Univerzita Karlova v Praze

Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Karel Kolář

Fyzikální korespondenční seminář na MFF UK – reflexe a rozvoj

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce:	RNDr. Vojtěch Žák, Ph.D.
Studijní program:	Fyzika
Studijní obor:	Učitelství fyziky-matematiky pro SŠ

Praha 2014

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne   Podpis autora

Název práce: Fyzikální korespondenční seminář na MFF UK – reflexe a rozvoj

Autor: Bc. Karel Kolář

Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Vojtěch Žák, Ph.D.

Abstrakt: TODO

Klíčová slova: korespondenční seminář, pedagogický výzkum, neformální vzdělávání, fyzika

Title: Correspondence physics competition of MFF UK – its feedback and development

Author: Bc. Karel Kolář

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Vojtěch Žák, Ph.D.

Abstract: TODO

Keywords: correspondence competition, pedagogical research, informal education, physics

Obsah

1. Úvod

DEMOVERZE

TODO napíše se pořádně na konec

Práce je rozdělená na několik kapitol. První kapitola se zabývá tím, co je Fyzikální korespondenční seminář Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze (dále jen Fyzikální korespondenční seminář či FYKOS), pro koho je určen, jaké aktivity pořádá a kdo ho organizuje. V rámci této kapitoly jsou rozebrány i základní postupy, kterými se korespondenční seminář řídí a jeho historie.

DEMOVERZE

Hlavním veřejně dostupným zdrojem informací o Fyzikálním korespondenčním semináři jsou jeho stránky (FYKOS).

2. O Fyzikálním korespondenčním semináři

2.1 Úvod

Tato kapitola dává odpověď na otázky jako: „Co je vlastně Fyzikální korespondenční seminář?“, „Pro koho je určen?“, „Jaké další akce pořádá?“, „Jaká je jeho historie?“ apod.

Fyzikální korespondenční seminář vznikl před více než 26 lety. Od té doby funguje korespondenční část semináře se soustředěními stále relativně podobným způsobem, ale přitom probíhá seminář neustálým vývojem a jeho další aktivity se, zejména v několika posledních letech, značně rozšířily.

Hlavní činností každého korespondenčního semináře je zadávání a opravování úloh v několika sériích, které probíhají v průběhu roku. V každé sérii jsou zadány příklady, které mohou řešit středo- či základoškoláci, sepsat jejich řešení a odeslat k opravení zpět semináři. Opravená a obodovaná řešení jim pak organizátoři pošlou zpět domů. Na základě získaných bodů jsou nejlepší řešitelé semináře zváni na soustředění, která probíhají dvakrát ročně.

Dalšími, sice původně vedlejšími, ale v dnešní době ne méně důležitými a organizačně také značně časově náročnými, aktivitami, které FYKOS pořádá jsou jednorázové soutěže: *FYKOSí Fyziklání*, *Fyziklání online* a *MFnáboj* a také exkurze v rámci *Dnů s experimentální fyzikou* a *Týdne s aplikovanou fyzikou.*

Všechny výše zmíněné skutečnosti jsou podrobněji rozebrány v dalších kapitolách.

2.2 Cíle FYKOSu a základní fakta o FYKOSu

2.2.1 Význam slova FYKOS

Fyzikální korespondenční seminář MFF UK se interně dělí na dvě části. První je nazývána FYKOS a zabývá se akcemi pro středoškoláky. Druhá používá zkratku Výfuk (ze slov Výpočty fyzikálních úkolů) a zabývá se výhradně akcemi pro základní školy a odpovídající ročníky víceletých gymnázií. Dále bude často zmiňován FYKOS jak jako celý seminář, tak i jako pouze část pro střední školy, ale z kontextu by mělo být zřejmé, o jaký pojem se jedná[1].

2.2.2 Pořadatel

FYKOS je pořádán Matematicko-fyzikální fakultou Univerzity Karlovy v Praze, která jej financuje v rámci systému svých propagačních aktivit. FYKOS organizačně spadá pod Oddělení pro vnější vztahy a propagaci, jehož vedoucí je PhDr.

[1] Toto pojmové schizma vzniklo z historických důvodů, kdy FYKOS začal pořádat seminář i pro ZŠ a současně s tím se oddělily procesy příprav úloh a jejich opravování. Bylo praktičtější oddělit komunikaci k workflow nad úlohami pro ZŠ a SŠ a tak se tomu stalo prakticky okamžitě po vzniku Výfuku.

Alena Havlíčková. Zaštítěn je Ústavem teoretické fyziky MFF UK, z nějž je tradičně vedoucí semináře, kterým je v současnosti RNDr. Přemysl Kolorenč, Ph.D.

2.2.3 Cíle FYKOSu

Základní cíle FYKOSu formuluje jeho statut[2].

Hlavní cíle FYKOSu v bodech[3]

- Popularizovat fyziku a přírodní vědy
- Zvyšovat kvalitu studentů MFF UK
- Propagovat možnost studia na MFF UK
- Vytváření sociálních vazeb účastníků a organizátorů

Hlavním posláním FYKOSu je zvyšovat popularitu zejména fyziky, ale i přírodních věd obecně mezi středoškolskými žáky a žáky základních škol zejména v České a Slovenské republice a zvyšovat jejich motivaci k řešení fyzikálních příkladů. Má umožňovat nadaným a talentovaným žákům další vzdělávání a rozvíjet jejich schopnosti v řešení komplexních fyzikálních problémů.

Důležitým cílem je i zvyšování kvality nastupujících studentů na MFF UK právě jejich vzděláváním již v průběhu studia střední školy. V současnému systému rámcových vzdělávacích plánů, které nepožadují probrání zdaleka tak velkého množství látky jako dřívější osnovy, a školních vzdělávacích plánů, které se mohou značně mezi jednotlivými školami výrazně lišit, se totiž stále častěji stává, že látka, kterou považují přednášející na MFF UK za základní látku probíranou na SŠ, často není probíraná ani na velké části gymnázií. Pokud jsou tedy žáci řešením semináře vystaveni složitějším středoškolským a někdy i vysokoškolským problémům, tak mají možnost svoje znalosti konfrontovat dříve a případně si nějaké oblasti matematiky a fyziky sami dostudovat.

Společně se zvyšováním úrovně SŠ a ZŠ žáků se zvyšuje i úroveň VŠ organizátorů, kteří úlohy připravují a opravují, protože vytváří autorská řešení a současně kriticky hodnotí práci řešitelů. Při organizaci FYKOSu pak i získávají zkušenosti s organizací akcí, které pak mohou uplatnit dále ve svém profesním životě.

Důležitým cílem je propagovat studium na MFF UK, zvedat povědomí o MFF UK a UK ve své cílové skupině a informovat o akcích pořádaných MFF UK, jako jsou dny otevřených dveří apod.

Dalším důležitým cílem je vytváření sociálních vazeb, a to jak mezi řešiteli, tak i mezi řešiteli a organizátory a potažmo i mezi organizátory navzájem. Tyto vazby pak mohou zvyšovat motivaci (či snižovat demotivaci) při studiu na MFF UK a usnadnit orientaci novému studentovi na škole[4] Seminář tak může pomoci, zejména introvertnějším povahám, najít si přátele a to jak mezi spolužáky, tak i mezi staršími i mladšími ročníky.

[2] V dnešní době je však již částečně zastaralý, protože nebyl po dlouhá léta aktualizován.

[3] Pořadí je od nejdůležitějšího cíle dle osobního mínění autora práce.

[4] Nový student, který byl řešitelem semináře a zúčastnil se nějakého soustředění ví, na koho se může obrátit s dotazy o studiu, na rozdíl od „běžného studenta“, který semináře neřešil a za současného stavu často neví, na koho se může obrátit. Jedinou akcí, kterou totiž noví studenti MFF UK procházejí, je Albeř, na které se zapíší do studia, dozví se v průběhu pár dní spoustu věcí o studiu, ale často se moc neseznámí se svými spolužáky. Pak se již obvykle potkávají pouze

2.2.4 Organizace semináře

Organizátoři semináře

Jako ostatní korespondenční semináře MFF UK má i FYKOS hlavního organizátora a vedoucího semináře. Hlavní organizátor je student MFF UK, který, dle statutu, organizačně zabezpečuje rozesílání zadání a řešení úloh, opravování úloh a veškerou agendu s tím související a organizuje také vedlejší aktivity korespondenčního semináře. Vedoucí semináře je zaměstnanec MFF UK jmenovaný děkanem na návrh proděkana fyzikální sekce MFF UK. Vedoucí semináře řídí a kontroluje práci hlavního organizátora a jeho týmu a formálně se stará o hospodaření semináře. Dalšími organizátory jsou téměř výhradně[5] studenti vysokých škol, z větší části z MFF UK. Jedná se většinou o studenty bakalářských a magisterských studijních programů, ale na organizaci se podílí i několik studentů doktorského studia. Celkový počet aktivních organizátorů je pohyblivý, ale dá se říci, že v průběhu roku se na více jak jedné aktivitě zapojuje zhruba 40 osob (FYKOS a Výfuk dohromady), ale v průběhu akcí jako FYKOSí Fyziklání či MFnáboj se jednorázově zapojují i další organizátoři (z jiných seminářů, bývalí organizátoři FYKOSu či známí organizátorů FYKOSu).

Účastníci semináře

Počet účastníků FYKOSu v posledních několika letech stoupal společně se zaváděním dalších aktivit. Také se rozšířilo spektrum účastníků z původně téměř pouze středoškolských žáků i na žáky základních škol. Pro vytvoření základního přehledu – ve školních letech 2010/11, 2011/12 a 2012/13 byly počty účastníků následující: FYKOS 60, 122 a 168 středoškoláků; Výfuk 36, 79 a 270 účastníků; FYKOSí Fyziklání 31, 48 a 76 týmů[6]. Podrobnější údaje najdete v částech práce o jednotlivých akcích.

Účastníky FYKOSu jsou většinou nadaní studenti se zájmem hlavně o fyziku. Zejména při jednorázových akcích jako FYKOSí Fyziklání se však objevují i studenti, co mají zájem o další přírodní vědy, nejčastěji matematiku, a seminář v průběhu roku nemají zájem řešit, ale společně s dalšími spolužáky a kamarády vytvoří tým na takovou akci.

V korespondenčních sériích FYKOSu přijímáme řešení v češtině, slovenštině a angličtině, přičemž zadání zveřejňujeme v češtině a v angličtině[7]. Účastnit se tedy mohou žáci z celého světa. Příležitostně se účastní i účastníci z různých zemí mimo ČR a SR, např. Litvy, Srbska, Turecka atd., ale není to pravidlem, např. ve školním roce 2012/13 byli účastníci FYKOSu pouze z Česka a Slovenska. Výfuk zveřejňuje zadání pouze v češtině a zatím měl pouze účastníky z ČR. FYKOSí Fyziklání probíhá v Praze v češtině a zpravidla se ho účastní kromě osob s trvalým

na přednáškách a cvičeních, na kterých není prostor pro seznamování. Projekt „patronů“, který, jako zatím jediný, měl sloužit k tomu, aby systematicky vytvořil kontakty stávajících studentů s novými (probíhal tak, že stávající studenti, kteří se chtěli do projektu zapojit, se, částečně náhodně, přidělili novým studentům, kteří se na ně měli obracet s dotazy apod.), v současné době, bohužel, neběží.

[5]Občas se do organizace zapojí jako dobrovolníci i bývalí organizátoři semináře, kteří již dostudovali.

[6]Týmy jsou maximálně pětičlenné. Většina týmů bývá naplněná.

[7] Vzorová řešení pak však bývají pouze v češtině nebo slovenštině (podle jazyku autora).

bydlištěm v ČR i obyvatelé Slovenska. Fyziklání online probíhá online formou a od druhého ročníku soutěže je zadání i v angličtině. Účastnit se zde tedy také mohou žáci z celého světa. Fyziklání online má i otevřenou kategorii, které se může zúčastnit kdokoliv[8]

2.2.5 Používaná technika pro organizaci

Úvod k technice

Pro organizaci velkého množství aktivit v co nejprofesionálnější formě je potřebné používat různé technické prostředky. Jak pro archivaci, evidenci již vykonaného, tak zejména i komunikaci. Tato kapitola proto zmiňuje některé ze základních programů a služeb, které seminář používá, pro vytvoření lepší představy o organizaci semináře.

