

Několik projektů z tábora, tentokrát na téma: „V jednoduchosti je krása aneb i s málem lze dělat divy“

PETR KÁCOVSKÝ¹, JAROSLAV REICHL², ZDENĚK POLÁK³

¹KDF MFF UK Praha, ²SPŠST Panská Praha, ³Gymnázium Náchod

Příspěvek představuje sedm z celkem 23 projektů zpracovaných účastníky tradičního Soustředění mladých fyziků a matematiků, které je organizováno Matematicko-fyzikální fakultou UK a letos se uskutečnilo v Zadově na Šumavě v termínu 18. července – 1. srpna. Jde o tyto projekty: 3D tiskárna, Auto s hranatými koly, Bagr ovládaný injekčními stříkačkami, Fotografování bez fotoaparátu, Hlavalamy, Mechanické derivátory, Teslovy blesky.

Soustředění mladých fyziků a matematiků

Dvoutýdenní letní Soustředění mladých fyziků a matematiků tradičně nabízí studentům ve věku 14 až 19 let bohatý odborný i mimoodborný program připravovaný týmem až 15 vedoucích, kterými jsou převážně studenti a zaměstnanci Matematicko-fyzikální fakulty, ale také učitelé ze školní praxe.

Tento příspěvek se zaměřuje pouze na jednu část odborného programu soustředění, tzv. projekty; informace o dalších částech odborného programu i o programu mimo-odborném lze nalézt na webových stránkách soustředění [1], v příspěvcích minulých ročníků Veletrhu nápadů učitelů fyziky (např. [2]) či v příspěvku z mezinárodní konference ICPE-EPEC 2013 v Praze (anglicky, [3]).

Ve znamení konstrukčních projektů

Hlavní součástí odborného programu je vlastní práce účastníků na projektech, během kterých studenti ve dvou- či tříčlenných skupinkách (event. stále častěji jako jednotlivci) zpracovávají pod vedením konzultanta z řad vedoucích vybrané téma. Dílčí výsledky své práce účastníci „obhajují“ v polovině soustředění na tzv. „minikonferenci“ před několikačlennou komisí a finální podobu projektů pak prezentují na konci soustředění při závěrečné konferenci před všemi účastníky.

V letošním roce byly aktivity odborného programu zastřešeny nosným tématem „V jednoduchosti je krása aneb i s málem lze dělat divy“. Toto dostatečně široce rozkročené téma umožnilo připravit účastníkům jak projekty velmi sofistikované, tak vyloženě hravé a nenáročné.

Účastníci si ze 42 nabízených projektů vybrali následujících 23 témat (tučně vyznačené projekty jsou podrobněji popsány dále v tomto příspěvku):

3D tiskárna

Auto s hranatými koly

Bagr ovládaný stříkačkami

DC/AC

Fotografie bez fotoaparátu

Fraktály

Funkční modely stavebních strojů

Hlavy

Horor v kostce

Infračervené záření

Jak se nezaúzlovat

Jednoduché hodiny

Kdo vyhraje?

Magnetický vláček

Mechanické derivátory

MX-10

Parametry termografických měření

Robinsoni

Skripty numerické matematiky

Teslovy blesky

Vynálezy L. da Vinciho I

Vynálezy L. da Vinciho II

Vysokonapěťový zdroj

Jak seznam výše napovídá, na letošním soustředění se v plné síle projevil trend, který pozorujeme již delší dobu, totiž trend příklonu ke konstrukčním projektům. Zatímco zájem o projekty věnované teoretickým problémům či proměřování vybraných fyzikálních jevů pozvolna slábne, přibývá účastníků, kteří preferují různé pokročilé konstrukce ze dřeva, kovu, plastu apod.

Následují popisy vybraných projektů vycházející z dokumentace zpracované účastníky soustředění. Kompletní dokumentace vybraných projektů je dostupná na webových stránkách tábora [1].

