

fyzikálne listy

Univerzita Komenského
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky



IX.2004,2

Ako vznikla koncepcia vzdelávania, ktorá podnes ovplyvňuje vyučovanie na našich školách.

Viera Lapitková, Ján Pišút, UK Bratislava, FMFI

Mnohé z dnes používaných učebníc i z dnes platných pedagogických dokumentov, boli podstatne ovplyvnené reformou vzdelávania, ktorá sa u nás uskutočnila v rokoch 1975 – 1985. Domnievame sa, že je užitočné si pripomenúť koncepciu, tejto reformy.

História vzniku tejto reformy je zaujímavá a poučná. V USA vznikol koncom

50. rokov tzv. "Sputnikový šok". V roku 1957 bol vypustený Sputnik I na obežnú dráhu okolo Zeme, v roku 1959 boli vypustené sondy Lunik I, II a III, pričom posledná z nich vyslala na Zem fotografie odvrátenej strany Mesiaca. V tom istom období sa uskutočňovali testy obrovských jadrových bômb v Sovietskom zväze aj v USA. Mnohí Američania vnímali túto kombináciu ako skutočne hrozivú. Skoro na to sa uskutočnil let J. Gagarina okolo Zeme v roku 1961 a V. Tereškovej v roku 1963.

Viacero politikov, pedagógov a učiteľov nadobudlo koncom 50. rokov presvedčenie nie len o tom, že veda a technika budú podstatne ovplyvňovať ekonomickú, vojenskú a politickú silu krajín a "táborov", ale aj o tom, že je potrebné podstatne posilniť znalosti vedy a techniky v celej vzdelávajúcej sa populácii.

V USA vtedy vznikali na viacerých univerzitách nové programy vzdelávania na stredných školách, do akcií na zlepšenie vzdelávania sa zapojili mnohé organizácie a iniciatívy podporovali rôzne nadácie. Jedna z akcií vznikla z iniciatívy Národnej akadémie vied USA. V mestečku Woods Hole na Cape Cod (piesčitéj polostrov na juhovýchode štátu Massachusetts) sa asi 35 vedcov, učiteľov a pedagógov stretlo na 10 - dňovej konferencii, kde diskutovali o tom ako by sa dalo zlepšiť vyučovanie na základných a stredných školách v USA. Počas stretnutia pracovalo 5 skupín. Venovali sa učebným osnovám, učebným pomôckam, motivácii, názornosti pri vyučovaní a poznávacím procesom. Výsledky každej skupiny boli potom prednesené na spoločnom zasadnutí, kde k nim prebiehala diskusia. Skoro po skončení konferencie boli materiály vypracované jednotlivými skupinami zaslané Národnej akadémii vied a predseda konferencie J. S. Bruner spísal správu o priebehu diskusií a o záveroch jednotlivých skupín

(J.S. Bruner, *Vzdělávací proces*. Praha: SPN, 1965) .V správe sa priamo nehovorí o Sputnikovom šoku, ale nepriamo to tam je. Na str. 73 sa píše: "...vzrastajúci dôraz na technologický pokrok a federálna pomoc v rámci boja s krízou v súťaži, ktorej Amerika ako svetová veľmoc musí čeliť..."

Uvedieme ešte niekoľko citátov z Brunerovej správy. Str. 38 a 39: "Vypracovať učebné osnovy tak, aby v nich bola zachytená základná štruktúra danej oblasti vedy si vyžaduje veľmi hlbokú znalosť tejto oblasti. Takáto úloha nemôže byť splnená bez účasti najpopulanejších odborníkov zo spoločenských a prírodných vied. Skúsenosti z niekoľkých uplynulých rokov ukázali, že takíto odborníci, ak pracujú so skúsenými učiteľmi a so znalcami vývoja dieťaťa, môžu vypracovať učebné osnovy o akých tu uvažujeme." Str. 33: "Učenie sa všeobecným alebo základným princípom zaisťuje, aby zabúdanie nebolo totálne a spôsobuje, že to čo ostáva v pamäti, nám dovoľuje vybaviť si detaily, kedykoľvek je to potrebné. Dobrá teória je prostriedkom nielen k pochopeniu javov, ale aj k tomu, aby sme si ich pamätali aj zajtra."

