazovat* a hlavně, navzdory všem omezujícím podmínkám, *realizovat* ve fyzikálním vzdělávání na všech stupních škol.

Po rozhodnutí, že je důležité zařazovat pokusy do výuky, je samozřejmě přirozenou otázkou **jak** je využívat. Zde jde také o problematiku, kterou by bylo možno diskutovat dlouho. Opět s upozorněním, že jde o subjektivní výběr, bych se zde omezil na stručné komentáře jen ke třem aspektům této problematiky (které někdy, obávám se, bývají zdrojem zbytečných nedorozumění):

- Pokusy **nejsou pouhou zábavou!**

Experimenty, zejména pokud mají v sobě prvek překvapení a vnější atraktivnosti, bývají někdy dávány do kontrastu s „vážnou výukou“. Samozřejmě, i z pokusů lze udělat pouhou „show“, z níž si žáci odnesou málo nebo nic. Ale to není cílem. Experimenty nemají být jen „nezávislou legrací“. V této souvislosti se mi líbí rozlišení dvou anglických termínů: *fun* (ve smyslu zábava) a *joy*, tedy radost. Přitom se mi vybavuje název série encyklopedií vydávaných v minulosti nakladatelstvím Larousse: „Joy of knowledge“. Radost z poznání, to je víc, než jen zábava! Vyžaduje práci, leckdy hodně práce, ale je hlubší a vydrží mnohem déle.

- Důležitá je **aktivita žáků**.

Pouhé pasivní sledování demonstračních experimentů k přílišné radosti z poznání obvykle nevede. Zde stojí za to připomenout, že i demonstrační pokusy mohou být interaktivní tak, jak na to upozornily ve svém příspěvku na DIDFYZu Z. Ješková a Z. Mackovjaková – viz [11], [12]. Aktivita žáků tedy nemusí spočívat

jen ve vlastním provádění pokusů (byť to je výrazně motivující, viz výše). Stejně důležité jsou diskuse, rozборы, předpovědi, formulování hypotéz a jejich ověřování atd.

- Podstatné je i **propojení s teorií**.

Řečeno poněkud módními anglickými termíny, nemá jít jen o *hands-on* aktivity, důležitá je i složka *minds-on*. Samozřejmě to není žádná převratná novinka; propojení obou složek dělá intuitivně v té či oné míře asi naprostá většina dobrých učitelů fyziky. (A mohou je i podobně pojmenovat: ještě v dobách, kdy jsme o termínu „minds-on“ neměli ani potuchy, jsme charakter aktivit, které jsme rozvíjeli se studenty, popisovali heslem *vlastníma rukama a hlavou*.) Navzdory občasnému přátelskému špičkování experimentátorů a teoretiků je tedy vhodné si uvědomit, že teorie a experiment rozhodně nestojí proti sobě, ale navzájem se potřebují a doplňují.

Rozbor problematiky školních experimentů ve výuce fyziky by samozřejmě vydal na dlouhou studii, na niž zde není místo a k níž bych se ani necítil kompetentní. Místo dalších úvah zde proto raději chci představit konkrétní experiment resp. sérii experimentů ilustrujících, jak i pokusy s velmi jednoduchými pomůckami mohou zahrnovat též kvantitativní měření a být využitelné na různých úrovních škol, doslova od základních po vysoké.

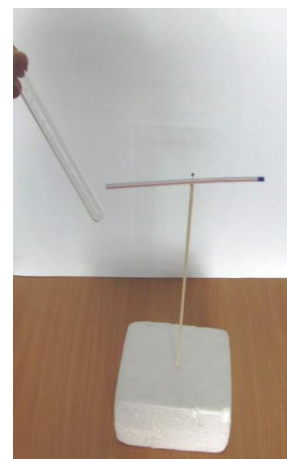
Následující experimenty lze tedy brát jako příklad „mnohvrstevných jednoduchých experimentů“ (viz [13]).

