

Využití geometrického software GEONEXT ve výuce paprskové optiky

DAVID KORDEK

Lékařská fakulta UK, Hradec Králové

Úvod

Článek je určen především učitelům fyziky na středních školách a představuje jednu z možností využití matematického software při výuce. Primárně je ukázka zaměřena na využití geometrického software GEONEXT ve výuce paprskové optiky.

V současné době stále roste u žáků středních škol zájem o počítače a jiné moderní přístroje spojené s počítači. Na tuto situaci by, podle mého názoru, měli učitelé reagovat. Pokud by to znamenalo zvýšení zájmu žáků o fyziku, pak je třeba uvažovat o možnostech, jak promyšleně a efektivně zařadit počítače i do výuky fyziky. Jednu z nich nabízí dále popsany matematický program GEONEXT.

Proč právě program GEONEXT?

Program GEONEXT je dynamický matematický software, který poskytuje pro výuku fyziky nové možnosti práce s učivem, a nabízí nové možnosti vizualizace, která nemůže být realizována na papíře nebo tabuli tradičními konstrukčními metodami. Program podléhá licenci GNU GPL, tedy patří do skupiny tzv. *Free Software*, neboli *svobodný software* (software, ke kterému je k dispozici také zdrojový kód, spolu s právem tento software používat, modifikovat a distribuovat). Samotné free software má v angličtině však také druhý význam, který znamená software zadarmo, tedy něco zcela odlišného a obvykle se označuje jako *freeware*. Jak je uve-

deno na stránkách autorů software [4]: „GEON_xT může být použit ve škole nebo domácnosti, a to zdarma. Tento software může být poskytnut studentům bez problémů s kopírovacími právy.“ To je jistě nesporná výhoda oproti obdobným, avšak komerčním programům.

Instalace a spuštění programu

Software můžeme získat na webové stránce: <http://geonext.uni-bayreuth.de/>. Na této stránce můžeme vybrat po označení jazyka „Czech“ instalaci pro námi používaný operační systém, na výběr máme Windows, Linux a Mac OS. Pokud nechceme, nebo nemůžeme software instalovat (užitečné zejména pro učitele, kteří nemají oprávnění k instalaci) můžeme použít odkaz „**Run GEON_xT online**“, a pracovat tak s programem v režimu online. Při práci v režimu „online“ můžeme také vytvořený soubor uložit na osobní disk. K práci s programem v režimu „online“ je třeba mít v počítači instalován „JavaTM 2 Runtime Environment 1.4“.

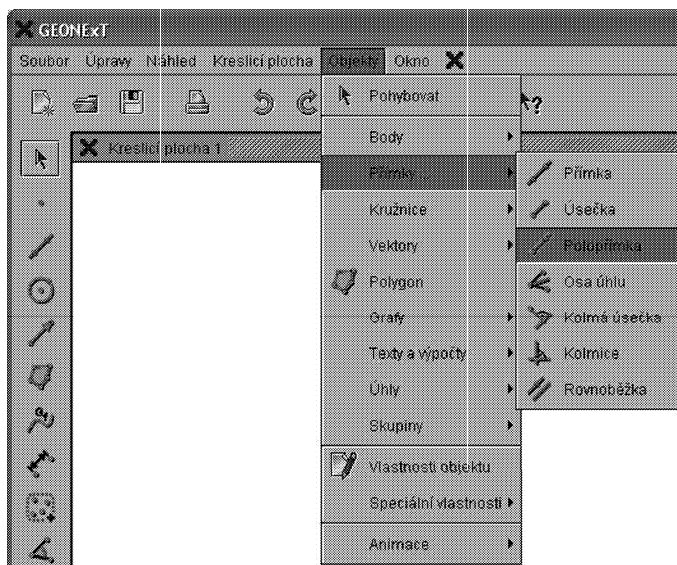
Základní ovládání programu

Ovládání programu se ničím zásadně neodlišuje od ovládání obdobných komerčních programů. Tedy ovládáme buď pomocí „kontextového menu“, nebo přímo pomocí lišt s nástroji, kde jsou k dispozici obrázková tlačítka. Nabídka „Soubor“ z „kontextového menu“ obsahuje mimo jiné položku „Nová kreslicí plocha“. Tuto položku vybereme, pokud chceme vytvářet nové objekty. Na novou kreslicí plochu můžeme kromě samotných geometrických objektů umístit mřížku, soustavu souřadnic, nebo vlastní obrázek. Po vytvoření daného geometrického objektu jej můžeme exportovat do HTML, PNG, SVG či vytvořit Diashow.

Vkládání objektů

Objekty na kreslicí plochu vkládáme výběrem položky „Objekty“ z „kontextového menu“, jak ukazuje obr. 1. V objektech vybereme příslušný objekt, který chceme nakreslit a poklepem na kreslicí plochu jej nakreslíme. Objekty, které nechceme na ploše vidět, ale chceme s nimi dále pracovat, můžeme označit jako skryté (objekty/speciální vlastnosti/skryt). Objekty se mohou přes pohyb vázaného bodu samy pohybovat, a my máme možnost nechat si vykreslit stopu pohybu tohoto objektu. Program nám dále umožňuje měřit úhly a vzdálenosti definovaných objektů. Výhodou při těchto měřeních je „dynamičnost“ tohoto programu, což chápeme tak,

že pokud např. v trojúhelníku měníme pohybem myši jeden vrchol, velikosti vnitřních úhlů a velikosti stran tohoto trojúhelníku se automaticky přepočítávají.