3D tiskárna

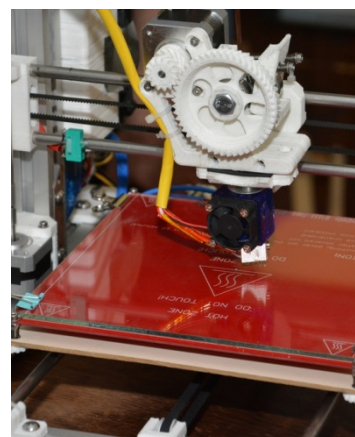
Již se vznikem prvních obyčejných tiskáren je spojena myšlenka tisku třírozměrného, až v posledních letech ale strmě roste popularita této technologie. Principem 3D tisku je vytváření objektů postupným nanášením horizontálních vrstev roztaveného plastového filamentu na vyhřívanou podkladovou desku.

Cílem řešitelů projektu Jiřího Ledvinky a Marty Valešové bylo tiskárnu (obr. 1) z již předem nakoupených dílů sestavit, seznámit se se softwarem, který ji ovládá, a pokusit se o tisk drobných předmětů. Zejména první z těchto cílů se ukázal být velmi časově náročný, mnoho dílů vyžadovalo oproti očekávání ještě drobné dílenské úpravy, nakonec byly ovšem první drobné tisky úspěšné. Jako základní elektronická platforma byla využita vývojová deska Arduino Mega s osmibitovým procesorem a deska RAMPS 1.4 napájená z upraveného zdroje ATX.

Auto s hranatými koly

Cílem projektu Terezy Flekové bylo sestavit auto, které by mělo hranatá kola (např. ve tvaru čtverce), a přesto by při jízdě „nedrcalo“.

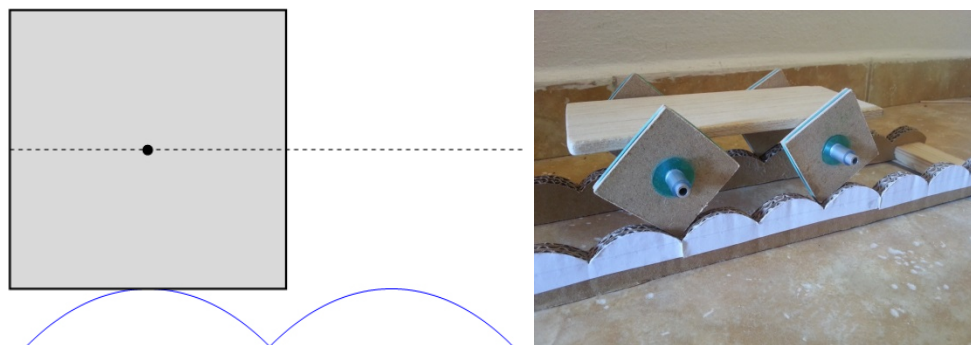
Nejdříve bylo nutné připravit speciální profil trati, po které se auto se čtvercovými koly bude pohybovat. Na základě informací [4] řešitelka zjistila, že takovým optimálním profilem je invertovaná řetězovka, jejíž model byl následně vytvořen v programu Mathematica. Tuto křivku pak řešitelka vytiskla na list papíru, vystříhla,



Obr. 1. Detail tisknouce hlavy

nalepila na karton a velmi opatrně podél křivky karton vyřízla. Slepáním několika takto připravených kartonů získala model trati, po které se mohl pohybovat model auta (vyrobený z balzy a dřeva).

