

Magická hůlka Wander Fly a český fyzikář

LEOŠ DVOŘÁK

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha

„Magická hůlka“ Wander Fly slibuje, že z vás během pár chvil udělá čaroděje levitujícího krásné třpytivé objekty. Opravdu to funguje! Jde o jednoduchý Van de Graafův generátor. Protože je tato hračka nyní dostupná i v ČR, mohla by se stát zajímavou a levnou pomůckou pro výuku fyziky. Příspěvek popisuje některé možnosti jejího využití, které mohou napadnout (nejen českého) učitele fyziky. Uvádí také, jak lze nahradit originální levitující objekty z tenké fólie, které se snadno poškodí. Krátce také zmiňuje, jak lze některé vlastnosti „magické hůlky“ zjistit pomocí přibližných kvantitativních měření i na středoškolské úrovni.

Co je hůlka Wander Fly a co umí

„Magická hůlka“, viz obr. 1, je hračka, která se zřejmě prodává (a na internetu nabízí) hlavně v USA a to pod různými jmény: Wander Fly resp. Wander Fly Stick, Fun Fly Stick nebo Magic Wand. Vyrábí se, jak jinak, v Číně. Návod praví, že jde o „miniVan de Graafův generátor“. Umožňuje levitovat třpytivé objekty ze stříbřité fólie (viz obr. 2): nabije je, takže se pak od ní odpuzují; elektrostatická síla umožňuje vyrovnat jejich tíhu. Děti si s hůlkou jistě užijí spoustu legrace. Nedala by se však využít i jinak, než k hraní si na Harryho Pottera?



Obr. 1. Magická hůlka



Obr. 2. Nabitý konec hůlky odpuzuje kroužek z fólie, který předtím hůlka nabíla

Otázky českého fyzikáře

Dostane-li hůlku do ruky český fyzikář, napadne ho nepochybně řada otázek. Ale spoň tak usuzují podle sebe.

První reakcí alespoň v mém případě nebyla otázka, ale výkřik: „Jééé, to chci!“ Pak nastoupí profesionálnější reakce a s ní otázky:

- Co to umí?
- Jaké to má vlastnosti?
- Jak to funguje? Co je uvnitř?
- K čemu všemu by to šlo využít? (Ve výuce fyziky, samozřejmě.)
- Nešlo by něco z toho nahradit něčím levnějším?

Poslední otázka byla inspirována skutečností, že létající objekty jsou ze skutečně tenké fólie, která se nejspíš může časem potřhat – a náhradní sada třech objektů stojí pět dolarů. Sám přístroj je jinak značně levný, jen asi sedmnáct dolarů. Dovoz z USA ovšem může koupit o dost prodražit.

Naštěstí tuto hračku už začala nabízet řada internetových obchodů i v ČR. Některé poměrně drazé, za ceny přes tisíc Kč. Ale již při přípravě tohoto článku jsem našel tři prodejce (všechny z Moravy) nabízející magickou hůlku za cenu jen 299 korun plus poštovné. Aby nebyl článek označen za reklamu, neuvedu jejich jména; na internetu je lze snadno dohledat. Jen pozor, pod názvem „magická hůlka“ najdete na internetu i leccos jiného. (Sousloví „magická levitační hůlka“ funguje lépe.)

Pojďme se ale raději podívat na některé vlastnosti magické hůlky – a alespoň zčásti tak odpovědět na některé z výše uvedených otázek.

Jaký náboj hůlka generuje?

V anglickém návodu se jednoznačně praví, že hůlka generuje „negative charge“ a tedy nabíjí objekty z fólie na záporný náboj. Fyzikář se ale radši přesvědčí sám – a zjistí, že plastová tyč elektrovaná třením objekt nabitý hůlkou neodpuzuje, ale *přitahuje*. Totéž můžeme ověřit indikátorem s bipolárními tranzistory, který už byl na Veletrhu kdysi předváděn a popsán [1], viz obr. 3. Anglickému návodu k magické hůlce tedy není radno věřit!



Obr. 3. Indikátor s tranzistory ukazuje, že magická hůlka na konci generuje *kladný* náboj

Co je uvnitř?

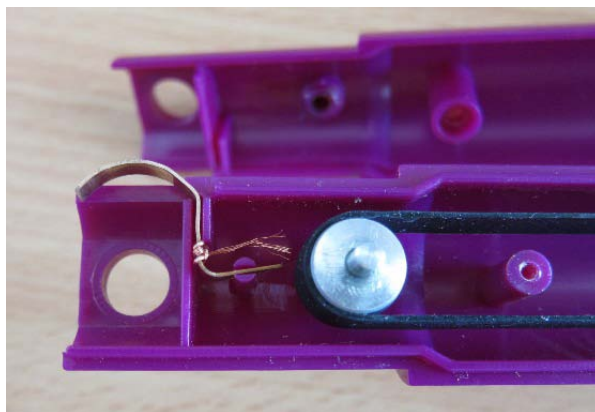
Když je návod tak nespolehlivý, jak je to s principem přístroje? Přiznám se, že jsem původně čekal vevnitř nějakou elektroniku, podobně jako v některých bateriových zapalovačích plynu. Rozebereme-li však hůlku (i když před tím návod varuje), zjistíme, že uvnitř žádná elektronika není. První dojem je ten, že vevnitř není skoro nic, viz obr. 4.