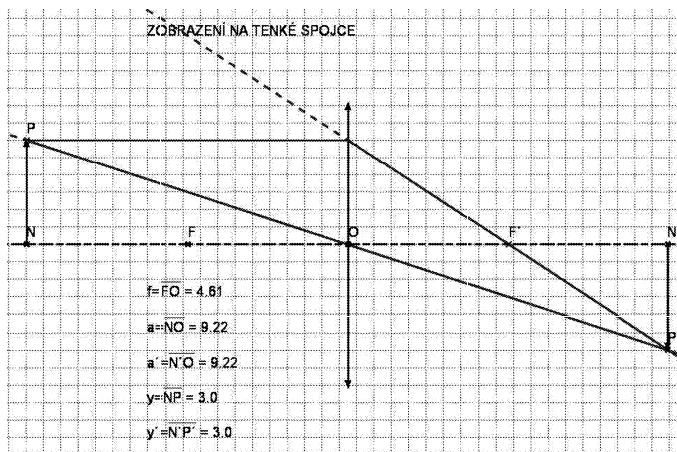


Obr. 1 Výběr konkrétního objektu z menu „Objekty“

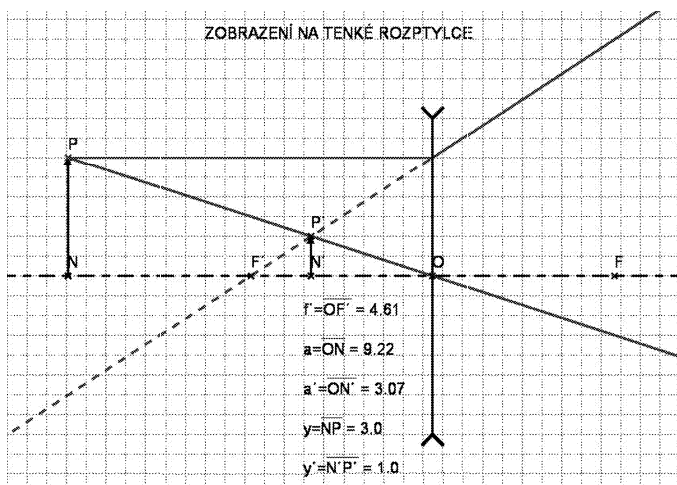
Paprsková optika

Pro ukázkou použití programu GEONEXT ve výuce fyziky jsem zvolil oblast paprskové optiky, tedy oblast velmi vhodnou pro použití tohoto programu. Konkrétně zobrazování na tenkých čočkách. Jako příklad na kreslicí ploše tedy znázorníme základní situaci pro konstrukci zobrazení na tenké spojce a rozptylce, jak vidíme na obr. 2 a 3. Obrázky byly vytvořeny s použitím předvolené funkce programu, konkrétně „Soubor/Exportovat/PNG“. Bodu P , který označuje koncový bod předmětu, definujeme pohyb, a při správné konstrukci se pak bude pohybovat i koncový bod obrazu P' konkrétně tak, aby pohyb odpovídal zobrazovací rovnici (program bere vzdálenost jako nezáporné číslo, tedy v určitých případech je třeba přidat znaménko minus, aby výpočet odpovídal zobrazovací rovnici). Žák tak vidí plynulý proces změny velikosti obrazu a jeho vzdálenosti od středu čočky vlivem změny polohy předmětu. Pohyb lze v libo-

volném časovém okamžiku zastavit a pracovat tak s kreslicí plochou jako s tabulí. Můžeme tak například žákům ukázat, že v určité situaci má obraz poloviční velikost než předmět. K tomu v programu stačí spustit „Texty a výpočty/Měřit vzdálenost“ a příslušné vzdálenosti změřit.



Obr. 2



Obr. 3

Obdobným způsobem lze s ukázkou pracovat v režimu online, bez instalace software. Což se zdá být užitečné, zejména v případě, že není program na školních počítačích nainstalován. Jako další varianta využití se jeví možnost vložení celého programu do osobní webové stránky, kde můžeme připravit žákům různá cvičení, příklady, ukázky, domácí úkoly. Tento způsob můžeme použít jak při výkladu, tak při zkoušení, nebo opakování. Konkrétní ukázkou popsaného využití naleznete na stránce **<http://geonext.interaktivni-ucebnice.info/>** [5], kde v menu „cvičení“ můžeme žákům v připravené konstrukci skrýt hodnotu a' , pomocí pohybu bodu P vybrat konkrétní hodnotu a , a nechat dopočítat a' . Výsledek můžeme snadno zkontrolovat odkrytím hodnoty a' . I v tomto režimu použití programu můžeme v konstrukci provádět veškeré standardní operace, jako by byl program nainstalován.

Odpůrci využívání počítačů ve výuce mohou namítnout, že žáci nevidí postup konstrukce význačných paprsků. Což ovšem není pravda, protože můžeme celou konstrukci krok po kroku vytvářet přímo před žáky, tedy i s jejich aktivní účastí. Variantu, při které je již konstrukce hotová, jsem v příspěvku použil pouze z časových důvodů. Pro výuku nemusí být metodicky správná.

Závěr

Tato ukázka je jen jedním z mnoha možných použití programu GEO-NEXT ve výuce fyziky pro učitele, kteří chtějí vyučovat moderněji a pro žáky snad poutavěji. Jako další užití tohoto programu ve vyučování fyziky můžeme uvést např. skládání rovnoběžných sil (v programu uijíme vektory, posunuté vektory) aj.