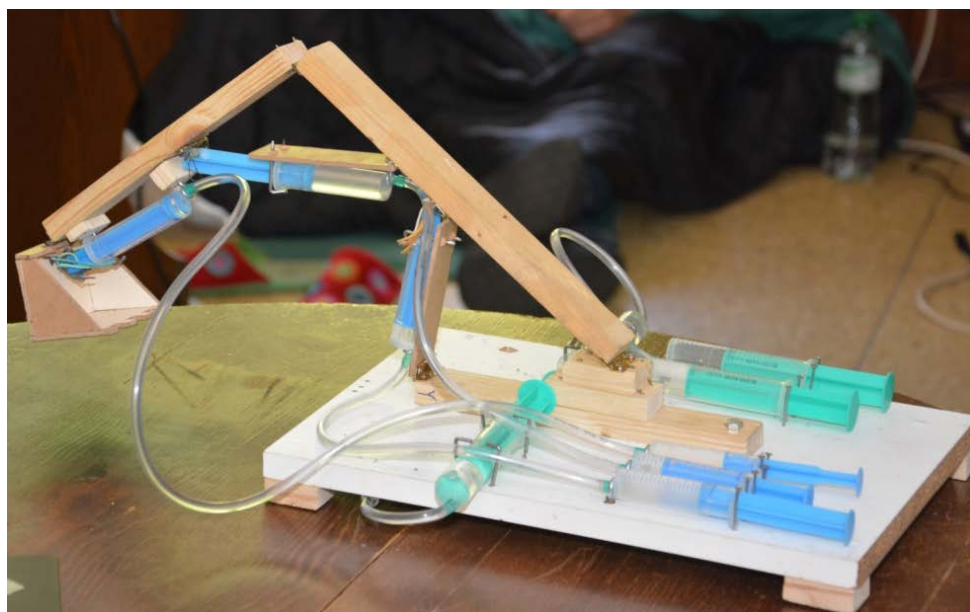
Míru změny výšky těžiště modelu auta nad vodorovnou podložkou, na které stál vyrobený model trati, měřila řešitelka laserovým ukazovátkem. To připevnila na model auta a mířila jím na vyrobený terčik z papíru. Světelná stopa laseru měla při pohybu modelu auta výchylku do 0,5 cm při vzdálenosti terče od modelu auta přibližně 1 m.



Obr. 2. Vlevo model kola na profilu trati, vpravo auto na kartonovém profilu trati

Bagr ovládaný injekčními stříkačkami

Řešitelé projektu Karolína Bílková, Natálie Dolanová a Adam Janich měli za úkol vyrobit funkční model bagru, jehož pohyby by bylo možné ovládat hydraulicky pomocí injekčních stříkaček. Během řešení projektu se potýkali s několika konstrukčními problémy (nefunkční ovládní při vytahování pístu z injekční stříkačky, velká deformace spojovacích akvaristických hadiček, uvolňování plynu z vody po několika hodinách nepoužívání modelu, ...). Všechny tyto problémy postupně odstranili a vytvořili funkční model bagru, jehož hydraulické ovládní umožňuje čtyři na sobě nezávislé pohyby jednotlivých částí bagru. Základním materiálem bylo dřevo.



Obr. 3. Model bagru ovládaného injekčními stříkačkami

Fotografie bez fotoaparátu

Řešitelé Jan Šetina, Berenika Čermáková a Kateřina Limburská v rámci tohoto projektu vytvořili temnou komoru pro vyvolávání fotografií. Dále zhotovili světlotěsné krabice na ukládání rozbalených fotografických materiálů, připravili nádoby na chemikálie, 3 misky s pinzetami pro chemický proces, plastový kbelík na praní fotografií a potřebné zdroje bílého a červeného světla. Co lze s tímto vybavením vytvořit?

- *Fotogramy*: Potřebujeme zdroj světla vytvářející ostré stíny (nejlépe bodový, např. žárovka s malým vláknem vysoko nad stolem, výkonová LED bez rozptylujícího stínítka apod.). Za červeného světla dáme na stůl fotopapír citlivou stranou nahoru, položíme na něj vhodné předměty a poté shora osvětlíme. Po vyvolání budou obrazy osvětlených předmětů černé, zastíněných bílé (obr. 4).
- *Dírková komora* [5]: Jako nejvhodnější se jeví plechovka (např. od sušenek) s kovovým víčkem. Do jejího boku vyvrtáme malý otvor; jeho velikost je kompromisem mezi citlivostí fotomateriálu, dobou expozice a ostrostí obrazu; experimentovali jsme s otvory od 0,6 do 2,0 mm. Fotografickým materiálem byl opět fotopapír, doba expozice byla od několika sekund po minuty.