### Od hrátek s brčky k určení velikosti náboje

Ilustrujme teď některé výše uvedené poznámky na několika jednoduchých pokusech z elektrostatiky. Tyto a podobné pokusy používáme na volitelném semináři „Elektrina a magnetismus krok za krokem“ pro posluchače 1. ročníku bakalářského studijního oboru „Fyzika zaměřená na vzdělávání“ (tedy pro budoucí učitele fyziky) na MFF UK v Praze. Některé z nich jsou známé, jiné vznikly úpravami dříve popsaných pokusů. Některé modifikace či využití snad mohou být i novinkou, alespoň soudě podle ohlasu na letošní konferenci GIREP 2010. Podstatné je, že jde o pokusy s velmi jednoduchými pomůckami, které lze ale dotáhnout až do kvantitativních měření.

Pokusy využívají běžných plastových brček, která lze lehce zelektrovat třením. Osvědčilo se třít brčka papírovými kapesníky. Jako úvodní motivační pokus lze ukázat, že nabitá brčka drží na zdi ale i na dalších materiálech, včetně kovových povrchů. (Zde jsme ještě na úrovni „zábavy“ – na vyšší úrovni lze pak diskutovat, proč brčka na zdi drží a proč drží i na kovu a nevybijí se.)

Na úrovni kvalitativních pokusů pak můžeme z plastového brčka, špendlíku, korálku a silnější špejle udělat jednoduchý indikátor, který rozliší polaritu elektrovaných předmětů. Jeden konec brčka zelektrujeme třením; bude pak záporně nabitý. Kladně nabitě předměty, například skleněná zkumavka zelektrovaná třením, tento konec přitahují (viz obr. 1).



Obr. 1. Jednoduchý indikátor rozliší například znaménko náboje nabitých předmětů

Brčka nabitá náboji stejného znaménka se samozřejmě odpuzují. Pro řadu lidí je překvapením, že sílu tohoto odpuzování můžeme dokonce cítit „vlastníma rukama“, přesněji řečeno vlastními prsty.

Stačí držet nabitá brčka tak, jak to ukazuje obr. 2. Brčka je třeba zeledrovat co nejsilněji a držet je v prstech jen zlehka. Přiblížíme-li je na vzdálenost 1 až 2 cm, zřetelně cítíme, jak se odpuzují.

Je jasné, že v tomto pokusu účinkuje malý „trik“, resp. skutečnost, že v prstech držíme krátké konce brček, zatímco elektrostatičká síla působí na dlouhém rameni. Brčka tedy fungují jako jednozvratné páky a síla působící na prsty je vyšší. (Analogicky bychom mohli říci, že našimi prsty vlastně vnímáme moment síly a ten je díky dlouhému ramenu vyšší. Z obou pohledů je zřejmé, že co nejvíce musíme zeledrovat zejména konce brček.)

Podrobnější popis těchto a dalších kvalitativních pokusů mohou zájemci najít v příspěvku [14] z konference „Jak učím fyziku“.

Dosud jsme se zabývali kvalitativními pokusy. Stejně jednoduché pokusy lze však využít i ke **kvantitativním měřením**. Nebudeme při nich aspirovat na přílišnou přesnost, ale i tak může jít o měření zajímavá.

Východiskem, které nás může motivovat, bude jednoduchá otázka:

### **Jak velký náboj je na zeledrovaném plastovém brčku?**

Dotazy „do pléna“ na třech konferencích věnovaných fyzikálnímu vzdělávání (včetně mezinárodní konference GIREP) ukázaly, že ani účastníci těchto konferencí – učitelé fyziky a pracovníci v oboru fyzikálního vzdělávání – nemají o velikosti tohoto náboje dobrou představu. A to ani řádovou! Odhady kolísaly od 50 pikocoulombů do téměř milicoulombu, tedy o více než sedm řádů. Přitom Coulombův zákon, kde se hodnoty nábojů objevují, patří

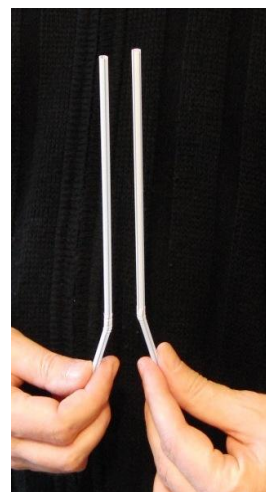
k prvním vztahům, s nimiž se v elektrostatičce žáci a studenti setkávají. A sám pojem náboje patří v elektrostatičce k základním.