Literatura

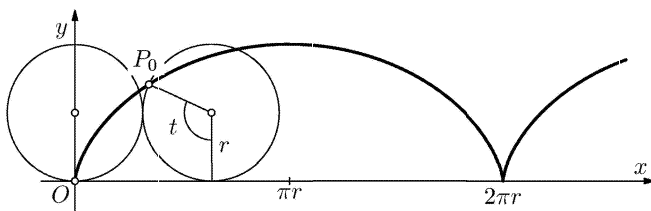
- [1] *Kordek, D.*: Interaktivní učebnice Zrak a Zvuk ve výuce na střední škole. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2009. 34 s. ISBN 978-80-7435-017-7.
- [2] *Svoboda, E., aj.*: Přehled středoškolské fyziky. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2006. 517 s. ISBN 80-7196-307-0.
- [3] *Musílek, M.*: Geonext Open Source Software ve výuce matematiky a fyziky 1. 2006. 16 s.
- [4] <http://geonext.uni-bayreuth.de/>
- [5] <http://geonext.interaktivni-ucebnice.info/>

Tři náročnější úlohy z fyziky, při jejichž řešení se můžeme setkat s cykloidou

MIROSLAVA JAREŠOVÁ

SŠPST a VOŠ Chrudim

Než se začneme zabývat problematikou cykloidy ve fyzice, řekneme si, jak cykloida vznikne a jak vypadá. V našich úvahách se omezíme na prostou cykloidu, kterou opisuje bod kružnice, která se bez skluzu kutálí po přímce.



Obr. 1 Cykloida

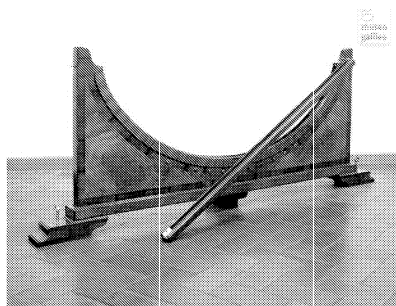
Parametrické rovnice prosté cykloidy jsou dány vztahy

$$x = r(\varphi - \sin \varphi), \quad y = r(1 - \cos \varphi),$$

kde $\varphi \in R$ je parametr.

Cykloida je křivka, se kterou je možno se ve fyzice setkat velmi často, což si někdy ani neuvědomujeme. Podíváme-li se na historii této křivky, je možno říci, že to byla asi nejsledovanější křivka v 17. století.

Jako první se cykloidou zabýval Galileo Galilei od roku 1599, od něhož také pochází název cykloida. Galilei tuto křivku pojmenoval, definoval a vytvořil řadu modelů této křivky. Sám odhadl (pomocí vážení) velikost plochy vymezené cykloidou a přímkou, po které se odvaluje tvořící kružnice, dále pak navrhl její tvar jako vhodný pro vytváření oblouků mostů. Sám ji ale příliš podrobně matematicky nezkoumal. To přenechal svým následovníkům.



Obr. 2 Model cykloidy dle Galilea [2]

Řekněme si alespoň o některých z nich. V roce 1634 *Roberval* provedl výpočet plochy ohraničené obloukem cykloidy a osou a dospěl ke správnému závěru $S = 3\pi r^2$, někdy po roce 1658 *Wren* určil správně délku oblouku cykloidy $l = 8r$.

V roce 1673 objevil *Huygens*, že cykloida má tu vlastnost, že částice P klouzající po cykloidě bude vykonávat periodický kmitavý pohyb ve směru osy y nezávislý na rozkmitu (tzv. *tautochróna*). Toto publikoval pod názvem *Horologium oscillatorium*.

V roce 1696 zformuloval *Johann Bernoulli* tzv. úlohu o *brachystochroně*, a to tak, že ve vertikální rovině zvolil dva body, které neleží ve svislé přímce. Měla se nalézt křivka, po které by se měl hmotný bod pohybovat působením konstantní tíhové síly, aby dospěl z jednoho bodu do druhého za co nejkratší dobu.

Johann Bernoulli vzápětí tuto úlohu vyřešil – hledaná křivka je cykloida. Řešení podal i jeho bratr *Jacob*, *Newton*, *Leibniz* i *l'Hospital*.

Řešení obou bratrů ukazovala, jak mají oba rozdílné přístupy k řešení matematických problémů. *Johann* došel k výsledku pomocí své „geniální“ intuice s využitím *Fermatova principu* o šíření světla, naopak *Jacobův* „systematický“ postup vedl k objevu *variačního počtu*, k němuž dal *Johann* tímto podnět.

V další části si naznačíme řešení některých z výše uvedených „historických“ problémů, a to na co nejnížší úrovni matematických znalostí.

První úloha se bude týkat určení délky oblouku cykloidy.

1. Délka oblouku cykloidy

Určete délku jednoho oblouku cykloidy dané parametricky

$$x = r(\varphi - \sin \varphi), \quad y = r(1 - \cos \varphi),$$

kde $\varphi \in R$ je parametr.

Řešení

Budeme uvažovat, že úhlová rychlost bodů po kružnici při odvalování po přímce je ω . Pak lze parametrické rovnice přepsat do tvaru

$$x = r(\omega t - \sin \omega t), \quad y = r(1 - \cos \omega t).$$

K tomu, abychom mohli určit délku oblouku cykloidy, určíme nejprve velikost okamžité rychlosti bodu na obvodu kružnice při odvalování. Nejprve určíme složky rychlosti

$$v_x = \frac{d x}{d t} = r\omega(1 - \cos \omega t),$$

$$v_y = \frac{d y}{d t} = r\omega \sin \omega t,$$

kde $\varphi = \omega t \in \langle 0, 2\pi \rangle$.

Potom

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = r^2\omega^2(1 - 2\cos\omega t + \cos^2\omega t + \sin^2\omega t) = 4r^2\omega^2 \sin^2 \frac{\omega t}{2},$$

z čehož

$$v = 2r\omega \sin \frac{\omega t}{2}.$$

Délku oblouku cykloidy pak určíme užitím vztahu

$$l = 2 \int_0^{\frac{T}{2}} v(t) \, d t = 2 \int_0^{\frac{T}{2}} 2r\omega \sin \frac{\omega t}{2} \, d t.$$

Než začneme integrovat, dosadíme ještě za $\omega = \frac{2\pi}{T}$, kde T je doba jedné otáčky kružnice. Potom

$$l = 4r \frac{2\pi}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin \frac{\pi t}{T} dt = 4r \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{\pi} \left[-\cos \frac{\pi t}{T} \right]_0^{\frac{T}{2}} = 8r.$$

Tento výsledek se shoduje s výsledkem, ke kterému dospěl *Wren* ve 2. polovině 19. století.

