

Pár věcí z tábora, tentokrát na téma Není malých úkolů, jsou jen různá měřítka

VĚRA KOUDELKOVÁ¹, ZDENĚK POLÁK², JAROSLAV REICHL³

KDF MFF UK¹, Jiráskovo gymnázium Náchod², SPŠST Panská Praha³

V příspěvku jsou popsány nejzajímavější projekty zpracované účastníky Soustředění mladých fyziků a matematiků v Nekoři v Orlických horách v termínu 30. 7. 2011 – 13. 8. 2011. Konkrétně se jedná o projekty: Přechlazené kapaliny, Detektory záření, Malé síly a levitace, Fyzikální fotografie a Kreslení světlem a Jak inteligentně počítat velká množství.

Pár slov o táboře

Hlavní součástí odborného programu je vlastní práce účastníků na projektech, během kterých studenti (v obvykle dvoučlenných) skupinkách pod vedením konzultanta zpracovávají vybrané téma. Výsledky své práce „obhajují“ uprostřed tábora před „komisí“ a na konci tábora prezentují na závěrečné konferenci. Mezi další součástí odborného programu patří každodenní kurzy matematiky a fyziky a přednášky zvaných lektorů z MFF UK, AV ČR i odjinud.

Nedílnou součástí tábora je i mimoodborný program. Další podrobnosti o programu tábora lze najít na jeho webových stránkách [1], případně ve sbornících minulých Veletrhů nápadů (např. [2]).

Projekty

Odborný program byl v letošním roce zastřešen tématem „Není malých úkolů, jsou jen různá měřítka“ s podtitulem „Mikro a makro“. Účastníci si z nabídky více než třiceti projektů vybrali následující (tučně vyznačené projekty jsou podrobněji popsány dále):

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| • Přechlazené kapaliny | • Tvořiče zvuku |
| • Časosběrné snímky | • Krystalová zahrádka I a II |
| • Detektory záření | • Budiž teplo |
| • Měření rychlostí a vzdáleností | • Subjektivní vnímání člověka |

- **Malé síly a levitace**
- Konstrukce mostu z papíru
- Magnetické pole Země
- Fyzika v hudbě
- Energie ze Slunce
- Jakou barvu mají rostliny nejraději?
- Vibrační šváb
- **Fyzikální fotografie a Kreslení světlem**
- Jak vyrobit co nejmenší kapku
- **Jak inteligentně počítat velká množství**
- Chodící šváb

Následující popisy vybraných projektů vycházejí z dokumentace zpracované účastníky. Kompletní dokumentace některých projektů je spolu s fotografiemi dostupná na webových stránkách tábora ([1]).

Přechlazené kapaliny

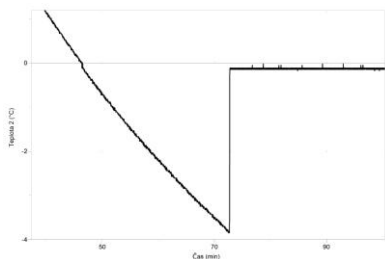
Projekt byl zaměřený na zkoumání vlastností přechlazených (podchlazených) kapalin, možnosti podchlazení kapalin (voda a pentahydrát thiosíranu sodného) na teplotu nižší, než je teplota tání za daného tlaku, a na praktické využití těchto kapalin při výrobě tzv. hřejivých polštářků. Aby se kapalina mohla do přechlazeného stavu dostat, nesmí obsahovat nečistoty a musí být v co největším klidu.

Řešitelé projektu nejprve prozkoumali možnosti podchlazení vody. K tomu, aby mohli zkoumat průběžný stav ochlazované kapaliny, si sestrojili z polystyrenu a igelitového pytle vlastní mrazicí box. Do něj umístili nádoby s vodou a kolem nich nasypali led. Pro dosažení co nejnižší teploty led posypali kuchyňskou solí. Směs ledu se solí má totiž nižší teplotu tání, než samotný led, a proto ochlazovaná voda může dosáhnout nižší teploty.