Výše uvedené konstatování nemělo nijak očernit účastníky zmíněných konferencí. Kdyby dostali více času na úvahy, místo, abych na ně otázku o velikosti nábojů „vybafl“, dospěli by určitě k lepším odhadům. A navíc si pamatuji, že když jsem se já sám začal nad tímto problémem zamýšlet, neměl jsem také o velikosti náboje na brčkách skoro žádnou představu.

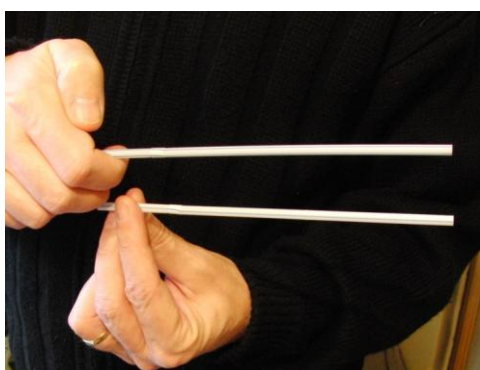
Velikost náboje bychom samozřejmě mohli změřit profesionálním měřičem náboje. K alespoň

přibližnému měření však stačí jednoduchá modifikace pokusu uvedeného výše.

Držme obě brčka vodorovně, jak to ukazuje obr. 3. Spodní brčko držíme pevně, horní jen lehce podložíme prstem, aby nemohlo „utéci“ dopředu či dozadu, ale mohlo se volně pohybovat nahoru nebo dolů.



Obr. 2. Sílu mezi nabitými brčky lze cítit vlastníma rukama.



Obr. 3. Pokus k přibližnému určení velikosti náboje na brčkách

Jsou-li obě brčka (souhlasně) nabitá, odpuzují se a horní brčko se „vznáší“ či „plave“ ve vzduchu nad spodním. Elektrostatická síla přitom vyvažuje tíhu horního brčka. Odtud už je jen krůček k určení velikosti náboje.

Brčko má hmotnost asi 0,5 g. (Budete-li pokus provádět, zvažte použitá brčka, jejich hmotnost může být trochu odlišná.) Tíhová síla, a tedy i velikost elektrostatické síly, je tedy 5 mN. Budeme-li předpokládat, že náboje spodního a horního brčka jsou zhruba stejné, můžeme, například už z Coulombova zákona, učit jejich náboje.

**Na úrovni střední školy** (například ve volitelném semináři) můžeme jednoduše využít Coulombův zákon:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{k}{r^2} Q^2,$$

kde  $k = 1/4\pi\epsilon_0 \doteq 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$ . Odtud pro velikost náboje  $Q$  okamžitě dostáváme  $Q = r\sqrt{F/k}$ . Pro brčka vzdálená 2 cm vychází hodnota náboje asi 15 nanocoulombů.

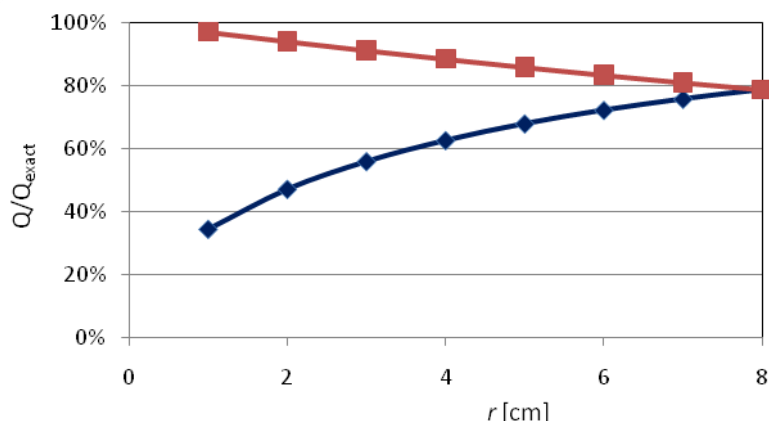
Zapojíme-li ovšem „fyzikální zdravý rozum“, okamžitě se vynoří pádná námitka proti našemu výpočtu:

Brčka přece nejsou bodové náboje! Použít tedy pro odhad síly mezi nimi Coulombův zákon může být nanejvýš velmi, velmi hrubou aproximací.