Zdrojem bílého světla byla vždy LED 5 W/230 V se směrovým reflektorem zavěšená vysoko nad stolem, zdrojem červeného světla trojice červených LED napájených přes ochranné rezistory z ploché baterie. Fotografické materiály zaslala FOMA HK, minimální sadu (univerzální vývojka, ustalovač a 100 kusů laminovaných fotopapírů 9×13 cm) lze pořídit za cca 300 Kč + poštovné.



Obr. 4. Fotogram pilinového obrazce na kruhovém magnetu a fotogram rostlin

Hlavalamy

Řešitel projektu Jakub Kára se zaměřil na studium tří vybraných typů hlavalamů:

- *Soma cube* [6]: Hlavalam, který lze přirovnat k trojdimenzionálnímu puzzle, si autor dle zadaných pravidel sám vytvoří a pak z něj může vytvářet různé prostorové modifikace.
- *Snake cube* (*Hadí kostka*, [7]): Řetězec vzniklý spojením 27 jednotkových kostek, kde každá (s výjimkou krajních) sousedí s dvěma dalšími. Obvyklým úkolem je tento řetězec navrhnout tak, aby z něj bylo možné složit krychli 3×3×3.

- Conwayovy kostky



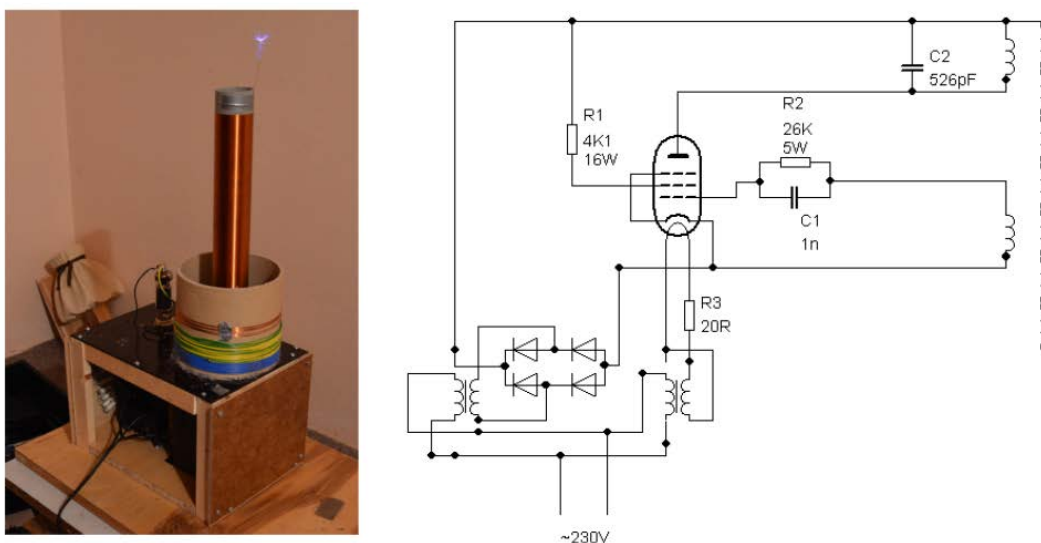
Obr. 5. Zleva: jedna z podob kostky soma cube, rozložená a složená hadí kostka

Teslovy blesky

Konstruktéři Tomáš Janovský a Vojtěch Mareš sestrojili jednoelektronkový laděný oscilační obvod na frekvenci cca 0,8 MHz s indukčně navázaným sekundárním vinutím. Primární cívka má 18 závitů a tvoří s kondenzátorem C_2 paralelní LC obvod, který je v rezonanci se sekundární cívkou se 1100 závitů (zapojení viz obr. 6). Obvod je buzen výkonovou elektronkou PL 504 využívající maximální dovolené anodové napětí cca 500 V.