Organizátorská wiki

Organizátoři pro přípravu akcí používají organizátorskou wiki, interně *fiki*. Jedná se o prostředí, která funguje podobně jako Wikipedie, jenom s tím rozdílem, že přístup na tuto wiki mají pouze organizátoři FYKOSu.

Wiki běží na enginu DokuWiki - `http://dokuwiki.org`. Umístěná je na internetové adrese `http://wiki.fykos.cz/start`.

Je obecně rozdělená na část pro FYKOS, pro Výfuk a pro MFnáboj s tím, že jednotliví uživatelé mají přístup obvykle pouze do některých částí podle toho, co organizují.

Organizátorská konference, emaily

FYKOS i Výfuk mají oba po jedné centrální konferenci, tj. emailu společném pro všechny organizátory. Tyto konference slouží pro obecné informování organizátorů a to jak o nadcházejících akcích, jejich termínech, tak případně i pro zajímavé informace o nabídkách, které přímo nesouvisí se seminářem. Dále existují emaily pro jednotlivé akce semináře pro dotazy účastníků, úpravy registrace atd. (např. FYKOSí Fyziklání) a osobní emaily jednotlivých organizátorů, přes které mohou účastníci kontaktovat, koho jen chtějí, přímo.

Konference FYKOSu je emailová adresa `fykos-l@kolej.mff.cuni.cz` spravovaná v rámci serveru `http://www.kolej.mff.cuni.cz/`. Ostatní emailové adresy, včetně konference Výfuku, jsou spravované v rámci služby GoogleApps.

2.3 Korespondenční část

2.3.1 Úvod

TODO

[8] Tedy i studenti vysokých škol i lidé, kteří již nestudují, např. i vysokoškolští učitelé.

2.3.2 Kategorie

Žáci SŠ soutěží v semináři automaticky zařazení do kategorií podle svých školních ročníků. Kategorie 4. ročníků je pro 4. roč. SŠ a odpovídající ročníky gymnázií. Takto dále až ke kategorii 1. ročníků, do které se případně zařazují i žáci ZŠ, pokud se rozhodnou seminář řešit[9].

2.3.3 Průběh sérií semináře

Z hlediska účastníka

FYKOS má 6 korespondenčních sérií v průběhu jednoho školního roku. Série probíhají tak, že se nejprve zveřejní zadání na internetu, stávajícím řešitelům pak přijde, cca po třech týdnech, zadání poštou domů ve formě brožurky, ve které jsou i vzorová řešení předchozí série. V zásilce řešitelé obdrží i jejich opravená řešení předchozí série[10]. Pak mají řešitelé ještě nějaký čas na řešení příkladů, obvykle zhruba další tři týdny.

Uzávěrka příjmu příkladů má dva termíny. První, zpravidla v pondělí, je termín na podání řešení na poště (datum razítka) pro řešitele, kteří chtějí svá řešení zasílat řešení poštou. Druhý termín je pro elektronické zasílání příkladů přes elektronický systém uploadu na stránkách FYKOSu[11], tzv. *termín uploadu*, který bývá zpravidla ve 20.00 druhý den po prvním termínu.

Autorská řešení úloh se na stránkách FYKOSu[12] objeví obvykle do tří dnů po termínu uploadu.

Z hlediska organizátora

Organizátoři v průběhu roku vymýšlejí úlohy či se inspirují z různých učebnic fyziky, stránek věnovaných fyzice a dalších zdrojích[13]. Připravené návrhy zadání umisťují organizátoři na interní organizátorskou wiki. Zde jsou úlohy zařazovány podle jejich zamýšleného určení (viz dále subkapitola Typy úloh). Z nich pak pro výběr úloh do série vybere jeden organizátor, tzv. *vedoucí výběru úloh do sérií*, několik úloh z každé kategorie a vytvoří hlasování, na které upozorní ostatní organizátory. Tím začíná série pro většinu organizátorů. Hlasování je uzavřeno na jedné organizátorské schůzce, kde dojde k definitivnímu výběru úloh do série. Následuje období, kdy se mohou organizátoři hlásit k opravování jednotlivých úloh a současně doba, v jejímž průběhu píšou vzorová řešení úloh. Zpravidla organizátor, který napíše vzorové řešení, danou úlohu i opravuje.

Po termínech příjmu úloh zajistí roztřídění úloh a vytištění elektronických řešení tzv. *správce příjmu řešení*. Ty si pak rozeberou opravující organizátoři,

[9] Přestože se jedná o část semináře primárně určenou pro SŠ a mohou současně řešit i Výfuk.

[10] Tento systém je zaveden od 24. ročníku semináře. Dříve se zadání rozesílalo rovnou cca v době uzávěrky předchozí série a opravená řešení se odesílala se zadáním přespříští série. Vzorová řešení byla taktéž až v brožurce se zadáním série o dvě čísla vyšším. Jedinou výjimkou byla 7. brožurka, ve které byla řešení 5. a 6. série.

[11] `http://fykos.cz/upload`

[12] `http://fykos.cz/ulohy/reseni`

[13] V případě, že je použita úloha založená na již známé existující úloze, bývá úloha zpravidla upravena tak, aby nebyla příliš snadno dohledatelná na internetu. To je zejména z důvodu, aby řešitelé nebyli příliš v pokušení řešení pouze někde opsat, ale sami vymyslet.

opraví je a okomentují a donesou na schůzku, která je přibližně o dva týdny později. Tato schůzka bývá označována jako *obálkovací*, protože jsou na ní řešení zaobálkována a následně odeslána řešitelům poštou domů.

2.3.4 Typy úloh

V každé sérii je 8 úloh. První dvě, označené č. 1 a 2, jsou *jednoduché*[14]. Na *jednoduché* úlohy se aplikuje jediné bodové zvýhodnění ve FYKOSu, a to pouze pro kategorii 1. a 2. ročníků. Body získané řešením *jednoduché* úlohy se těmto řešitelům násobí dvěma[15].

Úlohy č. 3, 4 a 5 jsou pak *normální*, což u příkladů FYKOSu znamená, že se jedná obvykle o složitější příklady, které při řešení požadují fyzikální uchopení zadání, matematické přeformulování problému, uvědomění si, které veličiny jsou k řešení třeba a často i v zavedení rozumné aproximace.

Šestou úlohou je úloha *problémová* označovaná jako *P*. V pojetí FYKOSu[16] by se mělo ideálně jednat o zajímavou otevřenou otázku, která zatím nemá nějaké obecně uznávané řešení (ať už z důvodu jeho komplexnosti či kvůli tomu, že zatím nebyla vědecky řešená), ale nadaný středoškolák by ji mohl alespoň částečně úspěšně řešit (např. za určitých omezení). Jedná se ovšem spíše o ideál a objevuje se více typů *problémových* úloh. Někdy je jako *problémová* zařazená úloha, která má více možných přístupů k řešení či úloha, která je založená na vícenásobném odhadu hodnot fyzikálních veličin.

Sedmá úloha je *experimentální* s označením *E*. Žáci mají vždy za úkol provést měření a to zpracovat. V řešení požadujeme zejména popis měření, výsledky měření a diskuze a závěry z měření. Hodnocená je i teorie, která je pro vytvoření správné diskuze také potřebná. Jednou za čas dostanou řešitelé domů se zadáním nějakou věc, u které mají měřením určit požadovanou fyzikální veličinu.

Poslední, osmou, úlohou v sérii je úloha *seriálová* označovaná jako *S*. Váže se vždy ke studijnímu doprovodnému textu, který se nazývá *seriál*. Název plyne z toho, že obvykle se seriál v průběhu celého školního roku váže k jednomu, pro tento rok vybranému, tématu. Příklady témat, na které byly seriály jsou plazma, astrofyzika, komplexní čísla a teoretická mechanika.

2.3.5 Hodnocení úloh

Každá úloha má v okamžiku zveřejnění určený počet bodů *studenta Pilného*, což by se dalo označit za bodové maximum úlohy. Není to však striktní bodové maximum, ale spíše očekávaný počet bodů při obvyklém vyřešení úlohy.

V případě, že řešitel úlohu zpracuje významně lépe, než se očekává, získá tzv. bonusové body, které se počítají do jeho celkového bodového zisku z dané úlohy. Některé úlohy mají přímo v zadání uvedený návrh na hlubší zpracování úlohy

[14] Jsou tak označovány, přestože nemusí být vždy pro řešitele zcela jednoduché, ale mělo by se jednat obvykle o dvě nejjednodušší úlohy série.

[15] Je tomu tak od 25. ročníku semináře, tj. od školního roku 2011/12. Ve 24. ročníku byly dvě *jednoduché* úlohy pod jednou úlohou č. 1 a neexistovalo žádné bodové zvýhodnění. V předcházejících letech pak místo dvou *jednoduchých* úloh byla jedna *normální* a úloh bylo pouze 7.

[16] Pojem problémové úlohy ve školní výuce fyziky, pro což se tento název používá více frekventovaně, má obvykle jiný význam.

(např. uvážit zanedbaný odpor vzduchu, tyče uvažované původně jako nehmotné, uvážit jako hmotné) nebo může řešitel zapojit vlastní invenci, a to u jakékoliv úlohy.

Opravující organizátor každou úlohu jak oboduje, tak by měl ke každé úloze dodat slovní komentář. Komentář je nutný zejména v případě, že řešitel nezíská plný počet bodů, aby si uvědomil, co udělal špatně a jak by měl podobnou úlohu příště řešit lépe. Potřebné jsou však i povzbuzující komentáře motivující k řešení úloh v dalších sériích.

Bodové zvýhodnění

Jediné bodové zvýhodnění uplatňované v současné době v rámci korespondenční části FYKOSu platí pro kategorii 1. a 2. ročníku. Účastníkům těchto kategorií se bodový zisk z 1. a 2. úlohy násobí dvěma. Toto pravidlo platí od 25. ročníku semináře, tj. od školního roku 2011/12. Žádné jiné bodové zvýhodnění není uplatňováno.

2.3.6 Ročenka

Po proběhnutí celého ročníku seminář vydává ročenku, ve které jsou všechny úlohy ročníku FYKOSu i se vzorovými řešeními, kompletní text seriálu i drobné reportáže z akcí, které seminář pořádal pro středoškoláky. Jedná se o jedinou publikaci s ISBN, kterou seminář obvykle vydává.

Ročenka je primárně určená aktivním řešitelům proběhlého ročníku a účastníkům soustředění FYKOSu v dalších letech. Používá se částečně i jako propagační publikace zejména pro učitele, který mají zájem se o FYKOSu dozvědět něco více.

2.3.7 Přínosy pro účastníky a odměny

Přínosy

Hlavním přínosem pro řešitele korespondenčních sérií je to, že se sami vzdělávají. A to jak v jednotlivých oblastech fyziky, ze kterých jsou konkrétní úlohy, tak i to, jakým způsobem úlohy srozumitelně zpracovávat a sepisovat.

Odměny

Odměny pro řešitele slouží jako motivace k řešení

Na základě počtu získaných bodů jednotlivými řešiteli v sériích se sestavují výsledkové listiny jednotlivých kategorií. Pro některé řešitele je samotná existence výsledkových listin jednou z odměn.

Na základě výsledkových listin kategorií a celkového pořadí jsou řešitelé zváni na soustředění, někdy případně i na další akce (obvykle na Týden s aplikovanou fyzikou).