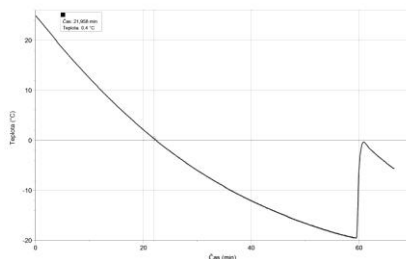
Po několika neúspěšných pokusech s čistou vodou i s vodou s různou koncentrací soli se podařilo čistou vodu podchladiť o přibližně 4 °C. Toto měření prováděli řešitelé projektu s využitím teploměru a dataloggeru firmy Vernier. Na obrázku 1 je zobrazena část grafu závislosti teploty vody na čase, z níž je vidět podchlazení vody a následný prudký nárůst její teploty při téměř okamžitém ztuhnutí.

Experimentů s thiosíranem sodným bylo také několik. Tato látka má teplotu tání (resp. tuhnutí) v intervalu od 40 °C do 45 °C, a proto se s výhodou používá ve hřejivých polštářcích. Thiosíran sodný pentahydrát je za pokojové teploty ve

skupenství pevném. Proto je nutné thiosíran ohřát minimálně na teplotu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby se rozpustily všechny krystalky této sloučeniny.



Obr. 1 Závislost teploty na čase při podchlazování vody



Obr. 2 Závislost teploty na čase při podchlazování thiosíranu sodného

Ochlazování kapalného thiosíranu (tj. z teploty $70\text{ }^{\circ}\text{C}$) při pokojové teplotě nevedlo k uspokojivým závěrům: ochlazený thiosíran krystalizoval až po vhození krystalu této látky do podchlazené kapaliny. Při dalším měření byl proto pro podchlazení použit mrazák. V grafu zobrazeném na obrázku 2 je uvedena jen část průběhu měření. Při teplotě $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ byl vložen měřený vzorek do mrazáku. Thiosíran zkrystalizoval až při teplotě $-19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, což znamená, že se podařilo tuto kapalinu podchladit o $63\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poté se teplota vrátila na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, přestože by se měla vrátit na svojí teplotu tuhnutí $44\text{ }^{\circ}\text{C}$. Okolní teplota vzduchu v mrazáku ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) tento nárůst teploty značně omezila.

Detektory záření

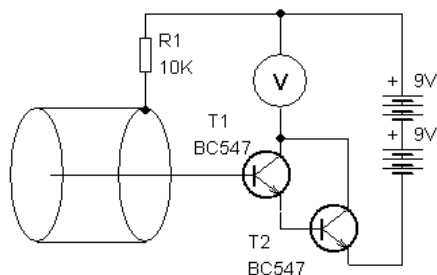
Cílem projektu bylo co nejvíce se seznámit s problematikou konstrukcí detektorů radioaktivního záření. Nejprve bylo nutno zvolit dostupné a bezpečné zdroje záření. Jako zdroj α byla použita thoriová plynová punčoška, jako zdroj β školní stronciový zářič ze soupravy Gamabeta a jako zdroj γ starší kompas Meopta, který má střelku pokrytou svítící barvou s obsahem rádia. Detektory byly sestavovány od nejjednoduššího spintariskopu až po Geiger-Müllerův detektor s čítačem.

Spintariskop

Jako scintilační látka byl použit žlutozelený luminofor používaný pro výrobu barevné CRT obrazovky. Prášek byl zachycen na lepicí pásku. Touto aktivní stranou byl potom těsně přiblížen ke zdroji záření a pozorován silnou lupou se zvětšením alespoň 10x. Po delší době pobytu v úplné tmě (více než 10 min) se dalo dobře pozorovat množství záblesků.