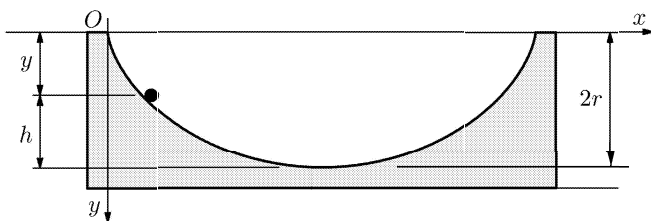
Další úloha se bude týkat určení doby klouzavého pohybu hmotného bodu po oblouku cykloidy.

2. Pohyb po cykloidě

Budeme uvažovat hmotný bod, který se pohybuje klouzavým pohybem po oblouku cykloidy opět dané parametrickými rovnicemi

$$x = r(\varphi - \sin \varphi), \quad y = r(1 - \cos \varphi), \quad \text{kde } \varphi \in \langle 0, 2\pi \rangle.$$

Určete dobu pohybu hmotného bodu po cykloidě.



Obr. 3 Pohyb po cykloidě

Řešení

Nejprve určíme velikost okamžité rychlosti pohybu hmotného bodu po cykloidálním oblouku. Použijeme zákon zachování mechanické energie. Platí

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = 2mgr, \quad (1)$$

kde $h = 2r - y = 2r - r(1 - \cos \varphi)$.

Po dosazení za h do rovnice (1) dostaneme

$$\frac{1}{2}v^2 + 2gr - rg(1 - \cos \varphi) = 2rg,$$

z čehož

$$v^2 = 2rg(1 - \cos \varphi).$$

Po užití součtového vzorce $\sin^2 \frac{\varphi}{2} = \frac{1 - \cos \varphi}{2}$ a odmocnění dostaneme

$$v = 2\sqrt{rg} \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (2)$$

Pro další výpočet je nutné ještě přesněji vyjádřit výraz

$$\frac{ds}{d\varphi} = \sqrt{\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2},$$

kde s je dráha pohybu. Po dosazení za $\frac{dx}{d\varphi} = r(1 - \cos \varphi)$, $\frac{dy}{d\varphi} = r \sin \varphi$ a úpravě dostaneme (obdobným postupem jako v první úloze)

$$\frac{ds}{d\varphi} = 2r \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (3)$$

Vztah (2) je možno vyjádřit ve tvaru

$$\frac{ds}{dt} = 2\sqrt{rg} \sin \frac{\varphi}{2},$$

z čehož

$$ds = 2\sqrt{rg} \sin \frac{\varphi}{2} dt. \quad (4)$$

Po dosazení (4) do (3) a úpravě dostaneme

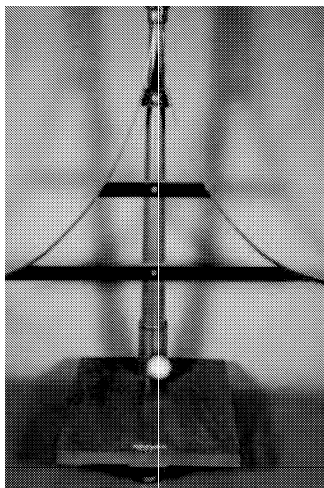
$$dt = \sqrt{\frac{r}{g}} d\varphi.$$

Doba pohybu T po cykloidě je pak dána vztahem

$$T = \int_0^{2\pi} \sqrt{\frac{r}{g}} d\varphi = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}}.$$

Poznámka

Zamysleme se nad tím, jak bude dále vypadat další pohyb částice. Jak již bylo řečeno v úvodní části, Huygens v roce 1673 objevil, že cykloida je tautochróna, což znamená, že bod pohybující se klouzavým pohybem po cykloidě bude vykonávat kmitavý periodický pohyb nezávislý na rozkmitu.



Obr. 4 Huygensovy hodiny [6]

To ale znamená, že hmotný bod, jakmile dosáhne druhé krajní polohy a bude se po stejné křivce vracet zpět, bude konat kmitavý pohyb s periodou kmitu $\tau = 2T = 4\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

Huygensovo zjištění, že cykloida je tauchtchronní křivka, vedlo později ke konstrukci přesných kyvadlových hodin (kývajících po cykloidálním oblouku).

Další úloha se bude týkat problému hledání tzv. *brachystochrony* (tj. křivky nejkratší doby). Jak bylo psáno již v úvodu, zformuloval tuto úlohu Johann Bernoulli v roce 1696. My si v níže uvedeném úloze naznačíme postup, jak tuto úlohu výše uvedený autor vyřešil na základě své intuice.

3. Brachystochrona

Ve svislé rovině máme proložit takovou křivku, aby částice vypuštěná z bodu A a pohybující se v tíhovém poli dosáhla po ní bodu B co nejdříve, tedy v co nejkratší době, přičemž body A a B neleží v téže svislé přímce. Tření a odpor prostředí zanedbejte. (Může jít o kuličku navlečenou na tenkém drátu.)