Zhruba nejlepší třetina řešitelů získává i materiální odměny – učebnice, populární vědecké knihy, deskové či karetní hry či trička semináře.

ročenka trička

odpuštění příjmaček

2.3.8 Statistiky počtu účastníků

2.4 Soustředění

2.5 Výpočty fyzikálních úkolů

2.6 Exkurze, poznávací zájezdy

2.6.1 Den s experimentální fyzikou

2.6.2 Týden s aplikovanou fyzikou

2.7 Jednorázové soutěže

2.7.1 FYKOSí Fyziklání

2.7.2 Fyziklání online

2.7.3 MFnáboj

2.8 Historie Fyzikálního korespondenčního semináře

2.8.1 Vznik Fyzikálního korespondenčního semináře

FYKOS vznikl školním roce 1986/87, kdy proběhl nultý ročník semináře. Vznikl jako fyzikální alternativa k Matematickému korespondenčnímu semináři, který v té době již několik let fungoval. Za jeho vznikem stála skupina kolem Leoše Dvořáka[17] a Davida Vokrouhlického[18]. V tomto roce proběhlo méně sérií a zatím nebylo pořádáno žádné soustředění, ale přesto se semináře účastnilo zhruba sto studentů.

O této aktivitě Leoše Dvořáka se o rok později dozvěděla skupina studentů (Pavel Krtouš, Přemysl Dědic a Tomáš Kopf), která převzala seminář do svých rukou. Tato skupina dala již FYKOSu z velké části jeho korespondenční části dnešní podobu.

[17] Tehdy byl vědeckým pracovníkem na tehdejší Katedře teoretické fyziky, dnešním Ústavu teoretické fyziky. V současné době je doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc. docentem na Katedře didaktiky fyziky MFF UK.

[18] Tehdy byl studentem tehdejší Katedry astronomie, dnešním Astronomickém ústavu UK. Dnes je prof. RNDr. David Vokrouhlický, DrSc. zástupcem ředitele Astronomického ústavu UK.

3. Metody a cíle CZV

3.1 Cíle cílené zpětné vazby FYKOSu

3.2 Použité metody cílené zpětné vazby

4. Realizace a výsledky CZV

4.1 Rozhovory

4.2 Dotazník

5. Další soutěže a akce mimo FYKOS v ČR a SR

5.1 Úvod

FYKOS je jednou z relativně velkého množství aktivit, které pro zájemce o přírodní vědy pořádá jak MFF UK, tak i další vysoké školy a instituce v rámci České republiky. Většina těchto aktivit probíhá víceméně nezávisle na sobě a ani neexistuje žádný kompletní přehled všech možností možností pro nadané. V současné době sice probíhá vývoj portálu `talentovani.cz` v rámci projektu Perun[1], ale stále nepokrývá všechny existující aktivity. Dalším sdružujícím prvkem pro větší počet soutěží je dotační program MŠMT *Podpora soutěží a přehlídek v zájmovém vzdělávání*, do kterého je přihlášena velká část soutěží a na jehož základě se posléze vytváří seznam soutěží do věstníku MŠMT.

Následující seznam soutěží a dalších aktivit si nebere za cíl jakoukoliv úplnost, ale pouze poznamenat nějaká zajímavá fakta o těchto aktivitách, které jsou FYKOSu podobné způsobem organizaci či předmětem, fyzikou, a tedy i cílovou skupinou. Každá z těchto aktivit pak může být FYKOSu inspirací k tomu, jak může organizace fungovat v nějakých aspektech lépe (nebo i hůře) či zcela jinak a jsou tak jednou z možností inspirace pro úpravy a vylepšení ve FYKOSu.

5.2 Soutěže a akce organizované MFF UK

5.2.1 Matematický korespondenční seminář

5.2.2 Korespondenční seminář z programování

5.2.3 Fyzikální kroužek

5.3 Další soutěže

5.3.1 Fyzikální olympiáda

5.3.2 Astronomická olympiáda

5.3.3 Turnaj mladých fyziků

5.3.4 Fyzikálný korešpondenčný seminár

[1]Projekt *Péče, rozvoj, uplatnění nedání* běžel pod NIDM, které bylo ovšem k 31. 12. 2013 zrušeno a MĚLO BY TO PŘEJÍT (UPRAVIT AŽ JAK TO DEFINITIVNĚ DOPADNE A BUDE TO TAK A NEBUDE SE NA TO JEN ČEKAT) do 31. 6. 2014 pod NÚV a jeho pokračování není známé (TODO - UPRAVIT PODLE SITUACE V DOBĚ ODEVZDÁNÍ)

6. Navržená a realizovaná vylepšení FYKOSu

6.1 XXXXX

7. Závěr

TODO napíše se nakonec

8. Literatura

(FoL) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *Fyziklání online* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://online.fyziklani.cz`

(FYKOS) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *Fyzikální korespondenční seminář* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://fykos.cz`

(FYKOS-DSEF) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *den s experimentální fyzikou* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://dsef.cz`

(FYKOS-historie) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *Historie FYKOSu* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://fykos.cz/o-nas/historie`

(FYKOS-přednášky) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *Přednášky pro středoškoláky* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://fykos.cz/akce/prednasky`

(FYKOS-soustředění) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *Soustředění FYKOSu* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://fykos.cz/soustredeni`

(FYKOS-TSAF) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *Týden s aplikovanou fyzikou* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://tsaf.cz`

(Fyziklání) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *FYKOSí Fyziklání* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://fyziklani.cz`

(MFnáboj) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *MFnáboj - Matematicko-fyzikální soutěž* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://vyfuk.fykos.cz/mfnaboj`

(Výfuk) ORGANIZÁTOŘI FYKOSU. *Výpočty fyzikálních úkolů* [online]. [cit. 2013-09-08]. Dostupné z: `http://vyfuk.fykos.cz`

Seznam zkratek

CZV cílená zpětná vazba

ČR Česká republika

DAKOS Databáze korespondenčních seminářů na MFF UK (do 2011/12)

DSEF Den s experimentální fyzikou

FKS slovenský Fyzikálný korešpondenčný seminár pořádaný občanským sdružením Trojsten (alternativně, zejména dříve a v oficiálních dokumentech, používaná zkratka pro FYKOS – dnes je již ale preferováno používání zkratky FYKOS i ve většině dokumentů)

FO Fyzikální olympiáda

FYKOS Fyzikální korespondenční seminář MFF UK

G Gymnázium/gymnázia

KTF dříve Katedra teoretické fyziky MFF UK (dnes ÚTF)

MFF UK Matematicko-fyzikální fakulta UK

MKS Matematický korespondenční seminář (jinak PraSe)

MO Matematické olympiáda

MŠMT Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České Republiky

NIDM Národní institut dětí a mládeže Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků a školské zařízení pro zájmové vzdělávání (zanikl 31. 12. 2013)

NÚV Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků

OVVP Oddělení pro vnější vztahy a propagaci MFF UK

PraSe Pražský seminář (jinak MKS)

SEx Sekce experimentování (FYKOSu)

SR Slovenská republika

SŠ střední škola/y (včetně odpovídajících ročníků víceletých gymnázií, pokud není řečeno jinak)

TMF Turnaj mladých fyziků

TSAF Týden s aplikovanou fyzikou

UK Univerzita Karlova v Praze

ÚTF Ústav teoretické fyziky MFF UK (dříve KTF)

VŠ vysoká škola/y

Výfuk Výpočty fyzikálních úkolů (součást FYKOSu pro ZŠ)

ZŠ základní škola/y (včetně odpovídajících ročníků víceletých gymnázií, pokud není řečeno jinak)

XXX XXX

Přílohy

8.1 Statut korespondenčních seminářů MFF UK

ve znění z května 2001

1. MFF UK pořádá tři korespondenční semináře (dále jen KS): Matematický korespondenční seminář (MKS), Fyzikální korespondenční seminář (FKS) a Korespondenční seminář z programování (KSP).

2. Korespondenční semináře jsou soutěže v příslušných oborech organizované pro studenty středních, případně základních škol. Pořadatelé seminářů zasílají účastníkům několikrát do roka sadu problémů, účastníci je řeší a posílají svá řešení zpět. Tato řešení jsou opravována a ohodnocena a vracejí se spolu s komentáři zpět k řešitelům. Podle výsledku v každém kole se vyhotovuje průběžné pořadí řešitelů a nejlepší řešitelé jsou zváni na soustředění obsahující odborný a rekreační program.

3. Práci každého KS řídí vedoucí KS ve spolupráci s hlavním organizátorem a jeho týmem.

4. Vedoucího KS jmenuje děkan z řad zaměstnanců MFF UK na základě návrhu příslušného sekčního proděkana. Vedoucí KS se po svém jmenování stává členem Propagační komise MFF UK. Na návrh vedoucího KS sekční proděkan jmenuje hlavního organizátora z řad studentů na každý školní rok.

5. KS finančně zajišťuje fakulta v rámci svých propagačních aktivit. V rozpočtu KS jsou zohledněny tyto položky:
   - náklady na sestavení, tisk a rozesílání zadání a řešení úloh,
   - soustředění KS,
   - vydání publikace celého ročníku KS a odměna pro autora publikace.

6. Hlavní organizátor zajišťuje průběh celého ročníku KS, pro který byl jmenován. Zabezpečuje rozesílání zadání a řešení úloh, opravování úloh a veškerou agendu s tím související, organizuje také vedlejší aktivity KS (např. soustředění).

7. Vedoucí KS řídí a kontroluje práci hlavního organizátora a jeho týmu. V rámci Propagační komise jedná s ostatními vedoucími KS o společných otázkách KS. V souladu s platnými hospodářskými směrnicemi hospodaří s finančními prostředky pro jeho KS fakultou určenými. Zabezpečuje pedagogický dozor na soustředěních, exkurzích a jiných výjezdních akcích KS.

8. Předseda propagační komise podává studijnímu proděkanovi návrh na vyplacení odměn organizátorům všech tří KS ve formě stipendia.

8.2 Ukázky úloh ze sérií FYKOSu

8.2.1 Jednoduchá – 24-IV-1 a) – napnutá struna

Zadání

Frekvence kmitů napjaté struny závisí na její délce l, síle F, kterou je struna napjatá, a na délkové hustotě ϱ_l. Určete z těchto údajů vzoreček pro frekvenci struny pomocí rozměrové analýzy.

Původ zadání: Karel Kolář
Autor řešení: Lukáš Ledvina

Řešení

Rozměrová analýza je velmi silný nástroj pro odhadnutí chování nějakého systému, pokud víme, pouze na čem by zkoumaná veličina mohla záviset.

Rozměrová analýza je také velmi dobrou kontrolou správnosti výsledku. Známe-li totiž jednotku, která nám má vyjít a dosadíme-li do vzorce ty, které v něm vystupují, musí být výsledkem ona očekávaná jednotka. Když není, určitě jsme udělali chybu.

Nyní se ale již zaměřme na náš problém. Ze zadání víme, že frekvence by měla záviset na délce l, síle F a hustotě ϱ_l. Proto můžeme psát

$$f = l^{\alpha} F^{\beta} \varrho_l^{\gamma} \,.$$

Budeme hledat koeficienty α, β a γ tak, aby rozměr levé i pravé strany byl týž. Pokud bychom našli více možností, může být frekvence rovna libovolné lineární kombinaci výrazů 8.2.1.

Najděme nejprve rozklad veličin ze zadání do jednotek SI:

$$\begin{aligned} [l] &= \mathrm{m}\,, \\ [F] &= \mathrm{kg{\cdot}m{\cdot}s^{-2}}\,, \\ [\varrho] &= \mathrm{kg{\cdot}m^{-1}}\,, \\ [f] &= \mathrm{s^{-1}}\,. \end{aligned}$$

Aby se rovnaly rozměry veličin na levé a pravé straně výrazu 8.2.1, musí se rovnat mocniny u všech různých veličin z SI. Proto dostáváme soustavu rovnic:

$$\begin{aligned} \text{kg:} \quad 0 &= \beta + \gamma\,, \\ \text{m:} \quad 0 &= \alpha + \beta - \gamma\,, \\ \text{s:} \quad -1 &= -2\beta\,. \end{aligned}$$

Vyřešením soustavy dostáváme $\alpha = -1$, $\beta = 1/2$ a $\gamma = -1/2$. Proto můžeme napsat výsledek

$$f = \frac{C_0}{l}\sqrt{\frac{F}{\varrho_l}}\,.$$

Hodnotu konstanty C_0 nám však rozměrová analýza neumožňuje zjistit, závisí totiž na tom, kolikátá harmonická frekvence je na struně naladěna.