Ionizační komora

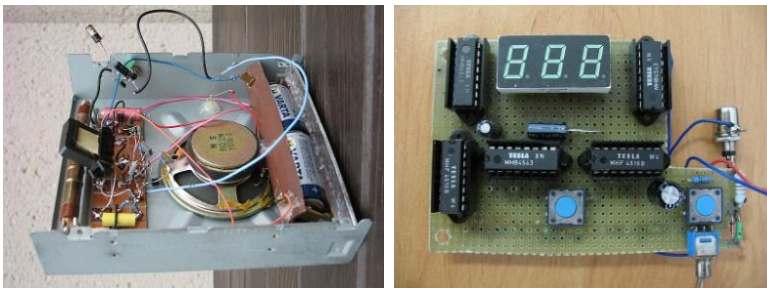
Využívá se efektu vzniku iontů ve vzduchu za normálního tlaku, jestliže jím proniká ionizující záření. Je dobře použitelný pro jinak těžko registrovatelné α záření. Elektrické schéma je na obrázku 3b. Dvojice tranzistorů je v tzv. Darlingtonově zapojení. Je důležité, aby oba tranzistory měly co největší zesílení a tranzistor T1 co nejmenší zbytkový proud. Odpor R1 má ochrannou funkci a brání zničení tranzistorů při náhodném zkratu v ionizační komoře. Digitální voltmetr s vnitřním odporem $10\text{ M}\Omega$ funguje jako velmi citlivý ampérmetr. Po zapnutí se proud ustálí asi na $60 - 70\text{ nA}$. Ionizační komorou je plechovka překrytá jemným pletivem a uvnitř drátová elektroda připojená na bázi T1. Při přiblížení thoriové plynové punčošky vzniklý ionizační proud způsobí přibližně zdvojnásobení původního proudu. Lze sledovat dolet α částic, protože při vzdálení zdroje záření o více než několik cm od detektoru ionizační proud zaniká. Více informací viz [3].



Obr. 3 a) ionizační komora (dolní plechovka je vlastní komora, horní slouží jako stínění pro zabudovaný obvod), b) schéma zapojení

Geiger - Müllerův detektor

Byla použita GM trubice SBM-20. Schéma zapojení převzato z [4], konstrukce volena typu vrabčí hnízdo do krabice od CD ROM. Napájení dvěma články 1,5 V. Detektor byl doplněn čítačem. Citlivost zařízení je srovnatelná se školní Gamabetou.



Obr. 4 GM detektor a čítač

Malé síly a levitace

Hlavním cílem projektu bylo vyzkoušet několik způsobů diamagnetické levitace.

Bismutová destička nad magnetem

Čtyři magnety jsou poskládány do čtverce s póly umístěnými vertikálně a s opačnými póly vedle sebe. Nad magnety je umístěna tenká destička diamagnetika. Vzhledem k tomu, že diamagnetikum je od magnetu odpuzováno, destička se vznáší 1-2 mm nad magnety.

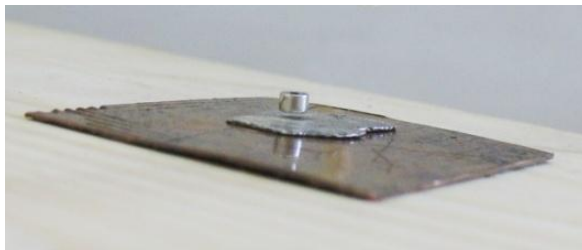
Originální experiment používá jako diamagnetikum pyrolytický grafit, v našem případě jsme použili bismut. Vzhledem k tomu, že bismut má několikanásobně větší hustotu než pyrolytický grafit, povedlo se naměřit působící odpudivou sílu, ale destička se nezvedla.

Magnet nad bismutovou destičkou

Uspořádání je vidět z obr. 5a. Na dřevěném stojánku je umístěna podložka s bismutovou destičkou, na ní je položen neodymový magnet (jako ideální se ukázal váleček o průměru 2 mm a stejné výšce). Seshora je na „šibenici“ připevněn feritový magnet tak, aby se oba magnety přitahovaly.