**Na úvodní vysokoškolské úrovni** může být naše měření motivací k tomu, počítat sílu mezi brčky přesněji. Přirozenou další aproximací je odhad vycházející z představy velmi dlouhých brček. V limitě nekonečně dlouhých brček můžeme k určení intenzity pole použít Gaussovu větu. Po příslušném výpočtu dostaneme pro velikost náboje vztah  $Q = \sqrt{L \cdot r \cdot F / (2k)}$  kde  $L$  je délka brčka a  $r$ , tak jako výše, vzdálenost mezi brčky. „Vznáší-li se“ horní brčko nad spodním ve vzdálenosti 2 cm a je-li délka brček 16 cm, vychází velikost náboje přibližně 30 nC.

Podrobnější popis výše uvedených výpočtů pro určení velikosti náboje je uveden v [15]. Tam je zmíněna i další možnost výpočtu: Integrací lze dojít ke vzorci popisujícímu sílu mezi dvěma rovnoběžnými homogenně nabitými úsečkami stejné délky. Jde o docela „učebnicový výpočet“ – byť bez motivace, kterou nyní máme, by podobný příklad působil trochu uměle. Z daného vztahu lze určit náboj. Výsledek můžeme považovat za „přesný výpočet“. (Uvozovky jsou zde dány skutečností, že reálně nejsou brčka rovnoměrně nabita, jejich náboje nemusí být úplně stejné a působí zde další ve výpočtu nezahrnuté vlivy.)

„Přesný vzorec“ můžeme použít k odhadu, jak nepřesné byly výše zmíněné výpočty vycházející z Coulombova zákona a Gaussovy věty. Výsledek ukazuje obr. 4. Pro vzdálenost brček od dvou do čtyř centimetrů nepřesahuje chyba výpočtu na základě Gaussovy věty deset procent. A dokonce ani užití Coulombova zákona nevypadá až tak „zavrženíhodně“: I pro brčka vzdálená pouhý jeden centimetr dá tento odhad třetinu správné velikosti náboje. Dostáváme tedy alespoň řádovou shodu. (Se studenty pak můžeme diskutovat, proč je daný odhad vůbec použitelný.)



Obr. 4. Hodnoty náboje určené při použití Coulombova zákona (spodní křivka) a Gaussovy věty (horní křivka) vzhledem k hodnotě vypočtené z přesného vztahu

Přesnější analytické metody výpočtu jsou samozřejmě nepoužitelné na úrovni střední školy. Nabízí se však ještě jedna možnost. Jde o přibližný numerický výpočet. Stačí si představit brčka „rozsekaná“ na několik úseků (třeba deset), tyto úseky brát jako bodové náboje a spočítat celkovou sílu mezi jednou a druhou řádkou nábojů. Příslušný výpočet lze provést třeba v Excelu. Ukazuje se, že je-li délka úseků menší nebo rovna vzdálenosti brček, dá tento postup až překvapivě přesné výsledky.

**Další možnosti** jak určit náboj mohou spočívat v přitahování brčka k vodivé desce nebo ve využití kondenzátoru a běžného multimetru – bližší popis tohoto měření viz [15].

## Závěr

Jak již bylo uvedeno výše, pokusy zde popsané jsou užívány ve volitelném semináři pro budoucí učitele fyziky. Tento seminář je zároveň motivací pro další rozvoj těchto a podobných experimentů. Pokusy byly též prezentovány českým učitelům fyziky ze základních a středních škol na dílně „Náboje kam se podíváš“ na konferenci Dílny Heuréky 2009 a na konferenci „Jak učím fyziku“ ve Vlachovicích v říjnu 2009 – a to jako náměty a inspirace jak pro užití v běžné výuce, tak ve speciálních seminářích nebo v případných žákovských projektech. Zájem budoucích i současných učitelů svědčil o tom, že po jednoduchých experimentech, které zároveň nejsou pouhými hříčkami, je „poptávka“.