8.2.2 Jednoduchá – 26-I-1 – tlustý papír

Zadání

Odhadněte tloušťku papíru A4, pokud znáte jeho plošné rozměry, gramáž a hustotu (jak obecně, tak číselně). Potřebné údaje si vyhledejte (či správně odhadněte) pro běžný kancelářský papír.

Původ zadání: Karel žere papír.
Autor řešení: Jana Poledniková

Řešení

Abychom spočítali tloušťku papíru, budeme se na něj muset podívat na jako opravdu tenký kvádr. Tloušťku označíme c a ostatní dva rozměry, tedy délku a šířku, a a b. Jde o kvádr, takže umíme jednoduše vyjádřit jeho objem

$$V = abc\,.$$

Objem samotný neznáme, ale zadání nám napovídá, že můžeme použít ještě gramáž, tedy plošnou hustotu (v jednotkách $\mathrm{g\cdot m^{-2}}$) a hustotu. Pro objem platí

$$V = \frac{m}{\varrho}\,.$$

a pro plošnou hustotu platí

$$\sigma = \frac{m}{S} = \frac{m}{ab}\,.$$

Vztahy dáme do rovnosti a upravíme do finálního obecného vztahu pro c

$$\sigma = \frac{m}{ab} = \frac{V\varrho}{ab} = \frac{abc\varrho}{ab} \quad \Rightarrow \quad c = \frac{\sigma}{\varrho}\,.$$

S číselnými hodnotami dopadneme následovně: gramáž může být různá, kancelářský papír má často $80\,\mathrm{g\cdot m^{-2}}$. Hustotu běžného kancelářského papíru zjistíme třeba na internetu[1], zde použitá hodnota je $0{,}86\,\mathrm{g\cdot cm^{-3}}$. Rozměry papíru nakonec ani nebudeme potřebovat. Po dosazení nám výsledná tloušťka vyjde $1\cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}$.

8.2.3 Jednoduchá – 26-II-2 – hollow Earth

Zadání

Kdyby se všechna hmota Země vzala a přemodelovala se na kulovou slupku o tloušťce $d = 1\,\mathrm{km}$ (se stejnou hustotou), jaký by tato nová „Země“ měla vnější poloměr? Jaké by bylo gravitační zrychlení na jejím vnějším povrchu?

Původ zadání: Karel neustále vymýšlí nerealistické myšlenkové experimenty.
Autor řešení: Tomáš Bárta

[1] `http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_density_of_paper`

Řešení

Uvažujme poloměr Země $R_Z = 6\,378\,\mathrm{km}$. Objem koule s tímto poloměrem je

$$V_Z = \frac{4}{3}\pi R_Z^3\,.$$

Objem kulové slupky o vnějším poloměru R_S a tloušťce d lze přesně vyjádřit jako

$$V_S = \frac{4}{3}\pi\left[R_S^3 - (R_S - d)^3\right] = \frac{4}{3}\pi\left(3R_S^2 d - 3R_S d^2 + d^3\right)\,.$$

Pro $d \ll R_S$ lze zanedbat členy d v druhé a vyšší mocnině. Požadujeme, aby se objem slupky a objem Země rovnaly. Dostáváme tedy rovnost

$$R_Z^3 \approx 3R_S^2 d\,,$$

$$R_S \approx \sqrt{\frac{R_Z^3}{3d}} \doteq 2{,}9\cdot 10^5\,\mathrm{km}\,.$$

Jelikož Země bude stále sféricky symetrická, bude tvořit sféricky symetrické, tedy centrální, silové pole. V takovémto poli je zrychlení nepřímo úměrné druhé mocnině vzdálenosti od středu symetrie, tedy od středu koule.[2] Ta je v našem případě R_S. Pokud si uvědomíme, že zrychlení na povrchu Země je nyní

$$g = G\frac{M_Z}{R_Z^2}\,,$$

můžeme pomocí tohoto vyjádřit i nové gravitační zrychlení

$$g' = G\frac{M_Z}{R_S^2}\,,$$

$$g' = g\frac{R_Z^2}{R_S^2} \approx 3G\frac{d}{R_Z} \doteq 4{,}6\cdot 10^{-3}\,\mathrm{m{\cdot}s^{-2}}\,.$$

Zrychlení na povrchu takovéto Země by tedy bylo asi 2 000krát slabší než na naší Zemi.

8.2.4 Normální – 24-VI-4 – konečné řešení otázky globálního oteplování

Zadání

Jak by se změnil výkon slunečního záření dopadajícího na Zemi v odsluní, kdyby byla jednorázově vychýlena zemská dráha (změnou její okamžité rychlosti ve směru její dráhy) tak, aby byl pozemský rok o týden delší? Odhadněte teplotu Země v přísluní a odsluní, pokud by Země měla téměř nulovou tepelnou kapacitu. Stačí uvažovat, že původní dráha Země byla kruhová a přešla na eliptickou.

Původ zadání: Karel se díval na Futuramu
Autor řešení: Karel Kolář

[2] A to díky tomu, že tok gravitačního pole libovolnou uzavřenou plochou splňuje podmínku, které říkáme *Gaussova věta.*

Teorie

Vzpomeneme si na Keplerův třetí zákon, který dává do vztahu oběžné doby planet T obíhající centrální slunce s jejich hlavními poloosami a. Stejně bude platit i v našem případě pro změnu trajektorie Země

$$\frac{T_0^2}{a_0^3} = \frac{T_1^2}{a_1^3} \qquad \Rightarrow \qquad a_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1^2}{T_0^2}}\, a_0 \,,$$

kde indexy 0 budeme značit počáteční situaci, kdy Země obíhá Slunce po kružnici s poloměrem $a_0 = 1\,\mathrm{AU} = 1{,}50 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}$ s oběžnou dobou $T_0 = 365{,}2\,\mathrm{dne}$, a indexy 1 budou značené veličiny odpovídající situaci po změně zemské dráhy (doba oběhu $T_1 = 372{,}2\,\mathrm{dne}$).

Vzhledem k tomu, že přechod na eliptickou[3] dráhu se uskutečnil rychle a ve směru pohybu Země, což znamená, že přísluní (perihelium) nové dráhy bude ve vzdálenosti $a_\mathrm{p} = a_0$ od Slunce a odsluní (afelium) bude ve vzdálenosti $a_\mathrm{a} = 2a_1 - a_0 = \left(2\sqrt[3]{T_1^2/T_0^2} - 1\right) a_0 \approx 1{,}025\,\mathrm{AU}$. Už z tohoto výsledku je vidět, že dramatické změny teplot v průběhu roku nebudou nastávat, protože excentricita této dráhy je pouze $e_1 = (a_\mathrm{a} - a_\mathrm{p})/(a_\mathrm{a} + a_\mathrm{p}) = 1 - \sqrt[3]{T_0^2/T_1^2} = 0{,}0126$, což je menší excentricita, než má Země ve skutečnosti. Pokud bychom ale uvažovali eliptickou dráhu, záleželo by na tom, kdy v průběhu roku dojde ke změně dráhy. Excentricita by se pak mohla i zmenšit, střední vzdálenost Země-Slunce by vzrostla v každém případě tak, aby se velká poloosa zvětšila z a_0 na a_1.

Hustota toku sluneční energie ve vzdálenosti 1 AU od Slunce se nazývá *sluneční konstanta* a její hodnota je $S_0 = 1370\,\mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$. Ve skutečnosti se nejedná o konstantu, protože v průběhu roku kolísá o cca 1,7 %[4], ale v rámci řešení úlohy ji budeme považovat za konstantní. Hustota toku sluneční energie je nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti a ve vzdálenosti r od Slunce ji můžeme vypočítat podle vztahu

$$S_r = \frac{a_0^2}{r^2} S_0 \,.$$

V přísluní naší nové dráhy je $S_\mathrm{p} = S_0$ z definice a v odsluní

$$S_\mathrm{a} = \frac{a_\mathrm{p}^2}{a_\mathrm{a}^2} S_0 = \frac{1}{\left(2\sqrt[3]{T_1^2/T_0^2} - 1\right)^2} S_0 = 0{,}95 S_0 \doteq 1300\,\mathrm{W{\cdot}m^{-2}} \,.$$

Pro odhad teploty budeme předpokládat, že Země je dokonale černé těleso a že v každý okamžik je vyrovnaná bilance zářivého výkonu dopadajícího na Zemi a výkonem, která je Zemí vyzařovaná jako černým tělesem. Jedná se o logický předpoklad, protože jinak by Země nebyla v tepelné rovnováze a buď by se neustále ohřívala, nebo ochlazovala. Ve skutečnosti má Země tepelnou kapacitu, takže není v tak dokonalé tepelné rovnováze – ani blízko takové, že by se dopadající záření z jedné strany na Zem okamžitě vyzařovalo všemi směry, ale berme to jako první přiblížení. Světelný výkon dopadající na Zemi, která je dokonalá

[3] Případně více eliptickou, pokud bychom se rovnou rozhodli uvažovat i to, že původní dráha Země je ve skutečnosti eliptická s excentricitou $e = 0{,}0167$.

[4] Nemluvě o tom, že se i její střední hodnota periodicky mění v průběhu 11letého slunečního cyklu.

koule o poloměru R_Z, ve vzdálenosti r, je úměrný průřezu Země a hustotě toku sluneční energie, $P_r = \pi R_Z^2 S_r$. Výkon, který Země vyzáří na svém celém povrchu, je dle Stefanova-Boltzmannova zákona

$$P = 4\pi R_Z^2 M = 4\pi R_Z^2 \sigma \tau^4 \,,$$

kde M je intenzita vyzařování z povrchu černého tělesa, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}$ Stefanova-Boltzmannova konstanta a τ je teplota černého tělesa. Vzhledem k tomu, že se mají oba výkony rovnat, dostáváme vzorec pro teplotu Země v našem přiblížení

$$\tau_r = \sqrt[4]{\frac{S_r}{4\sigma}} = \sqrt{\frac{a_0}{2r}} \sqrt[4]{\frac{S_0}{\sigma}} \,.$$

Teplota v perihelu pak vyjde $\tau_\mathrm{p} \approx 6\,℃$ a v afelu $\tau_\mathrm{a} \approx 2\,℃$. Teplota v perihelu by teoreticky podle našich předpokladů měla odpovídat střední teplotě na Zemi v průběhu roku, která se udává jako 14 ℃. Což na první pohled úplně nesedí, ale vzhledem k počtu zanedbání, kterých jsme se dopustili, je to poměrně dobrá shoda. Další vlivy, které by se pro správné určení teploty měly započítat, jsou například to, že ve skutečnosti spektrum Země při vyzařování nebude ideálně odpovídat vyzařování černého tělesu, ale mělo by určitou specifickou vyzařovací charakteristiku, navíc i tato celková charakteristika by byla jenom přiblížením, protože Země není jenom z jedné chemické látky, ale jinak bude vyzařovat pevnina a jinak oceány. Toto by vedlo spíš ke snížení očekávané teploty Země. Vliv na teplotu Země má také to, že má horké jádro – částečně obsahující tepelnou energii od doby vzniku Země pocházející z gravitační potenciální energie a dále v jádru dochází k rozpadu radioaktivních prvků, což také zvyšuje teplotu Země. Další věcí je přítomnost atmosféry, která díky skleníkovým plynům zvyšuje teplotu zemského povrchu.