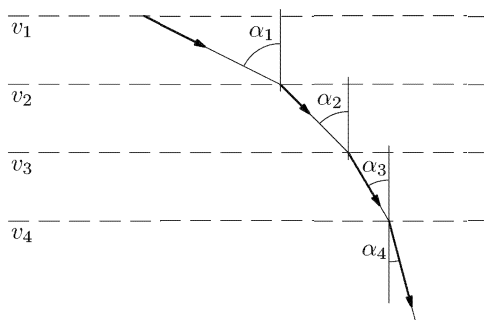
Řešení

Podívejme se nejprve na obr. 5, na němž je zobrazeno prostředí z vrstev. Budeme uvažovat, že v každé oddělené vrstvě je rychlost kuličky konstantní. Použitím vztahu vycházejícího z Fermatova principu nejkratší doby můžeme psát

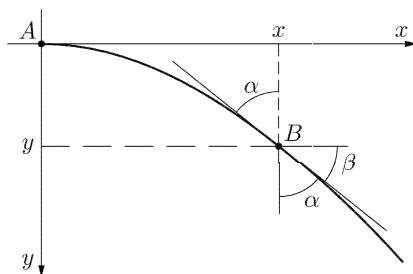
$$\frac{\sin \alpha_1}{v_1} = \frac{\sin \alpha_2}{v_2} = \frac{\sin \alpha_3}{v_3} = \frac{\sin \alpha_4}{v_4}.$$

Uvažujme nyní, že se tloušťka vrstev bude neomezeně zmenšovat a počet vrstev neomezeně poroste. V tomto případě pak můžeme uvažovat, že se rychlost kuličky mění spojitě. Vzhledem k tomu, že $\frac{\sin \alpha_i}{v_i} = \text{konst.}$, můžeme úvahu ukončit vztahem

$$\frac{\sin \alpha}{v} = \text{konst.} \quad (5)$$



Obr. 5 Prostředí z vrstev



Obr. 6 Trajektorie klesání

Představme si dále, že kulička si „umí“ vybrat takovou trajektorii klesání z bodu A do bodu B , aby doba pohybu byla co nejmenší.

V takovém případě, na základě předchozích úvah, můžeme použít vztah (5). Vycházíme-li z principu zachování energie, dostáváme, že rychlost získaná kuličkou v určité výšce, závisí pouze na ztrátě potenciální energie při dosažení této výšky, ale nikoliv na trajektorii, po které se kulička pohybuje. To znamená, že

$$v = \sqrt{2gy}. \quad (6)$$

Po dosazení do vztahu (5) dostaneme

$$\frac{\sqrt{2gy}}{\sin \alpha} = \text{konst.}$$

Potom můžeme psát

$$\sqrt{y} = \text{konst.} \cdot \sqrt{2g} \cdot \sin \alpha = \sqrt{2r} \sin \alpha,$$

kde $r > 0$ je konstanta.

Po umocnění je

$$y = 2r \sin^2 \alpha. \quad (7)$$

Vztah (7) upravíme užitím součtového vzorce na tvar

$$y = r(1 - \cos 2\alpha). \quad (8)$$

Dále podle obr. 6 platí

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{cotg} \alpha = \frac{\mathrm{d} y}{\mathrm{d} x}.$$

Potom

$$\mathrm{d} x = \operatorname{tg} \alpha \mathrm{d} y. \quad (9)$$

Ze (7) vyplývá

$$\mathrm{d} y = 4r \sin \alpha \cos \alpha \mathrm{d} \alpha,$$

což dosadíme do (9). Pak obdržíme

$$\mathrm{d} x = 4r \sin^2 \alpha \mathrm{d} \alpha,$$

což lze opět přepsat užitím součtového vzorce na tvar

$$\mathrm{d} x = 2r(1 - \cos 2\alpha) \mathrm{d} \alpha,$$

z čehož (s užitím počátečních podmínek pro $x = 0$, $y = 0$ je $\alpha = 0$) dostaneme

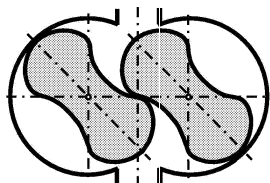
$$x = r(2\alpha - \sin 2\alpha). \quad (10)$$

Položíme-li v (8) a (10) $\varphi = 2\alpha$, dostaneme

$$x = r(\varphi - \sin \varphi), \quad y = r(1 - \cos \varphi),$$

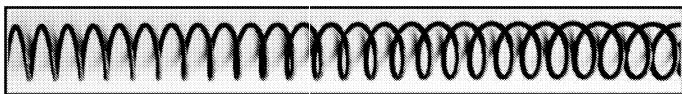
což jsou parametrické rovnice cykloidy.

Co dodat na závěr: popsat křivky pomocí rovnic se snažili lidé již od pradávna. Křivky hrály svou roli při konstrukci různých technických zařízení (v případě cykloidy např. cykloidní ozubení užívané u rotačních dmýchadel (obr. 7)).



Obr. 7 Cykloidní rotory

Co se ale příliš neví (a vědí to v převážné míře jen lidé, kteří se zabývají deskriptivní geometrií), je skutečnost, že cykloida také vznikne jako axonometrický průmět šroubovice, což je znázorněno na obr. 8. Všimněte si, že pokud se na šroubovici „díváme“ pod různými úhly, můžeme vidět cykloidu různých tvarů.



Obr. 8 Pružina (vlastní fotografie)

My jsme se v této části zaměřili na cykloidu. O důležitosti cykloidy svědčí např. i to, že Pascal tvrdil, že cykloida je společně s přímkami a kružnicí křivkou, se kterou se v životě nejčastěji setkáváme.

Literatura

- [1] Amel'kin, V., V.: *Differencialnizje uravnenija v prilozhenijach*. Moskva, Nauka 1987.
- [2] *Brachistochronous fall.*: Dostupné na internetu: <http://catalogue.museogalileo.it/object/BrachistochronousFall.html>>. 14. 3. 2011
- [3] *Cycloid.*: Dostupné na internetu: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Curves/Cycloid.html>>. 14. 3. 2011.
- [4] *Brachistochrone problem.*: Dostupné na internetu: <http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/history/HistTopics/Brachistochrone.html>>. 14. 3. 2011.
- [5] *Tautochronism of the cycloid.*: Dostupné na internetu: <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/esim.asp>> 14.3. 2011.
- [6] *Pendulums.*: Dostupné na internetu: <http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Mechanics/Pendulum/Pendulum.html>> 14. 3. 2011.