Věřme tedy, že nejen v případných kurikulárních dokumentech, ale i ve skutečné školní praxi budou reálné experimenty ve výuce fyziky, alespoň u dobrých učitelů, trvalou prioritou.

## Literatura

- [1] Lorem Ipsum. Dostupné online na <http://www.lipsum.com/>. (Cit. 31. 8. 2010.)
- [2] Fullan M.: *Planning, doing, and coping with change*. In: Gilbert J. (ed.): *The RoutledgeFalmer Reader in Science Education*. RoutledgeFalmer, London and New York, 2004. Přetištěno z publikace *The New Meaning of Educational Change*, Teachers College Press, New York, 2001.
- [3] Liessmann K. P.: *Teorie nevzdělanosti. Omyly společnosti vědění*. Český překlad Academia, Praha, 2008.



- [4] Zde se mi bohužel nepodařilo dohledat zdroj. Patrně tato historka koluje v různých verzích v ústním i písemném podání.
- [5] Dvořák L.: *Klíčové kompetence nejsou posvátná kráva – a přesto nejsou k zahození*. In: Rauner K. (ed.): Sborník konference Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 3. ZČU, Plzeň 2007.
- [6] *2010 Digital Universe Study*. Dostupné online na [http://gigaom.files.wordpress.com/2010/05/2010-digital-universe-iview\\_5-4-10.pdf](http://gigaom.files.wordpress.com/2010/05/2010-digital-universe-iview_5-4-10.pdf) (cit. 25. 10. 2010).
- [7] *DIKW*. In: Wikipedia, the free encyclopedia. Dostupné online na <http://en.wikipedia.org/wiki/DIKW> (cit. 25. 10. 2010).
- [8] Dvořák L. a kol.: *Lze učit fyziku zajímavěji a lépe? Příručka pro učitele*. Matfyzpress, Praha 2008.  
Dostupné též online na <http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/PriruckaProUcitele.pdf> (cit. 25. 10. 2010).
- [9] Woit P.: *Dokonce ani ne špatně. Lesk a bída strunové teorie*. Český překlad Paseka, Praha, 2010.
- [10] Sassi E., Vincentini M.: *Aims and Strategies of Laboratory Work*. In: *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. (Vicentini M., Sassi E., eds.) I.C.P.E., New Delhi 2010.  
Dostupné online na [http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/Sassi\\_Vicentini.pdf](http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/Sassi_Vicentini.pdf) (cit. 25. 10. 2010).
- [11] Ješková Z., Mackovjaková Z.: *Interaktívne demonstračné experimenty podporované počítačom a ich využitie vo vyučovaní*. In: tento sborník (příspěvků konference DIDFYZ 2010)
- [12] Thronton R. K., Sokoloff D. R.: *Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics*. Wiley, 2008.
- [13] 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, C Hurkett, L Rogers (Lulu/The Centre for Interdisciplinary Science, Leicester, 2010) ISBN 978-1-4461-6219-4.
- [14] Dvořák L.: *Hrátky s elektrickým nábojem*. In: „*Jak učím fyziku?*“ Sborník příspěvků semináře JČMF. Vlachovice, 14. – 17. 10. 2009. Ed. R. Seifert, PF UJEP Ústí n.L., 2009. ISBN 978-80-7015-005-4., s. 1-7
- [15] Dvořák L.: *Simple quantitative electrostatic experiments for teachers and students*. In: *Proceedings of GIREP 2010*. (zasláno do tisku)

**Pozn.:** Práce spojené s tímto příspěvkem byly v roce 2010 podpořeny rozvojovým projektem MŠMT ČR č. 14/38/2010 „Podpora informačních center a spolupráce se středními školami i veřejností na MFF UK“ a v jeho rámci dílčím projektem „Heuréka a rozvoj vzdělávání učitelů fyziky“.