Něco navíc

Pokud bychom tedy chtěli vyřešit globální oteplování jako ve Futuramě, kde roboti ovlivnili dráhu Země tak, že rok byl o týden (robotí pařby) delší, tak by nás kromě výkyvů teploty v průběhu roku zejména zajímala průměrná roční teplota. Respektive i s naším relativně primitivním modelem bychom mohli určit, o kolik zhruba stupňů by se teplota změnila vůči původní teplotě. Za tím účelem můžeme využít druhý Keplerův zákon – *zákon ploch* – říkající, že za jednotku času průvodič planety opíše stejnou plochu.[5] Pro plošnou rychlost w pak platí

$$w = \frac{a_1 b_1}{T_1} = \frac{r v_r}{2},$$

kde b_1 je vedlejší poloosa elipsy a v_r je rychlost planety ve vzdálenosti r od Slunce. Pokud bychom chtěli, můžeme vypočítat i hodnotu w s pomocí vztahu $e = \sqrt{a_1^2 - b_1^2}/a_1$, která pak bude $w = \sqrt{a_\mathrm{a} a_\mathrm{p}} = a_0 \sqrt{2\,(T_1/T_0)^{2/3} - 1}$, ale toto číslo nebudeme dál potřebovat. Vystačíme si s úvahou, že když w je konstantní, můžeme vyjádřit oběžnou rychlost jako funkci vzdálenosti $v_r = 2w/r$. Vzhledem k tomu, že trajektorie Země je elipsa, můžeme si vybrat souřadnou soustavu, kde

[5] Je to jen jiná formulace zákona zachování momentu hybnosti.

Slunce bude v jejím počátku a perihelium bude na ose x v kladném směru. Naši elipsu popíšeme v polárních souřadnicích jako

$$r_\varphi = a_1 - (a_1 - a_0)\cos\varphi\,,$$

kde φ je úhel měřený právě od perihelu v kladném smyslu (proti směru hodinových ručiček). Jde o aproximaci pro malé excentricity ε. Obecně můžeme kuželosečky v polárních souřadnicích zapsat ve tvaru

$$r(\varphi) = \frac{a_0}{1 - \varepsilon\cos\varphi}\,,$$

kde a_0 je velikost hlavní poloosy a ε je excentricita. Pro $\varepsilon = 0$ jde o kružnici, pro $0 < \varepsilon < 1$ jde o elipsu, pro $\varepsilon = 1$ jde o parabolu a pro $\varepsilon > 1$ to je jedna větev hyperboly.

Pokud jste se ještě s polárními souřadnicemi nesetkali, tak místo souřadnice x a y máme souřadnice $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ určující vzdálenost od počátku a φ, což je právě zmíněný úhel, pro který platí $\varphi = \operatorname{tg} y/x$.

Poslední úvaha se týká toho, že teplotu bychom chtěli „vystředovat“ tak, že bychom si rozdělili dráhu Země v průběhu roku na malé kousíčky, kdy má skoro stejnou teplotu určenou naším modelem, a teplotu vynásobili časem, za který Země příslušný kousíček dráhy urazila. Všechny tyto vynásobené kousky bychom pak sečetli a vydělili dobou oběhu. Vlastně bychom spočítali vážený průměr teploty. Čas, který Zemi potrvá, než urazí nějakou dráhu, je nepřímo úměrný její rychlosti. Rychlost je zase v našem případě nepřímo úměrná vzdálenosti od Slunce, takže čas je úměrný vzdálenosti. Takže můžeme jako váhovou funkci použít vzdálenost a ne přímo čas. Také bude lepší, když kousíčky, ve kterých považujeme rychlost Země za konstantní, půjdou k nekonečně krátkým dobám – tzn. přejdeme k integrování. Průměrná teplota bude

$$\bar{\tau} = \frac{\int_0^{2\pi} r_\varphi \tau_{r_\varphi}\,\mathrm{d}\varphi}{\int_0^{2\pi} r_\varphi\,\mathrm{d}\varphi}\,.$$

Tyto integrály si můžeme nechat numericky spočítat[6] a vyjde nám, že nemůžeme čekat změnu průměrné roční teploty ani o celé 2 ℃, takže pokud by bylo potřeba Zemi ochladit v situaci, kdy by bylo všem nechutné vedro, ani o týden delší rok by nestačil.

8.2.5 Normální – 25-I-4 – drrrrr

Zadání

Mezi dvěma opačně nabitými deskami se sem a tam odráží vodivá kulička zanedbatelných rozměrů. S jakou frekvencí se pohybuje? Napětí mezi deskami je U. Při nárazu se kulička nabije na náboj velikosti Q shodný s polaritou desky. Koeficient restituce je k.

Bonus: Odpovídá výkon na tomto rezistoru energetickým ztrátám při nárazech?

Poznámka: Koeficient restituce je poměr kinetických energií po nárazu a před ním.[7]

[6] Například pomocí stroje na `http://www.wolframalpha.com/`.

[7] Alespoň pro naše účely v této úloze. V některých případech bývá definován jako poměr rychlostí před a po odrazu.

Původ zadání: Jáchym hodil do stroje kuličku.
Autor řešení: Ján Pulmann

Řešení

Keďže sa guľôčka nabije na náboj rovnakej polarity ako doska, do ktorej narazí, po každom náraze je naďalej urýchlovaná elektrickým poľom. Takto ale nezískava energiu neustále, po zopár nárazoch sa jej pohyb stane takmer periodický. Guľka totiž pri náraze stráca energiu, a hodnota tejto energie závisí od rýchlosti. Čím ide rýchlejšie, tým má väčšiu kinetickú energiu, a teda aj o viac energie príde. Takto bude získavať energiu z potenciálového rozdielu a zrýchlovať, až pokiaľ sa nedostane do ustáleného stavu, v ktorom pri zrážke stratí rovnakú energiu, akú získa pri prechode medzi doskami. Na rovnakej rýchlosti by sa ustálila aj v prípade, ak by najprv išla prirýchlo.

Označíme si rýchlosť tesne pred dopadom v a po odraze u. Koeficient reštitúcie je definovaný ako

$$k = \frac{\frac{1}{2}mu^2}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{u^2}{v^2}\,.$$

Teraz vieme vypočítať ustálenú rýchlosť, napríklad tú pred dopadom

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 = UQ\,.$$

Čo vyjadruje, že guľôčka získa na napätí rovnakú energiu, akú stratí pri náraze. Rýchlosť v už len vyjadríme

$$\frac{1}{2}mv^2(1-k) = UQ$$

$$v = \sqrt{\frac{2UQ}{m(1-k)}}\,.$$

Ako vyzerá pohyb medzi doskami? Ak sú tieto dosky dostatočne veľké v porovnaní s medzerou medzi nimi, tak môžeme elektrické pole považovať za homogénne, a takéto pole pôsobi na guľôčku konštantnou silou. Pohyb je teda jednoducho rovnomerne zrýchlený. Ak si označíme vzdialenosť dosiek d, a uvedomíme si, že priemerná rýchlosť je aritmetický priemer u a v (je to kvôli konštantnému zrýchleniu, premyslite si!), čas prechodu medzi doskami bude

$$t = \frac{d}{(u+v)/2} = \frac{2d}{u+v}\,.$$

Frekvencia je obrátená hodnota periódy, a v našom prípade perióda zahrňuje pohyb tam a spať, teda je dvojnásobok času t.

$$f = \frac{1}{2t} = \frac{u+v}{4d}$$

Teraz už len dosadíme za rýchlosť

$$f = \frac{1+\sqrt{k}}{4d}v = \frac{1+\sqrt{k}}{4d}\sqrt{\frac{2UQ}{m(1-k)}} = \sqrt{\frac{UQ}{8md^2}\left(\frac{1+\sqrt{k}}{1-\sqrt{k}}\right)}\,.$$

Tu síce vystupujú parametre, ktoré neboli v zadaní, no jednoduchou úvahou zistíme, že tam skutočne majú byť, a nedajú sa vyjadriť. Obe veličiny, hmotnosť aj vzdialenosť dosiek, vieme meniť nezávisle od zvyšných zadaných parametrov, takže vieme vyrobiť dve situácie, ktoré sa líšia len napr. hmotnosťou guľôčky, ktorá teda nemôže byť kombináciou už zadaných veličín ako napätie, prenášaný náboj či koeficient reštitúcie.

V bonuse určite zanedbáme všetky straty energie okrem tých, ktoré nastávajú pri zrážke, kvôli koeficientu reštitúcie. Tu potom jasne vidíme, že výkon, ktorý dodáva zdroj poskytujúci napätie U, sa mení len na stratový výkon pri nárazoch. Presvedčiť sa o tom dá aj priamo počítaním týchto dvoch výkonov, všetko potrebné už máme vyjadrené. Stačí len náboj prenesený za čas t (takto totiž vyzerá definícia prúdu) vynásobiť napätím U, a tento výkon porovnať so stratou kinetickej energie pri jednom náraze delenou časom t, aby sme opäť dostali výkon (čo, ako si môžeme všimnúť, je nakoniec len rovnica vyjadrujúca rovnosť získanej a stratenej energie, z ktorej sme vychádzali na začiatku).

Vidíme teda, že ak si všímame len vonkajší výkon a prúd, správa sa takýto rezistor ako skutočný odpor. Skôr ako však bežíme na patentový úrad, mali by sme si so sklamaním všimnúť, že jeho voltampérová charakteristika nie je priamka. Prúd $I = Q/t = Qf$ závisí od napätia nie lineárne, ako by sa na správny rezistor patrilo, ale komplikovanejšie, kvôli čomu klesá odpor s druhou odmocninou napätia. Analógia so skutočným rezistorom je teda možná len čiastočne.

8.2.6 Normální – 25-VI-5 – běh na přednášku z eugeniky

8.2.7 Problémová – 25-V-P – světelný meč

Zadání

Navrhněte konstrukci světelného meče, aby byl sestrojitelný za současného poznání vědy a techniky a přitom vypadal i fungoval podobně jako ten autentický ze Star Wars.

Původ zadání: Organizátoři se inspirovali vlastní legendou.
Autor řešení: Karel Kolář

Úvod ke světelným mečům

Uvědomíme si nejdříve, co světelný meč je. Ti, co znají Star Wars, to jistě dobře ví, a ti, kteří nikdy tuto ságu nesledovali, mohou snadno najít informace například na internetu.[8] [9]

Základem světelného meče je cca 30 cm dlouhý jílec, který má obvykle kovový vzhled, následovaný v zapnutém stavu čepelí, která je cca 1,3 m dlouhá a je tvořena jakousi „zářivou energií“ – v podstatě světlem. „Energie“ může mít různou barvu, nejčastější bývá modrá, zelená a červená. Objevily se i vzácnější světelné meče žluté, fialové a dokonce i černé[10] (zrovna svítící černé barvy se současnou fyzikou asi nedosáhneme). V rámci všech filmů a příběhů se vyskytly

[8] `http://cs.wikipedia.org/wiki/Svetelny_mec`
[9] `http://en.wikipedia.org/wiki/Lightsaber`
[10] `http://www.youtube.com/watch?v=tw-rYjYnAzE&feature=related`

i exotické meče, které měly například dvě spojené čepele, ale to byly de facto dva spojené meče. Zde udané délky jsou jenom typické střední délky, protože např. v III. epizodě je vidět, že Yoda používá kratší meč než Darth Sidious. Pro nás je ale hlavně důležitý fakt, že je délka meče konečná. Ve vypnutém stavu má pak meč rozměr rovný pouze rozměru jílce.

Důležité jsou pak další vlastnosti meče ve filmech. Zejména se s ním dá bojovat, tzn. pokud se dva meče zkříží v rámci akční scény, tak se o sebe zastaví. Jinak by to asi nebyl moc dobrý meč. Zajímavou vlastností je, že světelný meč dokáže rozřezat téměř všechno, až na nějaké exotické materiály jako phrik, cortosis a mandalorianskou ocel. To jsou též sci-fi materiály, takže budeme chtít, aby náš meč řezal prakticky všechno. Dalším omezením je, že chceme, aby meč byl jak sečnou, tak i bodnou zbraní (např. ukázka bodného použití[11] v čase 3:10 a posléze v čase 4:47 i sečného).

Ze stejné nahrávky by mohlo být patrné, že použití meče na lidskou tkáň vede k automatické kauterizaci (zcelení ran pálením). Malé rozměry jílce se stávají další komplikací pro uschování dostatečně silného energetického zdroje. Zdá se také, že místo jedno- či dvoustranné čepele má válcově symetrickou čepel. Dokáže odrážet střely z blasteru. Při souboji vydává specifický zvuk.