Objev kvazikrystalů zasáhl do krystalografie

LUBMÍR SODOMKA

Adhesiv, TUL Liberec

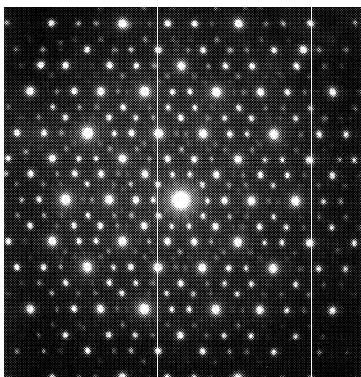
Kvazikrystaly jsou novým typem struktur pevných látek, které v roce 1982 objevil *Daniel Shechtman* se spolupracovníky z Izraelského technologického institutu v Haifě [1]. Jejich objev vzbudil odpor a dokonce i posměch všech, kteří pracovali s krystalografií. Jimi vypěstované krystaly slitiny Al-Mn₁₄ (86 % Al, 14 % Mn) a další měly totiž pětičetnou osu souměrnosti, kterou zákony krystalografie nepřipouštějí. Ta však byla prokázána jak morfologií monokrystalů, tak pomocí rentgenového difrakčního diagramu, tzv. laueogramu. Kvazikrystaly se tak staly akademickou kuriózou až do roku 2011, kdy D. Shechtman (obr. 1) získal za tento objev Nobelovu cenu za chemii. Tato Nobelova cena však mohla být stejně tak udělená za fyziku a to je dalším dokladem těsné souvislosti mezi fyzikou a chemií.

Teorie symetrie krystalů jakožto periodických struktur dokazuje, že v krystalech není možná existence pětičetné osy souměrnosti, která se ob-

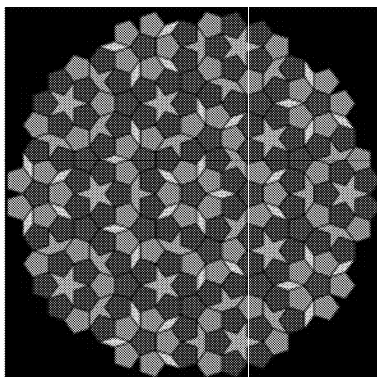


Obr. 1

jevuje v biologických strukturách. Jsou možné jako prvky souměrnosti jen osy souměrnosti jedno-, dvoj-, troj-, čtyř- a šestičetné (viz např. [2], [3]). Kvazikrystaly byly objeveny na dvojných a trojných kovových slitinách jako je např. z dvojných slitin Cd-Yb, V-Ni, Al-Mn₁₄, nebo z trojných slitin Al-Cu-Fe, Cr-Ni-Si, Ti-Zr-Ni, Zr-Ni-Ho a další. Shechtman prokázal existenci kvazikrystalů užitím rentgenové difrakce na monokrystalech Laueovou metodou (obr. 2). Ze získaného laueogramu je patrné, že monokrystal kvazikrystalu Al-Mn₁₄ má 10(5ti) čtenou osu souměrnosti a není tedy klasickým monokrystalem podle zákonitostí krystalografie. Chybí mu totiž operace souměrnosti posuvem a tím i trojrozměrná periodicitata. Dvojrzměrná rovinová struktura kvazikrystalu je na obr. 3.

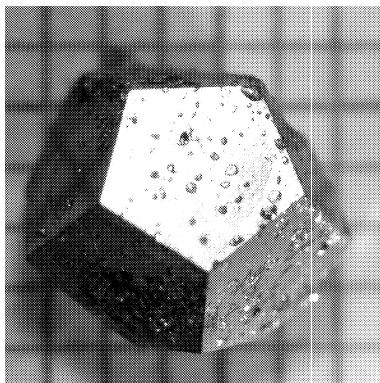


Obr. 2

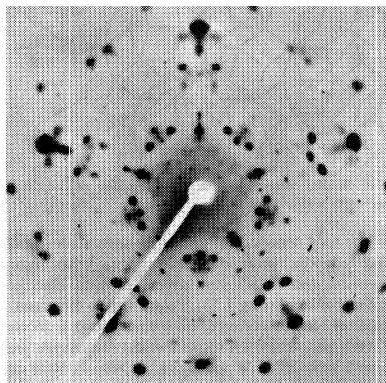


Obr. 3

Kvazikrystal nevykazuje neuspořádanost amorfních látek, o čemž svědčí i monokrystal na obr. 4, který má pětičetnou osu souměrnosti stejně jako příslušný laueogram na obr. 5. V kvazikrystalech neexistuje translační souměrnost, existuje v nich však uspořádání pouze na dlouhé vzdálenosti. Takže kvazikrystaly definujeme jako látky, jejichž monokrystaly mají laueogramy s pěti-, deseti-, dvanácti- atd. čtenou osu souměrnosti. Tak byly i kvazikrystaly zařazeny do třídy krystalů a pevných látek. Rentgenová difrakce je tak jediným kriteriem při definici krystalů a tím se stala významným prostředkem k jejich novému definování. Objev kvazikrystalů s jejich pětičetnou osou souměrnosti přivedl krystalografy k nové definici krystalů: Krystal je jakákoli pevná látka, jejíž difrakční diagram je bodový [4].