Účastníci konferencie neboli nekritickí a v diskusií sa objavili aj výhrady, napr. "Hlavné námietky proti myšlienke snažiť sa vyučovať všeobecné princípy a všeobecné postoje spočíva najmä v tom, že je lepšie pristupovať k všeobecnému cez špecifické ..."

Prístup k vzdelávaniu obhajovaný v Brunerovej správe dostal neskôr pomenovanie "scientizmus".

Preklad Brunerovej správy do ruštiny bol publikovaný už v roku 1962 a pravdepodobne touto cestou sa myšlienky z konferencie vo Woods Hole dostali aj k nám. Brunerova správa je citovaná v prácach našich pedagógov v šesťdesiatych a sedemdesiatych rokoch. Či sa práca skupiny venujúcej sa učebným osnovám stala základom pre reformu u nás alebo nie, nie je ľahké posúdiť, pretože aj keby tomu tak bolo, určite by to autori vtedy neboli mohli priznať.

Pre ilustráciu uvedieme niekoľko citátov z práce veľmi vplyvného pedagóga tých čias (Stračár, 1977, SPN, „Systém a metódy riadeného učebného procesu“). V práci sa už v úvode na str. 9 spomína:

Z Obsahu:

Ako vznikla koncepcia
vzdelávania, ktorá
podnes ovplyvňuje
vyučovanie na našich
školách (1)

Mobil v hrnci-starší páni
sa hrajú (3)

Galileo Galilei a problém
voľného pádu (4)

Projekty nejen jako
spěstření výuky (6)

Všeobecné vzdelanie (7)

Využitie Coach 5 na
hodinách fyziky (8)

Interferencia svetla na
tenkej vzduchovej vrstve
(8)

Interferencia svetla na
tenkej vzduchovej vrstve
(9)

Aká je perióda kmitov 5
metrového kyvadla so
závažím s hmotnosťou 1
kg? (10)

Vydáva a distribuuje:
Univerzita Komenského
Fakulta matematiky,
fyziky a informatiky
Bratislava
Katedra základov
a didaktiky fyziky
Jún 2004

Redakčná rada:
Ján Pišút, Václav
Koubek, Martin Belluš,
Peter Demkanin, Peter
Horváth, Soňa Bendíková

Tech. red. : Matúš Lazúr

Adresa redakcie:
Univerzita Komenského
Fakulta matematiky fyziky
a informatiky
Mlynská dolina, Pav. F1
842 48 Bratislava 4
e-mail: bellus@fmph.uniba.sk
www.ddp.fmph.uniba.sk

„Uznesenie ÚV KSČ z 11. októbra 1964, zdôrazňujúce v súvislosti s úlohou podstatného skvalitnenia výchovno - vzdelávacej práce predovšetkým požiadavku väčšej náročnosti na obsah, metódy a výsledky učebnej práce.“

Na str. 109 sa hovorí "... didaktický systém, obsah poznávania žiakov v učebnom procese nie je mechanickým, ale zmenšeným odrazom vedného systému, obsahu vedeckého poznania." Ďalšie citáty sú zo strán 131 a 132 "Je to tým, že ... obsah vyučovania predstavuje ucelený, logicky koncipovaný systém poznatkov zo základov vied, odvodený z vedného systému ...", "Všeobecne chápaná logika obsahu vyučovania, odrážajúca systém vedeckých pojmov a logiku vedy v špecifickom didaktickom uspošobení, konkretizuje sa v logike jednotlivých učebných predmetov."