Velice nepříjemný technický oříšek je jeho použitelnost vždy a všude. Dá se použít jak v jakékoliv atmosféře, tak ve vakuu nebo pod vodou (např. Kit Fisto v čase kolem 1:00 ve videu[12]). Navíc se dá zapnout téměř okamžitě a není příliš křehký. Sice se dá rozbít, ale musí se jednat o opravdu velice agresivní pád nebo o jeho vyslovené rozříznutí.

Michio Kaku, teoretický fyzik a fanoušek sci-fi, se pokusil v rámci seriálu Sci-fi Science odhalit, jakou má současná věda možnost zkonstruovat světelný meč. Seriál můžete shlédnout na YouTube.[13] Řešení se dále místy odvolává právě na tento pořad, snaží se ho rozšířit a upozornit na další technické problémy a možnosti.

Energetický zdroj

Dostatečně kompaktní energetický zdroj pro zbraň je jedním z klíčových problémů konstrukce. Na energetickém zdroji asi rovnou skončí naše vize mít opravdu silný meč, co rozřeže téměř cokoliv. Jsou ale určité cesty, kterými by snad mohl být napájen, i když ještě dnes nejsou úplně ve stavu, kdy by se daly rovnou použít. Vměstnat výkon nějaké menší elektrárny do jedné ruční zbraně totiž není nic dvakrát jednoduchého.

Technický výdobytek, který navrhuje Michio Kaku, je baterie z uhlíkových nanotrubiček. Uhlíkové nanotrubičky vedou elektrický proud a mohly by se tak použit jako desky miniaturních kondenzátorů. Vzhledem k tomu, že by se takových miniaturních destiček o šířce nanotrubičky vešlo do malých rozměrů velmi vysoké množství, tak by po nabití takový kondenzátor mohl sloužit jako zdroj energie naší zbraně. Má to ovšem určité mouchy, o kterých Kaku raději nemluví. Evidentní je, že by se muselo podařit vytvořit vždy vrstvu nanotrubiček a pak mezi ně dát nějaký co nejlépe izolující materiál. U takto malých kondenzátorů by se nejspíš stal problémem i tunelový proud mezi sousedními deskami. Pokud

[11] `http://www.youtube.com/watch?v=Ku5zkPdKOBY`
[12] `http://www.youtube.com/watch?v=n3wLesNq4LI`
[13] `http://www.youtube.com/watch?v=xSNubaa7n9o`

by se tyto problémy podařilo překonat, tak by to byl asi téměř ideální zdroj díky svojí velké skladnosti a přenosnosti.

Pokud bychom chtěli mít zdroj energie v rukojeti, tak nám opravdu nezbývá nic než hledat nějaké nanotechnologie. Jaké různé nové druhy baterií se v dnešní době vyvíjí, si můžete přečíst např. v magazínu.[14] Všechny mají pro nás ale dost nedostatečnou kapacitu. Proto můžeme uvažovat o tom, jak si pomoci jinak. Docela hloupá alternativa by byla nějaká baterie, kterou by měl bojovník na sobě, například v batohu na zádech, a bylo by ji potřeba připojit k meči před použitím. Hloupá je, protože by to omezovalo pohyb nositele meče, nevypadalo by to jako ve Hvězdných válkách a navíc by se meč nedal házet zapnutý, což občas jeho nositelé používají. Mohli bychom si pomoci solárními články v oblecích rytířů, ale to nebude zase příliš velká pomoc. Má stejný problém jako uložení baterie a navíc světelný meč jde použít i ve tmě, kde ho právě někdy používají Jediové místo baterky.

Zajímavou alternativou by bylo využít nápad, který měl již Nicola Tesla. Pokud bychom umístili do dostatečné blízkosti boje naši elektrárnu, co by vysílala elektřinu, či spíše energii, do okolí ve formě elektromagnetických vln, a zařídili bychom to tak, že by ji meč dokázal sbírat v průběhu boje, tak bychom měli vyhráno. Ale zase tím přicházíme o jakousi efektivnost jeho použití – musíme si s sebou vozit elektrárnu. Problém by mohl nastávat i u příjmu energie, protože by nesmělo záviset na poloze meče. Musel by přijímat nějaký stabilní minimální výkon, což nás nabádá k tomu rozmístit elekráren více s různě polarizovanými vysílači. A pokud bychom potřebovali energie opravdu hodně, pak můžeme narazit na problém, jak neugrilovat našeho bojovníka jenom samotným elektromagnetickým zářením.

Dále už předpokládejme, že jsme energetický problém vyřešili, i když to tak zcela není.

Laserový meč

Asi každého fanouška napadne, že když se říká světelný meč, tak by měl být ze světla, a tedy nejspíše laseru. Vzhledem k tomu, že i autoři tvrdí, že uvnitř rukojeti meče se skrývá krystal, který je nejdůležitější součástí meče a který dává meči jeho barvu a další vlastnosti, pak nás to směřuje právě k laserům. Má to ovšem hned na první pohled zásadní chybu. Laserový paprsek může být sice silnou zbraní a řezat cokoliv, ale není konečný a nemůže sám o sobě fungovat jako meč, protože se při souboji meče prostě minou a nemůže tak sloužit k obraně vlastníka. Má ale tu výhodu pro fanoušky, že může mít prakticky jakoukoliv barvu (kromě černé a hnědé), i když v bezprašném prostředí či za silného denního osvětlení paprsky vlastně vůbec neuvidíme, takže zase nebude vypadat tak dobře.

Konečnost meče a společně s tím i jeho možné použití v boji bychom mohli zařídit výsuvným zrcátkem, které by bylo upevněno na velice pevné zásuvné tyčce. Tyčka by byla uprostřed meče a byla by dokola obklopená svazky laserového záření. Tyčka by nesměla být prakticky vůbec ohebná, protože jejím prohnutím by se změnila poloha zrcátka a to by mohlo odrazit smrtelně nebezpečné záření zpět k ruce držitele meče a při velkém průhybu by opět šlo záření

[14] `http://www.chip.cz/clanky/trendy/2011/05/vykonne-baterie-zitrka/article_view?b_start:int=0&-C=`

úplně mimo zrcátko. Navíc její materiál by musel být laseru-odolný (obdobně jako zmíněné zrcátko). Takže rovnou ho budeme muset stavět tak, aby nerozřezal úplně všechno. S odrazy by vůbec byl problém. Při rozřezávání by náhodný odraz mohl zranit náhodné kolemjdoucí, protivníka i držitele meče. Odraz laseru zpátky do zdroje zvyšuje nároky na kontrolu síly laserového paprsku uvnitř meče, protože bychom přehnanou produkcí laserového záření, které by se nám vracelo po optické cestě zpět, mohli zničit krystaly, ve kterých laserování probíhá. Umístěním zrcátka na konec meče jsme se zbavili možnosti použití meče jako bodné zbraně, pokud bychom ho nějak nevylepšili.

Plazmový meč

Michio Kaku navrhuje konstrukci plazmového meče, ze kterého by proudilo rozžhavené plazma. Jeho „ostří“ by bylo tvořeno keramickým materiálem, který by vydržel velmi vysoké teploty. Keramika je na druhou stranu nepraktický materiál, protože je křehký.

Plazma by se vytvářelo z okolního vzduchu, který by byl nasáván do hlavice meče a proudil by skrz rukojeť, ve které by se zahříval, ionizoval a dál putoval do „ostří“, ve kterém by bylo velké množství malých otvorů a s pomocí elektromagnetického obvodu, cívky uschované v keramice, by bylo plazma rovnoměrně distribuováno do okolí čepele. Získali bychom tak meč, který by byl válcově symetrický, mohl by sloužit jak jako sečná, tak i bodná zbraň, a docházelo by u něj ke kauterizaci ran. Skladnost meče by se zajistila zásuvným mechanismem keramické čepele.

Velká nepraktičnost meče je v omezeném použití jenom v obvyklé atmosféře. Ve vakuu by nešel používat určitě, v jiných hustotách tekutin by pak minimálně potřeboval nějak seřídit a upravit, ale rozhodně by se nedal použít jen tak jednoduše.

Chlazení

S problémem vysoké spotřeby energie a potažmo i použitím vysokých teplot u plazmového meče nám vznikají velké nároky na chlazení jeho jílce. Ve filmech můžeme sledovat, jak ho drží postavy rukou, což by bylo neuskutečnitelné bez nějakého chlazení. U plazmového meče probíhá svým způsobem aktivní chlazení natahováním vzduchu z okolního prostředí, ale u této konstrukce si pak budeme úmyslně produkovat další teplo, což chlazení nepomůže.

Stoupající spotřeba energie nám vadí kvůli odporům součástek, kterými poteče elektrický proud. V extrémním případě by se nám mohlo podařit i součástky vypařit. Odpor alespoň některých součástek by se dal anulovat, pokud by se podařilo objevit ultra-vysokoteplotní supravodiče supravodivé za pokojových teplot. V současné době známé látky, tzv. vysokoteplotní supravodiče, mají potřebné vlastnosti při teplotách kolem kapalnění dusíku. Bylo by samozřejmě možné mít uvnitř chladící systém, který by chladil obvody na nižší teplotu, ale tím pádem by bylo chlazení ještě složitější.

Pro chlazení potřebujeme nějak odvádět teplo pryč z jílce. K tomu je potřeba nějaké chladící médium. V případě přítomnosti okolní atmosféry se dá použít okolní vzduch či voda. V případě souboje ve vzduchoprázdném vesmíru narazíme na další problém. Nejspíše by ale tak jako tak bylo potřeba vyvinout nějaký účinný systém chlazení pomocí cirkulace chladící kapaliny, která by se vypařovala do okolního prostředí a měla by vysoké latentní teplo varu a teplotu varu o nějaké rozumně nízké hodnotě. Tím zase narazíme na problém s doplňováním kapaliny, kterou nikdy Jediové doplňovat nemuseli.

Závěr

Dokonalou kopii světelného meče z Hvězdných válek nejspíš nikdy nebude možné vyrobit kvůli velkému množství požadavků, které musí zároveň splňovat. Vyrobit kopii, která alespoň vypadá podobně jako meče ve filmech, se dá relativně jednoduše a jsou o tom desítky internetových stránek. Vyrobit něco, co by se mu funkčně blížilo, je dosti ošemetná věc a i když se Michio Kaku v seriálu tváří, že nejsme tak daleko od jeho realizace, tak nám v cestě stojí ještě spousta technických problémů. Pokud by ale někdo hodlal věnovat do vývoje světelného meče pár miliard dolarů, tak věřím, že za deset, dvacet let by mohl mít relativně dobře funkční výrobek.

8.2.8 Problémová – 26-II-P – gravitace si žádá větší slovo

Zadání

Co kdyby se „přes noc“ změnila hodnota gravitační konstanty na dvojnásobek a přitom by zůstaly zachovány ostatní fyzikální konstanty na původních hodnotách? A co kdyby se zvětšila stokrát? Rozepište se o různých aspektech – zejména o životě na Zemi a drahách vesmírných objektů.

Původ zadání: Karel zase v zajetí astrofyziky.
Autor řešení: Jakub Kocák

Řešení

Základnom riešenia bolo uvedomiť si, kde všade (v ktorých javoch) sa objavuje gravitačná konštanta G, či už priamo alebo nepriamo. Napríklad v gravitačnom zákone sa vyskytuje priamo, kde

$$|\boldsymbol{F}_G| = G\frac{M_1 M_2}{r_{21}^2}$$

a v rovniciach pre šikmý vrh je nepriamo zahrnutá v gravitačnom zrýchlení g, kde

$$x = x_0 + v_{0,x}t\,,$$
$$y = y_0 + v_{0,y}t - \frac{1}{2}gt^2\,,$$

kde

$$g = \frac{GM_{\mathrm{Zem}}}{R_{\mathrm{Zem}}^2}\,.$$

Skôr než začneme rozoberať konkrétne prípady treba povedať ešte dve veci. Javy, ktoré sme tu uviedli, zďaleka nebudú všetky. Pôjde o najvýznamnejšie, ktoré nás napadli. Druhá vec, v pátraní súboru základných konštánt, ktoré priamo určujú konštanty vo všetkých zákonoch známej fyziky, sa zúžil počet na zopár konštánt (medzi nimi je napríklad rýchlosť svetla, Planckova konštanta i gravitačná konštanta), medzi ktorými sa zatiaľ nepodarila nájsť previazanosť, čo však nevylučuje, žeby sa časom mohla nájsť. Budeme predpokladať, že sú nezávislé.