Napájení je řešeno pomocí dvou transformátorů, žhavicího a anodového. Díky tomu je vlastní systém oscilátoru galvanicky oddělen od sítě a sekundární cívka může být spojena s kladným pólem zdroje, který v přístroji v podstatě tvoří místo nulového potenciálu – zem. Anodové napětí je dvoucestně usměrněno křemíkovým můstkem, bez filtračního členu. Vysokofrekvenční napětí je tak modulováno frekvencí 100 Hz. Celý přístroj je chráněn proti dotyku živých částí dřevěnou skříňkou (obr. 6).

Z horního volného konce vysokonapěťové cívky vystupují viditelné a slyšitelné výboje. Zářivkové trubice je zdroj schopen rozsvítit do vzdálenosti několika desítek centimetrů. Elektronková koncepce zdroje s robustními transformátory byla zvolena pro dostupnost součástek, které byly získány ze starých vysloužilých přístrojů.



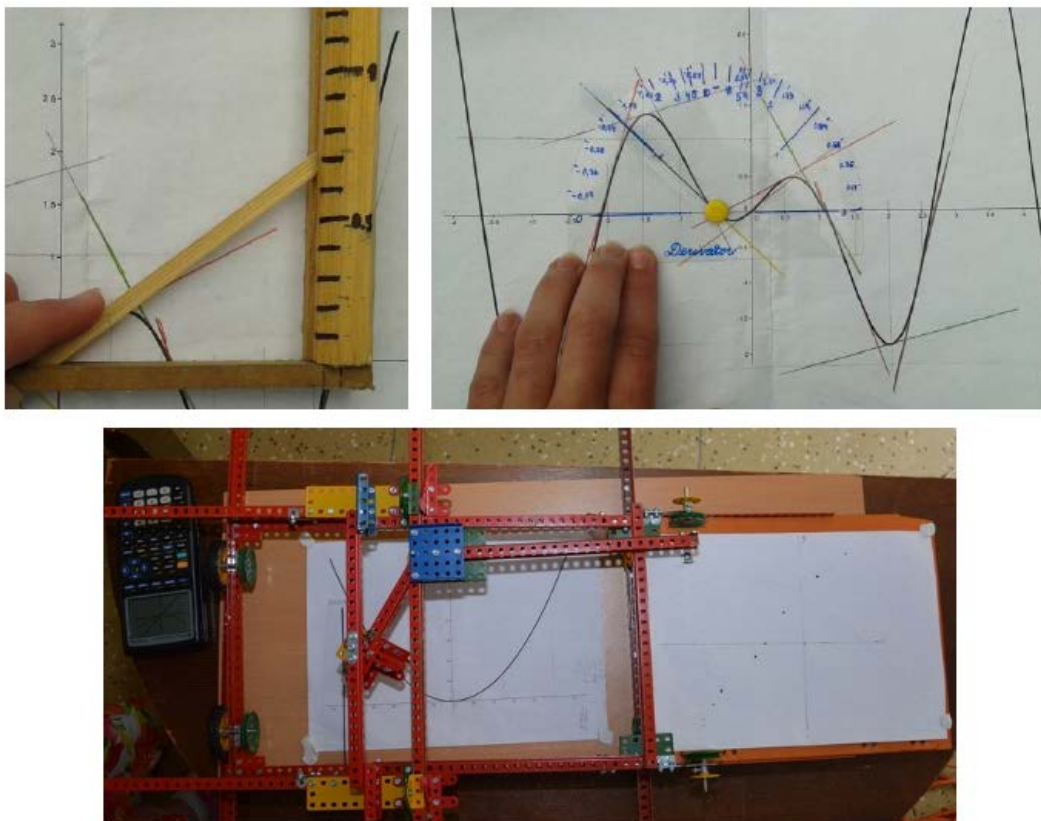
Obr. 6. Schéma zapojení a finální výrobek