Obr. 4. Vnitřek magické hůlky

Je tu pás, dvě malé kladky, motorek a pár plíšků. Takže návod v tomto bodě nelhal – přístroj opravdu pracuje na principu Van de Graafova generátoru.

Na rozdíl od školního Van de Graafova generátoru se ale pás u motorku o nic netře. Vysvětlení, jak přesně se v této hračce generuje náboj (zřejmě díky kontaktu plastové kladky a pásu), by chtělo podrobnější zkoumání a rozbor. To odložme na jindy. Zatím jen poznamenejme, že českého fyzikáře může napadnout, že odsávání náboje na konci hůlky jediným hrotem je asi dost neefektivní. Nepracoval by přístroj lépe, kdyby tam hrotů bylo víc? Což takhle omotat plíšek tenkým kablíkem tak, aby konce jednotlivých licen byly blízko plochy pásu, jak to ukazuje obr. 5?



Obr. 5. Námět, jak zlepšit odvod náboje z pásu generátoru

Úprava rozhodně přístroj nezničila. Naopak, měření popsaná v dalších odstavcích se zdají naznačovat, že hračka pak generuje náboj rychleji. (Zatím jsem ale porovnával jen jeden upravený a neupravený kus, takže jde dosud spíše o námět, který bude třeba dalšími zkouškami a měřeními potvrdit nebo vyvrátit. Berte proto tento podnět spíše jako inspiraci, jak by snad šel přístroj vylepšovat. Prostoru pro experimenty a inovace je tu zřejmě pro české fyzikáře a jejich studenty dost a dost.)

Proměřujeme magickou hůlku

Známe už znaménko náboje, který přístroj generuje – ale co další vlastnosti? *Jak velký je třeba náboj na konci hůlky?*

Na tuto otázku odpoví měření pomocí měřiče náboje. V mém případě dalo hodnotu zhruba 200 nC. Pomůže odpovědět i na podobnou otázku: Jak velký je náboj na vznášejícím se objektu z tenké fólie? Pro objekt o průměru asi dvacet centimetrů v mém případě vycházely hodnoty asi šedesát až devadesát nanocoulombů.

Uvedené hodnoty (a také třeba údaj o hmotnosti levitujícího objektu) by šly využít k odhadům velikosti elektrického pole v blízkosti tyčky. Podobné otázky by možná mohly být námětem pro některé studentské práce či projekty.

Pojďme se však podívat na další měření, které se dá kupodivu udělat velmi jednoduše. Odpoví na otázku, *jak rychle* přístroj generuje náboj. Přesněji řečeno, protože přístroj samozřejmě náboj nevytváří z ničeho, jak rychle přesouvá náboj z rukojeti (kde se u vypínače dotýkáme rukou kovové části) na konec hůlky.

Náboj za čas ovšem znamená proud. Nešel by tento proud změřit ampérmetrem? (Pochopitelně, na nějakém citlivém rozsahu, přístroj jistě nedává coulomb za sekundu, aby nám ampérmetr ukázal jeden ampér. Ostatně, i kdyby to byly jen desítky miliampér, nejednalo by se při vysokém napětí o hračku, ale o životu nebezpečnou zbraň.)

Kupodivu, proud jde změřit i běžným multimetrem za pár set korun. Na rozsahu 200 mikroampér ukazuje i desítky μA . Připojíme-li ho k oběma pólům hračky, jak to ukazuje obr. 6, ukáže „při běhu“ proud právě několik desetin mikroampéru. (Po úpravě uvedené výše byl proud až 1,2 μA .)



Obr. 6. Měření proudu, který magická hůlka dodává. (Na fotografii není vidět desetinná tečka před poslední číslicí; údaj je 0,4 μA .)

Poznamenejme, že přesněji lze malé proudy měřit tak, že použijeme napěťové rozsahy multimetru (jak to bylo ukázáno v [2]). Ten má na nich vnitřní odpor 10 $\text{M}\Omega$ (je nutno ověřit, může se lišit). Proud 0,4 μA na tomto odporu způsobí spád napětí 4 V – multimetr tedy ukáže 4 V.

České náhradní díly

Pojďme se ještě podívat, zda něco z originální dodávky nelze nahradit. Létající objekty z fólie lze nabít a odpuzovat i elektrovanou plastovou tyčí, o tom se zmiňuje už

originální návod. (Není to ovšem tak pohodlné, jako se samotnou hůlkou.) Ale co samotné objekty, když se fólie potrhá?