Uvažujme zmenu gravitačnej konštanty k-násobkom

$$G' = kG\,,$$

kde G je pôvodná gravitačná konštanta, G' je nová gravitačná konštanta a k je bezrozmerné číslo.

Prvá zjavná vec, ktorá zo zmenou G prichádza, je zmena gravitácie a už spomínaný šikmý vrh na povrchu Zeme. Zo vzťahu pre gravitačné zrýchlenie dostaneme, že sa k-násobne zväčší

$$g' = \frac{G' M_{\mathrm{Zem}}}{R_{\mathrm{Zem}}^2} = \frac{kGM_{\mathrm{Zem}}}{R_{\mathrm{Zem}}^2} = kg\,.$$

Predstavme si malý kanón, ktorý strieľa gule priamo nad seba (vojensky neužitočný kanón). Deň pred zmenou letela guľa do výšky h a celý pád jej trval čas t. Keď riešime tento jednoduchý problém, tak dostaneme v závislosti od počiatočných podmienok vzťahy

$$h = \frac{v_0^2}{2g}\,, \qquad t = \frac{2v_0}{g}\,.$$

Na druhý deň nastala zmena konštanty. Síce kanón dodal guli rovnakú kinetickú energiu (a tým pádom i hybnosť a rýchlosť), ale namerali sme výšku h' a čas t'

$$h' = \frac{v_0^2}{2g'} = \frac{h}{k}\,, \quad t' = \frac{2v_0}{g'} = \frac{t}{k}\,.$$

Pri šikmom vrhu kanónom je maximálny dostrel dosiahnutý pod uhlom 45° a dostrel d je

$$d = \frac{v_0^2}{g}\,.$$

Asi už nikoho neprekvapí, že po zmene konštanty bude nový dostrel d' k-násobne kratší

$$d' = \frac{v_0^2}{g'} = \frac{d}{k}\,.$$

Tak vidíme, že pri hodoch sa k-násobne skrátia časy hodov, maximálne výšky i dostrely pod konštantným uhlom.

Zábavnejšie to však je v prípade vesmírnych obežníc, a to či už sa týka nášho Mesiaca alebo planét Slnečnej sústavy. Vo všeobecnosti podľa 1. Keplerovho zákona sa objekty v radiálnom gravitačnom poli pohybujú po kužeľosečkách. Pohyb po kružniciach je iba jeden špeciálny prípad rýchlosti a vzdialenosti od Slnka a prakticky nedosiahnuteľný, keďže zo všetkých možných rýchlosti tomu zodpovedá práve jediná hodnota rýchlosti. Pohyby planét sú síce približne kružnicové, ale fakticky ide o elipsy s malou výstrednosťou/excentricitou (sploštenosťou dráhy). Pre jednoduchosť však môžeme predpokladať pred zmenou gravitačnej konštanty pohyb planét po kružniciach. Pred zmenu je potom vzťah medzi rýchlosťou planéty v_1 a vzdialenosťou od Slnka r_1 (z rovnosti gravitačnej a dostredivej sily)

$$v_1^2 = \frac{GM_\mathrm{S}}{r_1}\,.$$

Po zmene gravitačnej konštanty majú všetky planéty pôvodné rýchlosti (to znamená rovnaká veľkosť i smer = kolmé na spojnicu so Slnkom) a v novom poli sa budú pohybovať všeobecne po kužeľosečkách. Ak sa gravitačná konštanta zväčší, začne na ne pôsobiť väčšia dostredivá sila, ako je potrebná na udržanie na kruhovej dráhe, a preto sa budú pohybovať po elipsách. Jeden vrchol (afélium) bude v mieste, kde sa nachádzali, keď nastala zmena konštanty (lebo rýchlosť je kolmá na spojnicu so Slnkom iba vo vrcholoch elipsy a od tohto bodu sa planéty pohybujú bližšie k Slnku). Je jasné, že potom druhý vrchol (perihélium) je najbližšia vzdialenosť, na ktorú sa dostali k Slnku. Zo zákona zachovania momentu hybnosti a energie vieme túto vzdialenosť vypočítať

$$mv_1r_1 = mv_kr_k\,,$$
$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{G'M_\mathrm{S}m}{r_1} = \frac{mv_k^2}{2} - \frac{G'M_\mathrm{S}m}{r_k}\,.$$

Po dosadení dostaneme takúto kvadratickú rovnicu

$$\frac{r_k^2}{r_1^2}(2k-1) + \frac{r_k}{r_1}(-2k) + 1 = 0\,.$$

Okrem afélia dostávame aj druhé riešenie

$$r_k = \frac{r_1}{2k-1}\,.$$

Teraz na základe tohto výsledku môžeme povedať tieto skutočnosti. Ak by klesla gravitačná konštanta na viac ako polovicu ($0 < k < 0,5$), tak všetky planéty budú mať dostatočnú rýchlosť na odlet od Slnka. V tabuľke 8.1 je vidno pre rôzne k rôzne najmenšie vzdialenosti planét od Slnka.

planéta	Merkúr	Venuša	Zem	Mars	Jupiter	Saturn	Urán
r_1 [AU]	0,39	0,72	1,0	1,52	5,20	9,54	19,18
r_2 [AU]	0,13	0,24	0,33	0,51	1,73	3,18	6,39
r_{100} [AU]	0,002	0,004	0,005	0,008	0,026	0,048	0,096

Tabulka 8.1: Najmenšie vzdialenosti planét od Slnka pre rôzne k.

Najskôr si budú v dráhe prekážať susedné planéty. Pri zvyšovaní už pri $k = 1,19$ nastáva prekryv možných oblastí stretnutia medzi Zemou a Venušou. Pre $k = 2$ sa jedine neprekrývajú dráhy Jupitera a Marsu. O zábavu sa postará pásmo planétok, ktoré je pekne rozložené medzi Marsom a Jupiterom a ktoré bude mať perihélium približne 0,6 AU. To znamená, že by sme sa mohli pripraviť na deštrukčnú vesmírnu prestrelku. Pri eliptických dráhach sa pohybujú planéty v podstatne väčšom rozsahu vzdialeností od Slnka, čím sa podstatne zvýši vplyv vzájomnej gravitačnej interakcie planét. Takže by sme mohli byť skôr, či neskôr svedkom zrážky planét alebo vyhodenia planéty zo Slnečnej sústavy niektorou z väčších planét. Tak či onak by to boli pre Zem časy nepekné (pekelné alebo mrazivé). Pri pôvodnej gravitačnej konštante je polomer Slnka je 0,004 6 AU. Zvýšením gravitačnej konštanty sa polomer Slnka zmenší, ale stále bude mať Slnko so svojou pre Zem nebezpečnou atmosférou rozmer rádovo tisíciny astronomickej jednotky. Pre $k = 100$ už je jasné, že planéty Merkúr, Venuša a Zem budú míňať Slnko v tesnej blízkosti alebo narazia na jeho povrch. V perihéliu by sa Zem usmažila pri teplote cca 3 700 °C (už by sme sa nemohli sťažovať na slabé leto), deň by trval 18 hodín a noc 6 hodín. Pri takej teplote by bola Zem úplne roztopená (až na diamanty a grafit, ktoré by čoskoro zhoreli vo vzduchu) a bola by to lietajúca kvapka magmy (vhodnejší výraz kvapa magmy). Kolízia s inými planétami by bola otázka času.

Ďalším javom, ktorý by gravitačná konštanta skomplikovala život na zemi sú kapilárne javy. Výška h, do ktorej vystúpi kvapalina v kapiláre, je

$$h = \frac{2\sigma\cos\alpha}{r\varrho g}\,,$$

kde σ je povrchové napätie, α je styčný uhol, r je polomer kapiláry, ϱ je hustota kvapaliny a g je gravitačné zrýchlenie. Čiastočne funguje transport vody v pôde, a potom i v úzkych cievnych zväzkoch, na základe kapilarity, čím sa zabezpečuje transport látok. Zmenou gravitačnej konštanty sa zníži výška vzlínania na

$$h' = \frac{2\sigma\cos\alpha}{r\varrho g'} = \frac{h}{k}\,.$$

Tým sa značne skomplikuje transport látok najmä vysokým rastlinám, stromom.

Keďže aspektov, kde sa to odrazí, je skutočne veľa, uvedieme iba zopár príkladov bez podrobnejšej analýzy.

- Zmenou gravitačnej konštanty bude vzduch priťahovaný silnejšie, čím sa zvýši hustota a tlak vzduchu pri povrchu Zeme.
- Aby mohla byť voda v potrubí vytlačená do vyšších poschodí, potrebujeme na to podľa Bernoulliho rovnice tlak. Zmenou gravitačnej konštanty potrebujeme dodať vode väčšiu potenciálnu energiu, teda budeme potrebovať väčší tlak, ktorý by vykonával prácu.
- Stavby sú síce navrhnuté tak, aby vydržali viac ako maximálnu záťaž (takže $k = 2$ by asi prežili), ale pri určitej hranici sa prekročí medza pevnosti materiálu a stavby sa zrútia (budovy, mosty, …).

8.2.9 Experimentální – 24-V-E – strunatci

Zadání

Vytvořte si zařízení, na kterém bude moci být upevněna struna (či gumička) s proměnlivou délkou tak, že bude napínána stále stejnou silou. Prozkoumejte, jak se mění hlavní frekvence vydávané strunou (či gumičkou) v závislosti na délce struny. Na zpracování zvuku můžete použít například program Audacity.

Původ zadání: Karel chtěl zadat něco z akustiky
Autor řešení: Karel Kolář

Teorie

Příčné vlny se šíří v napjaté struně přibližně rychlostí

$$v = \sqrt{\frac{\sigma}{\varrho}}\,,$$

kde σ je napětí ve struně a ϱ je hustota materiálu struny. Vzhledem k tomu, že napjatá gumička je podobná struně, můžeme aplikovat tento vzoreček i na náš experiment.

Jsou dvě možnosti, jak podle zadání zatížit gumičku. Buď tak, že máme zatíženou stále stejnou délku pružiny, ale měníme délku, na které pružina vibruje (např. pomocí kladky), nebo zatěžujeme pouze délku, na které pružina vibruje, a jenom nezbytně krátký úsek pro zavěšení přes kladku. V obou případech by ovšem, při použití stejné hmotnosti závaží, mělo být napětí v gumičce stejné, protože to závisí pouze na hmotnosti a na průřezu gumičky, který považujeme za konstantní. Označme délku mezi upevněním gumičky a vrchem kladky, přes kterou je zavěšené závaží, jako l.