Mechanické derivátory

Cílem projektu Jiřího Budila a Marty Nocarové bylo sestrojít zařízení, které je schopné mechanickou cestou určit hodnotu první derivace spojité funkce v daném bodě. Výhodou takovýchto mechanických zařízení je možnost určovat hodnotu první derivace funkce pouze na základě jejího grafu, bez nutnosti znát její analytické vyjádření. V rámci projektu byly sestrojeny celkem tři prototypy:

- *Prkénkový derivátor* má podobu pravoúhlého trojúhelníka, kde délka jedné odvěsny je zafixována coby jednotková délka a přikládá se ke grafu funkce rovnoběžně s osou x . Přeponu přikládáme ve směru tečny v daném bodě – měníme tedy úhel α svíraný se zafixovanou odvěsnou. Tento úhel určuje úsek vymezený volnou odvěsnou na ose y , který přímo představuje číselnou hodnotu první derivace funkce v daném bodě. (Protože pro směrnici k tečny platí $k = \operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ a vodorovný úsek Δx je volen jednotkově, tj. $k = \Delta y$).
- *Merkuřový derivátor* pracuje na zcela stejném principu jako model předešlý, ovšem díky důmyslnému zpřevodování umožňuje do samostatného grafu bod po bodu vykreslovat přímo graf první derivace ke vstupní funkci.
- *Úhlový derivátor* vychází z článku [8] a namísto úhlů jsou po jeho obvodu vyznačeny hodnoty jejich tangent, tedy směrnic/derivací.

Největší vliv na spolehlivost všech tří uvedených modelů má lidský faktor spočívající v tom, jak přesně odhadne obsluha derivátoru sklon tečny v daném bodě – ten totiž vybíráme „od ruky“. Relativní odchylky nebývají větší než 10 % skutečné hodnoty.



Obr. 7. Vlevo nahoře prkénkový, vpravo nahoře úhlový a dole merkuřový derivátor

Závěr a pozvánka na další ročník

Také v letošním roce přinesly dva týdny strávené tentokrát na šumavském Zadově mnoho originálních nápadů, zajímavých projektů, obohacujících chvil s matematikou či fyzikou, ale také nová či po roce oprášená přátelství a hlavně atmosféru, na kterou se nezapomíná.

Proto zveme všechny šikovné žáky ve věku od 14 do 19 let (tj. od těch, kteří již ukončili 8. ročník základní školy, až po ty, kteří mají těsně po maturitě) se zájmem o matematiku, fyziku, ale i spoustu dobré zábavy – přidejte se k nám! V příštím roce se bude soustředění konat v termínu od 16. 7. do 30. 7. 2016 a po třech letech se znovu vrací do podorlické vísky Nekoř. Základní informace se během podzimu objeví na webových stránkách soustředění [1] a počínaje prosincem 2015 se zde již bude možné také předběžně přihlásit.

Literatura

- [1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [cit. 9. 8. 2015].
- [2] Žilavý, P., Koudelková, V.: Pár věcí (nejen) z tábora 9. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky XI, sborník konference, Olomouc, 2006.
- [3] Kácovský, P. et al.: The Summer Maths and Physics Camp. In: ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings, Praha, 2014. Dostupné z: <http://www.icpe2013.org/> [cit. 9. 8. 2015]
- [4] Riding on Square Wheels [online]. Dostupné z: <https://www.sciencenews.org/article/riding-square-wheels> [cit. 9. 8. 2015]
- [5] Jak si vyrobit dírkovou komoru. [online]. Dostupné z: <http://priesnitz.cz/fotky/jak-vyrobir-dirkovou-komoru/> [cit. 28. 8. 2015]
- [6] The official history of SOMA [online]. Dostupné z: <http://www.fam-bundgaard.dk/SOMA/HISTORY.HTM> [cit. 5. 8. 2015]
- [7] Snake Cube [online]. Dostupné z: <http://www.mathematische-basteleien.de/snakecube.htm> [cit. 5. 8. 2015]
- [8] Hellmann, M. J. et al.: Mechanical Differentiator. (1959) Review of Scientific Instruments, 30(12).