Obr. 4



Obr. 5

I když kvazikrystaly na první pohled nepřinesly převratné změny v aplikacích, přesto vykazují řadu zajímavých vlastností. Jsou tvrdé a křehké, mají vynikající tepelně izolační vlastnosti, které se využívají k izolaci spalovacích motorů. Užívají se také ke konstrukci zvláštních LED zdrojů světla. Jejich termoelektrické vlastnosti se uplatňují při přeměně tepla v elektrickou energii. Špatné smáčecí vlastnosti povrchu kvazikrystalů našly využití v konstrukci pánví na pečení značky Cybernox, jejichž povrch má malou přilnavost a extrémní odolnost. Je vidět, že věda se tlačí i do domácnosti.

Představiteli kvazikrystalů nejsou žádné exotické látky, ale dvojné či trojné slitiny hliníku, manganu, železa a titanu (Al-Mn, Al-Cu-Fe, Ti2-Mn, Al4-Fe a další). Dokonce se našla i kvazikrystalická látka v přírodě v ruské řece. Přesto se věda dočkala jejich objevu až v roce 1982, i když náznaky o existenci kvaziperiodických struktur najdeme již v díle *Leonarda Fibonacciho* z roku 1202 [5].

Literatura

- [1] *Shechtman, D., et al.*: Phys. Rev. Letters 53,1984, s. 1951.
- [2] *Sodomka, L.*: Základy fyziky pro aplikace a nanotechnologii. Adhesiv, Liberec 2012 (na CD).
- [3] *Sodomka, L., Fiala, J.*: Fyzika a chemie kondenzovaných látek 1. Adhesiv, Liberec 2003.
- [4] <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kvazikrystal>>
- [5] <<http://tomason.free.fr/kvazi/Kvazi.html>>

Hrajeme si s fyzikou aneb jednoduché pokusy pro malé i velké žáky

3. část - KOUZELNÁ FYZIKA

JANA ČESÁKOVÁ – MICHAELA KRŽIŽOVÁ

Přírodovědecká fakulta UHK, Hradec Králové

Tento článek je pokračováním článků o seminářích zaměřených na jednoduché fyzikální pokusy, které ve spolupráci s Univerzitou Hradec Králové pravidelně organizuje Školské zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků Královéhradeckého kraje [1]. V první části jsme představili pokusy na téma vzduch, ve druhé pak tématem byly kapaliny. Nyní bychom vám rádi přiblížili to, co jsme vyzkoušeli s učiteli na třetím semináři. Tématem byla KOUZELNÁ FYZIKA.

Semináře pro učitele

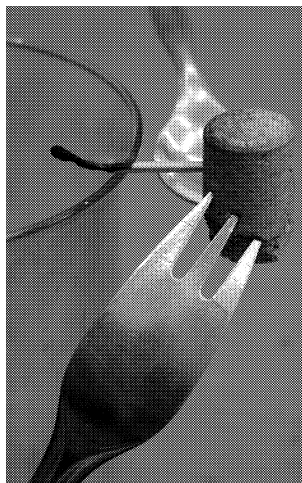
Pro učitele fyziky připravujeme semináře s názvem „Hrajeme si s fyzikou aneb jednoduché pokusy pro malé i velké žáky“. Zde s učiteli procházíme mnoho zajímavých pokusů, které najdete i na akcích Hrajme si i hlavou [2]. S učiteli řešíme různá vylepšení a varianty více i méně známých pokusů. Během čtyř seminářů jsme se zatím dotkli témat – voda a vzduch, vzlety a pády, fyzikální kouzla, zajímavé kapaliny či zvuk.

Při třetím semináři, který nesl název „KOUZELNÁ FYZIKA“, jsme předvedli fyzikální „kouzla“ zaměřená na optiku, mechaniku a kapaliny. Část zaměřená na optiku zahrnovala např. hrátky se zrcátky (např. falešné pokladničky), ukázkou „chytré“ zkumavky a skleněné hůlky, které umí rozeznávat barvy a dokonce i číst (převracení přídavná jména a podstatná nechávají beze změny) nebo výrobu pohyblivých obrázků (flipbook, thaumatrope, zeotrope atd.) a další optické klamy. V mechanice se válec koulel sám nahoru a padaly/nepadaly nám různé předměty. Dále jsme předvedli známé (ale moc pěkné) zapalování svíčky na dálku nebo „záhadné“ vedení tepla. Bonusem pak byla ukáзка levitronu (obr. 1, [7]) a plazmové koule.

Podobně jako jsme zmiňovali v minulém článku, mnoho inspirací lze najít i mezi populárními fyzikálními dárky, kterých je dnes plno v internetových obchodech. Pokud školní rozpočet nedovoluje jejich koupi, často



Obr. 1



Obr. 2

se najde jednoduchý postup, jak si podobné kouzlo vyrobit doma. Klasickým zdrojem návodů pro pokusy však zůstává Veletrh nápadů učitelů fyziky [3], dále potom semináře a setkání účastníků projektu Heuréka [4], youtube [5] či televizní pořady pro děti (např. australský seriál Věda je zábava).

Záhadná sklenička

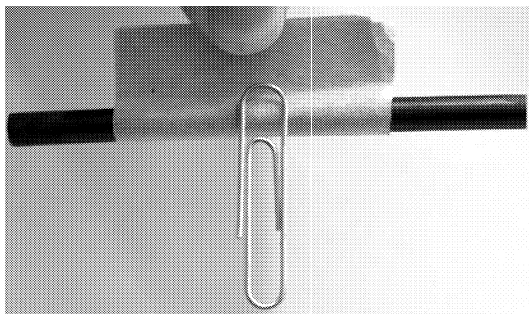
Potřeby: vidlička, lžíce, zápalka, sklenice

Postup: Na dřevěný konec zápalky do sebe zaklíníme proti sobě lžíci a vidličku (případně do zápalky zapíchneme korek a do korku dvě vidličky) a zápalku umístíme do rovnováhy na okraj skleničky, zápalným koncem dovnitř sklenice (obr. 2). Zápalku zapálíme. Spadne zápalka a s ní i vidličky?