Frekvence f_k, které se brnknutím na gumičku vybudí, budou odpovídat vlnovým délkám λ_k a rychlosti šíření vln v materiálu vztahem

$$f_k = \frac{v}{\lambda_k}\,,$$

kde f_k označuje k-tou harmonickou frekvenci. Vlnové délky vypočteme z předpokladu, že na okrajích, kde je gumička upevněná, bude nulová výchylka v každém čase a bude tam tedy uzel. Z toho vyplývá, že se do kmitající délky pružiny l musí vejít celočíselný počet půlvln.

$$l = k\frac{\lambda_k}{2}.$$

Z toho pak pro frekvence vyplývá celkový vztah

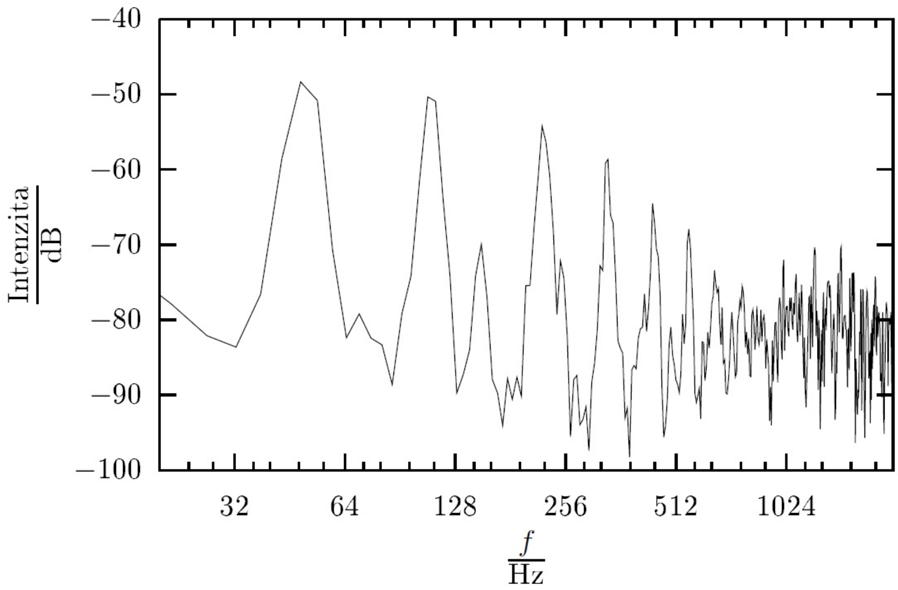
$$f_k = \sqrt{\frac{\sigma}{\varrho}}\frac{1}{\lambda_k} = \sqrt{\frac{\sigma}{\varrho}}\frac{k}{2l} = v\frac{k}{2l},$$

kde $v/2$ je konstanta, kterou budeme fitovat ve zpracování měření.

Postup měření

Při měření byla využita kladka, jak již bylo zmíněno v teorii. Pro co nejlepší určení délky gumičky byla použita co nejmenší kladka s poloměrem 1,0 cm. Pro všechna měření byla použita jedna obyčejná kancelářská gumička. Závaží, kterým byla zatížena, mělo hmotnost $m = 200\,\mathrm{g}$. Nejprve byla gumička na jedné straně upevněna a na druhé straně bylo přes kladku zavěšeno volně závaží. Pak byla kladka zafixována, aby se v průběhu kmitů gumičky příliš nepohybovala. Měření délky probíhala pomocí obyčejného pravítka s dílky po 1 mm, ale vzhledem k tomu, že místo upevnění gumičky a místo vrchu kladky není zcela přesně určující části pružiny, na které pružiny kmitá, bereme chybu měření jako 0,5 cm.

Zvuk gumičky byl měřen pomocí mikrofonu připojeného na počítač a zvuk byl zaznamenáván pomocí programu Audacity, kde posléze probíhala spektrální



Obrázek 8.1: Ukázka spektrální analýzy zvuku pro nastavení $l = 24\,\mathrm{cm}$ při délce gumičky 41 cm

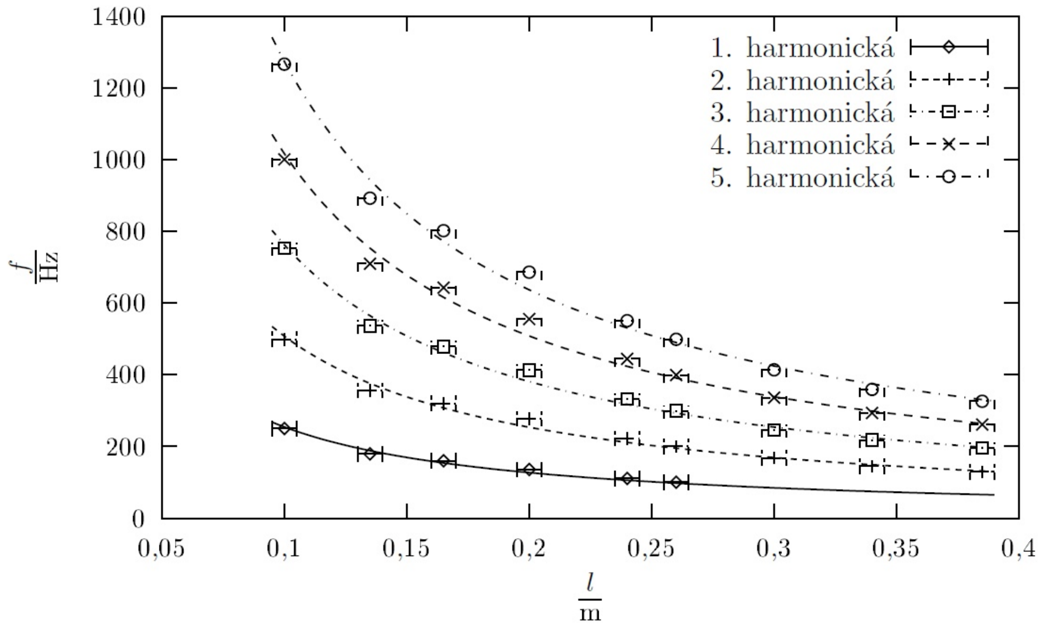
analýza zvuku. Vždy bylo naměřeno více brnknutí, z nichž pak 3 byla analyzována. Zaznamenány byly první nejvýraznější frekvence vyšší než cca 100 Hz, protože mikrofony v oblasti nízkých frekvencí nejsou příliš přesné a hlavně protože okolo 50 Hz se objevoval zvuk, který jednak nezávisel na délce l, navíc se vždy objevoval i v oblastech záznamu zvuku, kde nebylo na gumičku brnkáno, a nejpádnějším argumentem je, že právě tato frekvence je v elektrické síti a proto se mám může objevit pravděpodobně jako šum.

Na obrázku 8.1 můžete vidět ukázku spektrální analýzy zvuku v Audacity. Zvolili jsme velikost okna 8 192 vzorků, protože při nižších hodnotách jsme nedosahovali dostatečného frekvenčního rozlišení (nakonec bylo zhruba 2 Hz). Logaritmickou stupnici jsme použili z důvodu jednoduššího odečítání hodnot.

Při každém nastavení délky byly vybrány tři brnknutí a z odečtených hodnot frekvencí, které si odpovídaly, byl vypočten aritmetický průměr.

Výsledky

Naměřená data pro gumičku, kde bylo zavěšeno závaží ve vzdálenosti 41 cm od upevnění, jsou v grafu 8.2 a data pro závaží upevněné za kladkou jsou v grafu 8.3. V obou grafech jsou nafitované frekvence přes parametr rychlosti, který považujeme za neznámý. Většinou bylo měřeno prvních 5 frekvencí, které byly přibližně celočíselným násobkem první frekvence (resp. 1, 2, 3, 4 a 5násobkem), z čehož můžeme usuzovat, že se opravdu jedná o prvních pět harmonických frekvencí vydávaných gumičkou. Všechny nafitované závislosti odpovídají (podle výpočtu metodou nejmenších čtverců v Gnuplotu) s odchylkou menší než 2% nepřímo úměrné závislosti frekvence na délce l.



Obrázek 8.2: Graf závislosti frekvencí vydávaných gumičkou konstantní délky v závislosti na vzdálenosti l

Tabulka nafitovaných hodnot rychlostí šíření zvukových vln v gumičce

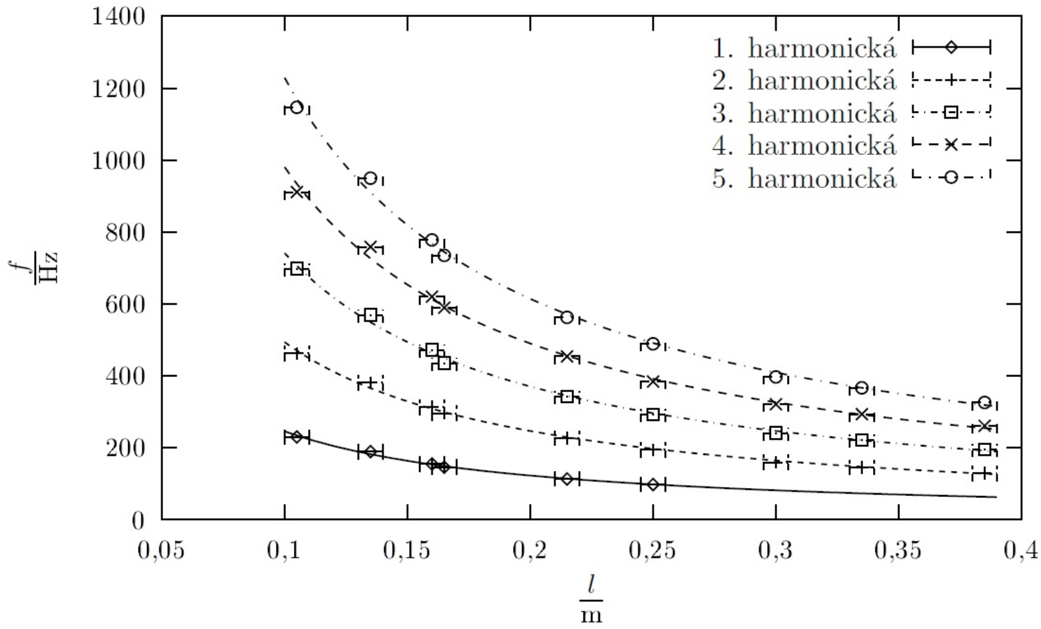
harmonická	$\frac{v_k}{\mathrm{ms}^{-1}}$	$\frac{v_n}{\mathrm{ms}^{-1}}$
1.	$50,9$	$49,3$
2.	$50,8$	$49,4$
3.	$50,8$	$49,4$
4.	$50,8$	$49,0$
5.	$50,9$	$49,2$

V tabulce můžete vidět hodnoty nafitovaných rychlostí. Jako v_k je označen tento parametr u měření s konstantní délkou napnuté gumičky, kdežto v_n je pro nekonstantní délku gumičky. Je vidět, že u fitů v rámci jednoho grafu vychází prakticky stejná hodnota a pokud srovnáme obě dvě metody, tak se hodnoty liší jenom zhruba o 3%, což potvrzuje teorii, že by měly být frekvenční závislosti stejné u obou metod.

Diskuze

Měření mohlo jednak ovlivnit nepřesné určení délky gumičky, ve které vznikal zvuk, protože kvůli použití kladky nebylo přesně definované místo upevnění.

Další možná chyba mohla vzniknout už kvůli způsobu záznamu zvuku, protože mikrofon je směrový a zaznamenával tak více zvuk z určité oblasti gumičky. Další vliv mikrofonu je takový, že je potřeba, aby v místě detekce zvuku byla kmitna nebo alespoň aby se nenacházel v oblasti uzlu, protože v uzlu není mikrofon schopný měřit (takříkajíc – nic neslyší). Podobný vliv by mohlo mít i to, na



Obrázek 8.3: Graf závislosti frekvencí vydávaných gumičkou s upravovanou délkou (závaží upevněno těsně za kladkou)

kterém místě byla gumička rozkmitaná, protože by se mohlo stát, že některé frekvence by byly utlumené, ale protože byla rozkmitávaná prsty, tak prakticky vždy se vybudily všechny frekvence.

Je také možné, že síla nebyla přesně určená závažím, vzhledem k tomu, že gumička byla po zatížení zafixována upevněním kladky, ale na druhou stranu by nejspíše chyba byla větší, pokud by kladka byla volná a mohla by sama kmitat. Pak bychom nejspíše generovali i jiné zvukové frekvence a ty, které jsme chtěli pozorovat, by byly posunuté/rozmazané.

Vzhledem k tomu, že gumička byla relativně dost zatížena, měření mohlo být ovlivněno i trvalou změnou jejích fyzikálních vlastností v průběhu měření.

Závěr

Ověřili jsme, že frekvence vydávané gumičkou jsou nepřímo úměrné délce gumičky mezi upevněním a kladkou. Také jsme pozorovali prvních 5 harmonických frekvencí a z nafitovaných hodnot jsme přibližně určili rychlost šíření příčných vln v gumičce.

8.2.10 Experimentální – 25-I-E – brumlovo tajemství

8.2.11 Experimentální – 25-II-E – čočkování