První nápad, využít alobal, bohužel nefunguje; alobal je na levitaci beznadějně těžký. Co ale funguje, je „záchranná izolační fólie“ prodávaná v obchodech se sportovními potřebami. Za cenu 85 Kč dostaneme tři čtvereční metry (220 x 140 cm) fólie o hmotnosti asi 40 g. Objekty z ní nastříhané se magickou hůlkou pěkně nabíjejí a pak nad ní vznášejí. Originální fólie je nejspíš ještě trochu tenčí a objekty z ní levitují, zdá se, o něco lépe, ale záchranná fólie je přesto velmi dobře použitelná.

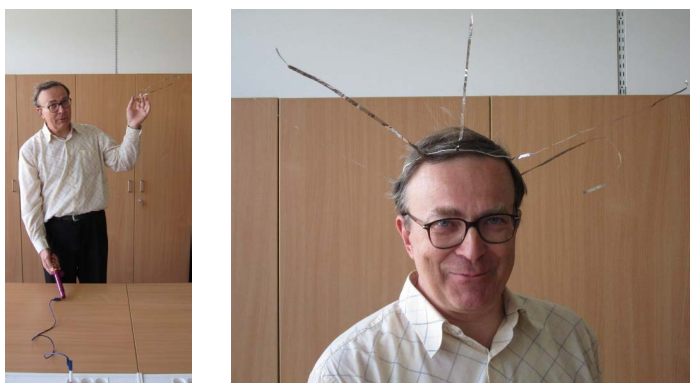
Levitace – a co dál? Náměty na další pokusy

Na co se magická hůlka hodí kromě hraní si na čaroděje? Na spoustu věcí, kdy potřebujeme něco nabít. Například plechovku, viz obr. 7. (Papírový konec hůlky přitom sundáme a plechovky se dotýkáme plíškem, který odvádí náboj z pásu.) S nabitou plechovkou můžeme provádět všechny běžné pokusy: proužek alobalu na plechovce se od ní odpuzuje, doutnavka či zářivka při přiblížení k plechovce blikne, dotkneme-li se plechovky, dostaneme ránu, atd.



Obr. 7. Nabíjení plechovky magickou hůlkou.

Zajímavou (a pro žáky zřejmě přitažlivou a motivující alternativou) je místo plechovky nabít člověka. Stačí, když člověk drží magickou hůlku v ruce, rukou se dotýká kovu u spínače a plíškem na konci hůlky se dotýká uzemnění, třeba kolíku zásuvky, viz obr. 8. V tom případě se člověk nabije záporně (kladný náboj odchází do země, z kovu u tlačítka hůlky přecházejí na člověka záporné náboje). Samozřejmě přitom musí stát na izolační podložce, například na kusu polystyrenu, nebo mít dobře izolující podrážky bot.



Obr. 8. Magická hůlka nabíjí člověka – výsledek ukazují vlasy nebo pásky z fólie.

Pásky z fólie indikují, že je člověk nabitý. Nabijeme-li se a držíme v ruce objekt z tenké fólie, odpuzuje se od nás; může se i vznášet nad naší rukou, stejně jako se předtím vznášel nad koncem magické hůlky.

Pomocí proužků fólie můžeme demonstrovat i to, že v dutině vodiče je elektrické pole nulové. Stačí „dutinu“ vytvořit z hlavy a naší ruky, jak to ukazuje obr. 9.



Obr. 9. Proužek fólie v „dutině“ mezi hlavou a rukou se nevychyluje, protože elektrické pole je tam (přibližně) nulové. (Proužek na druhé straně se od hlavy odpuzuje; indikuje tak, že člověk je opravdu nabitý.)

Poznamenejme, že magickou hůlkou se uvedeným způsobem můžeme nabít až na několik μC . (Při mých měřeních šlo až o $5 \mu\text{C}$.) Při vybíjení pak dostaneme poměrně značnou „ránu“ a přeskóčí slyšitelná jiskra; je lépe držet přitom v ruce nějaký kovový předmět.

Působivou variantou je postavit na izolační podložky dva lidi. Jeden drží v ruce magickou hůlku, druhý si sáhne na plíšek na konci hůlky. Pokusné osoby se nabijí na náboje opačné polarity. (Hůlka přenáší náboj od jednoho k druhému.) Vzájemné vybití pomocí slyšitelné a viditelné jiskry lze vhodně realizovat pomocí dvou naběraček, které k sobě přiblíží kulatými částmi. (Pokud bychom použili něco, co má hroty, náboj předčasně vysrší a jiskra není zdaleka tak intenzivní a efektní.) Nečekejte ovšem jiskry jako z indukční elektriky: napětí mezi nabitými lidmi lze odhadnout jen na desítky kilovolt (zhruba do 50 kV), takže jiskra má délku maximálně něco přes centimetr.

Závěr

Předchozími řádky a pokusy jsem se pokusil ukázat, že magická hůlka Wander Fly může být docela užitečnou pomůckou. Doufám, že vám některé z uvedených námětů mohou dát inspiraci, jak ještě více „elektrizovat“ vaše hodiny fyziky.

Literatura

- [1] Dvořák L.: *Netradiční měřicí přístroje 2*. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 7. Prometheus, Praha, 2002, s.143-148.
- [2] Dvořák L.: *Netradiční měřicí přístroje 4*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 14. MU Brno, 2009, s.82-86.