Na malý neodymový magnet působí tíhová síla, odpudivá síla bismutu a přitažlivá síla směrem k hornímu magnetu. V jistém místě mezi magnety nastane rovnováha všech sil – magnet se tam vznáší. V našem uspořádání nastala rovnováha cca 1 mm nad bismutovou destičkou (obr 5b).

Pozn. Pokud je pod bismutovou destičkou kousek měděného plechu, je pohyb magnetu zpomalován vířivými proudy, rovnováhu lze proto snáze nalézt.



Obr. 5 Uspořádání experimentu a detail vznášejícího se magnetu

Grafit nad magnety

Motivací k experimentu bylo video na serveru YouTube (viz [5]), ve kterém se tuha z mikrotužky vznáší nad magnety.

V našem experimentu jsou magnety uspořádány podle obrázku 6. Na rohové kovové liště jsou umístěny dvě řady magnetů – póly jsou na jejich podstavkách, oba póly se střídají. Navíc jsou magnety z řady střídavě vysunuty. Díky tomuto uspořádání je přibližně 1 mm od vnitřní hrany „rohu“ potenciálová jáma, ve které se tuha může vznášet.



Obr. 6 Tuha vznášející se nad magnety

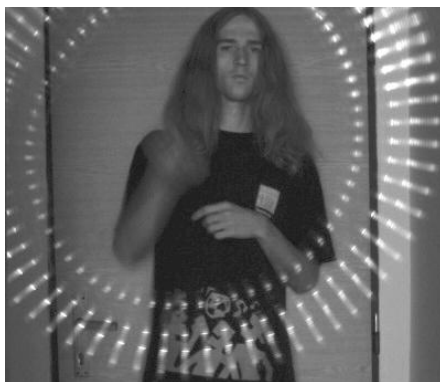
Poznámka: Do grafitu, ze kterého jsou tuhy vyrobeny, jsou přidávány oxidy železa – diamagnetické vlastnosti proto vykazuje jen menší část tuh.

Video s úspěšnými experimenty je dostupné na stránkách Soustředění [1].

Fyzikální fotografie a kreslení světlem

Tyto dva projekty byly svou náplní velmi podobné – oba se zabývaly pořizováním fyzikálně zajímavých fotografií. V rámci jednoho projektu jeho řešitelé zkoumali různé struktury (např. tepelnou izolační hmotu Miralon, krajíc chleba a houbu na mytí tabule), které se při makroskopickém zvětšení zdají stejné. Až fotografie pořízené při normálním zvětšení (tj. objektivem s ohniskovou vzdáleností přibližně 50 mm) ukazují, že se jedná o různé předměty. Dále se řešitelé tohoto projektu pokoušeli zhotovit fotografie se zdánlivě porušenou perspektivou a fotografie s různou hloubkou ostrosti.

Druhý projekt byl zaměřen na „kreslení světlem“, tj. na pořizování fotografií pohybujících se jasných nebo svítících objektů s dlouhou expoziční dobou. Velmi kvalitní fotografie vznikly při nočním fotografování automobilů jedoucích po silnici. Velmi zajímavá je také fotografie, kterou autor pořídil tak, že fotoaparát zaměřil na pouliční lampu, nastavil delší expoziční dobu a fotoaparátem pohyboval ve směru kolmém na spojnici fotoaparát – lampa. Na fotografii se pak objevila řada obrazů lampy, které byly odděleny tmavými místy. Důvod je zřejmý: lampa byla připojena ke střídavému napětí, a proto se periodicky měnil její jas. Na základě podobné fotografie rotující blikající dětské hračky (viz obrázek 7) se podařilo vypočítat frekvenci blikání této hračky.



Obr. 7 Blikání dětské hračky

Velkou výhodou byla možnost použití digitální fotoaparát, neboť zejména z počátku řešení projektu řešitelé museli provést několik zkušebních snímků, než získali jeden kvalitní.