Vysvětlení: Soustava drží na zápalce díky tomu, že jsme vidličkám přesunuli těžiště pod bod dotyku zápalky se sklenicí. Konstrukce nespadne, protože zápalka při dosažení okraje zhasne. Sklo odvede teplo potřebné k hoření, a tak nemá zápalka zápalnou teplotu a uhasne.

Kouzelné magnety

Pomůcky: magnet, papír, svorka



Obr. 3

Postup: Dva kousky magnetu obalíme papírem tak, aby se daly dobře držet (obr. 3). Magnety necháme oddělené – svorka se bude přitahovat ke středu magnetu. Po kouzelné formuli (a nenápadném spojení magnetů) se svorka už ke středu přitahovat nebude.

Vysvětlení: Spojíme-li oba konce magnetů, utvoříme z nich magnet jeden, a tak uprostřed vznikne netečné pásmo, ke kterému se svorka nepřitáhne.

Nenech spadnout hrníček

Potřeby: plecháček nebo hrnek, provázek, matka, laťka

Postup: K oušku plecháčku přivážeme provázek (cca 60 cm dlouhý) a na jeho konec připevníme matičku. Chytneme matku a provázek přiložíme tak, aby se dotýkal dřevěné laťky, pak matku pustíme (obr. 4). Při pádu se matka omotá kolem laťky, a tak plecháček nespadne na zem.

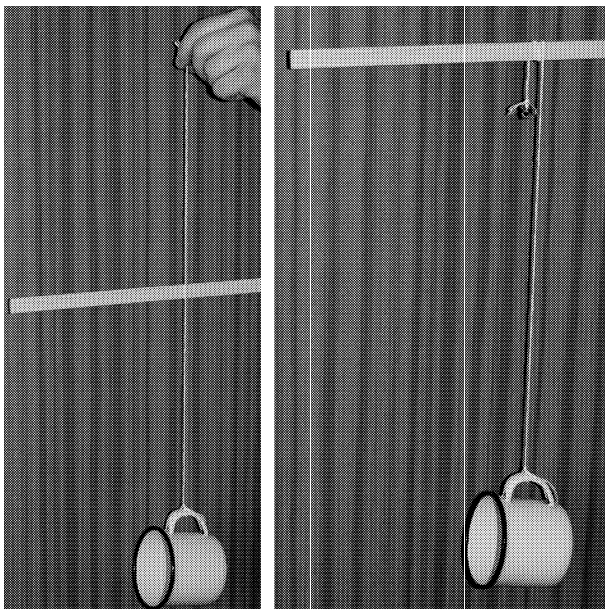
Vysvětlení: Provázek je zbrzděn třením o laťku, a tak matička začne padat rychleji a namotá se kolem laťky.

Zdroj: pořad Věda je zábava

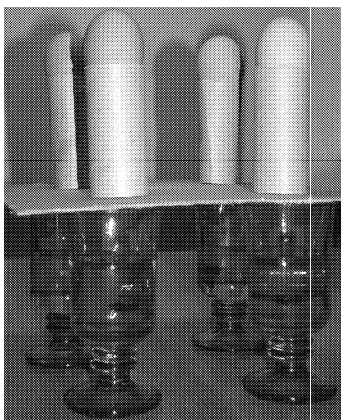
Kouzelná setrvačnost

Potřeby: 4 skleničky, 4 vajíčka, tvrdý kartón, 4 ruličky (např. od toaletního papíru)

Postup: Na skleničky naplněné napůl vodou položíme kartón, na ně dáme ruličky a na ně vajíčka (obr. 5). Bouchneme-li prudce do kartonu, vajíčka dopadnou do sklenic.



Obr. 4



Obr. 5

Spolu s tímto pokusem můžete ukázat známé strhávání ubrusu, na kterém jsou umístěné skleničky a další nádoby, případně mnoho dalších obdobných variant.

Zdroj: [6]

Máš větší sílu než záhadné noviny?

Potřeby: pravítko, noviny

Postup: Původní návod zní takto: na stůl umístíme na plochu velké noviny a pod ně umístíme pravítko tak, aby jeho část (přibližně jedna třetina) vyčnívala přes hranu stolu. Prudce uhodíme do pravítka. Pravítko se zlomí. Pravítka jsou však již dnes poměrně nákladná záležitost, proto je můžete nahradit latkami (nejlépe nějakými levnými zbytky ve velkoobchodech, kde své učitele fyziky již dobře znají), případně obyčejnými tužkami. Pro tužku nepotřebujete tak velké noviny a efekt proto bývá ještě větší. A navíc (i u pokusu „kouzelná setrvačnost“) platí, že učitel s kladivem má ihned větší respekt.

Vysvětlení: Pravítko se zlomí, protože atmosférická tlaková síla působící na plochu novin je dost velká na to, aby udržela konec pravítka pod novinami.

Závěr

Fyzika je kouzelná sama o sobě, jen v ní ta kouzla vidí jen málokdo. Úkolem pedagogů je ukazovat fyziku tak, aby to kouzlo našlo co nejvíce žáků ve třídě. Snad vám budou nápomocny i námi uvedené experimenty.

L i t e r a t u r a

- [1] <http://www.cvkhk.cz/>
- [2] <http://www.hrajme-si-i-hlavou.cz/>
- [3] <http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/>
- [4] <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>
- [5] <http://www.youtube.com/>
- [6] http://www.youtube.com/watch?v=4EABdAEt_fm
- [7] http://www.grand-illusions.com/acatalog/Levitron_Platinum_Pro.html