Některé fotografie, které vznikly v rámci těchto dvou projektů, budou dostupné na internetových stránkách tábora [1].

Jak inteligentně počítat velká množství

Fermiho problémy jsou úlohy pojmenované po italském fyzikovi Enrico Fermim. Jsou to problémy (otázky) blízké realitě všedního života, u kterých se na první pohled zdá, že jsou bez zadání dalších potřebných informací neřešitelné. Při jejich řešení nejde o to hledané výsledky přesně vyčíslit, ale jen řádově správně odhadnout s pomocí jednoduchých fyzikálních vztahů, zkušeností z každodenního života a trochou zdravého rozumu. Výsledky lze v mnoha případech snadno prověřit a většinou odhad překvapivě dobře souhlasí se skutečnou hodnotou. Podstatou řešení Fermiho problému je správně odhalit jádro daného problému a rozdělit jej na jednotlivé dílčí kroky. Ke správné hodnotě lze pak dospět kladením vhodných otázek. Zpravidla existuje více způsobů řešení daného problému, které jsou různě obtížné (např. některé údaje lze odhadnout srovnáním s tabulkovými hodnotami nebo je určit experimentálně).

Řešitelé řešili tři úlohy:

- kolik zrněk písku je na Zemi (s výsledkem $5,5 \cdot 10^{22}$ zrn);
- kolik listů je na stromě (s výsledkem přibližně 1,5 milionu);
- kolik molekul O_2 spotřebuje člověk za minutu (s výsledkem $3,8 \cdot 10^{22}$ molekul).

Nejvíce času strávili řešitelé nad prvním problémem týkajícím se hledání počtu zrn písku na Zemi. Při řešení využívali jak matematické postupy, tak i fyzikální experimenty. Začali tím, že uvažovali různé způsoby poskládání stejných kulových zrn písku na sebe a pro každý z nich odvodili účinnost zaplnění daného prostoru těmito zrny. Po úpravách těchto vztahů, s nimiž výrazně pomohl programový systém Mathematica, došli ke stejnému výsledku o zaplnění prostoru stejnými koulemi, který publikoval již v roce 1611 astronom Johannes Kepler.

Tento svůj výpočet pak ověřili experimentálně. U třech různých druhů písku různé zrnitosti nejprve pomocí digitálního fotoaparátu a vhodného grafického programu určili průměr zrna. Daný druh písku pak pečlivě naplnili a upěchovali do nádoby známého objemu a do takto naplněné nádoby postupně opatrně přilávali vodu tak dlouho, až byla nádoba zcela zaplněna. Na základě objemu

nádoby a objemu dolité vody vypočítali účinnost zaplnění a porovnali s matematickým modelem. Shoda byla velmi dobrá.

Ostatní dva problémy řešili jen teoretickými úvahami.

Příští tábor

Příští tábor bude v Kořenově v Krkonoších v termínu 21. 7. – 4. 8. 2011. Pokud máte studenty, které by mohl náš tábor zaujmout, prosím, řekněte jim o něm. Můžete nás také kontaktovat na adrese msoustredko@kdf.mff.cuni.cz.

Literatura

- [1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. [cit. 25. 8. 2011].
<<http://kdf.mff.cuni.cz/tabor>>
- [2] Žilavý, P., Koudelková, V.: Pár věcí (nejen) z tábora 9. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky XI, sborník konference, Olomouc, 2006
- [3] ION Chambers [online]. [cit. 25. 8. 2011].
<<http://www.techlib.com/science/ion.html>>
- [4] Taubinger, P. Geiger-Müllerův detektor. [online]. [cit. 25. 8. 2011].
<<http://www.volny.cz/taubinger/dokumenty/Geiger.pdf>>
- [5] Floating pencil [online]. [cit. 25. 8. 2011].
<<http://www.youtube.com/watch?v=raT13OFAqZc>>