Scientistická koncepcia vyučovania prírodných vied vychádzala zo snahy transformovať vedecké systémy jednotlivých prírodných vied do učebníc pre základné a najmä pre stredné školy. Ukázalo sa však, že to boli len výsledky vied a žiaci získali len slabú predstavu o tom ako sa tieto výsledky získavajú. Neučili sa argumentovať, formulovať jednoduché hypotézy, navrhovať a uskutočňovať jednoduché experimenty a pod.

Podrobnejšie informácie o tejto reforme nájde čitateľ v práci (Held-Pupala, 1995, „Psychogenéza žiakovo poznania vo vyučovaní“).

To, že scientistický prístup bude mať asi problémy, vidno aj z jednoduchej úvahy. Počet vyučovacích hodín pre prírodovedné predmety na reálnych gymnáziách v strednej Európe okolo roku 1900 bol približne rovnaký ako na gymnáziách dnes. V roku 1900 sa vyučovalo na reálnych gymnáziách približne to, čo bolo v prírodných vedách objavené do roku 1860. Slovo atóm sa napríklad v sylaboch nevyskytovalo. To, čo bolo objavené v prírodných vedách v 20. storočí je aspoň dvojnásobkom toho, čo bolo objavené predtým. Navyše sú to veci abstraktnejšie a vzdialenejšie od našej každodennej skúsenosti ako to, čo bolo objavené do roku 1860. Ak sa do osnov dostanú aj nové objavy, a tie sa tam dostali, potom sa osnovy prehŕšujú a stávajú sa abstraktnejšími, až žiaci strácajú možnosť látku porozumieť. Snáď aj preto patria prírodné vedy k najmenej obľúbeným.

V humanitných predmetoch reforma pokračovala aj v spolitizovaní učiva a tiež neprinesla veľa možností na samostatnú prácu žiakov.

Či reforma u nás vychádzala z Brunerovej správy, alebo nie, princípy oboch reforiem si boli veľmi podobné. Obe vychádzali z predpokladu, že základom reforiem majú byť osnovy predmetov, ktoré sú "zmenšenými" či inak upravenými odrazmi systému danej vedeckej disciplíny. Pozrime sa preto na to, ako sa vyučovanie prírodných vied vyvíjalo v USA a u nás.

Práca konferencie vo Woods Hole bola iniciatívou zdola. V USA boli výsledky tohto think - tanku skoro publikované a verejne známe. Niektoré skupiny autorov napísali v tomto duchu učebnice niektorých predmetov a na niektorých stredných školách ich učitelia aj používali. Na iných školách používali učebnice koncipované v inom duchu. Iné skupiny autorov začali pracovať na inak koncipovaných učebniciach. Návrhy Brunerovej komisie sa v USA nestali celoštátne platnou dogmou. Pri ich školskom systéme sa to ani stať nemohlo.

Amerika prešla kubánskou krízou, Armstrong v roku 1969 vystúpil z Lunárneho modulu na povrch mesiaca a hrôza Sputnikového šoku pomaly opadla.

Naša reforma bola reformou výlučne "zhora", postupovala pomaly a rovnako ako odporúčania think - tanku z Woods Hole bola "poháňaná" obsahom. Ani v jednom ani v druhom prípade nebol dôraz na cieľoch vyučovania, v prípade Woods Hole tímu, boli asi ciele intuitívne jasné, bolo to riešenie "krízy zo súťaže, ktorej musela Amerika čeliť". Súťaž s "kapitalistickým táborom" na poli vedy a techniky bola aj implicitným cieľom našej reformy.

Naša reforma sa presadila v rámci princípu jednotnej školy a stala sa celoštátnou dogmou.

Hoci reforma školstva z obdobia 1976 až 1987 bola poznačená ideou jednotnej školy, nové formy vzdelávania preda len vznikali. Objavili sa športové školy, školy orientované na rozšírené vyučovanie cudzích jazykov i školy zamerané na vyučovanie matematiky a prírodných vied. Vznik takýchto škôl bol umožnený

smernicou Ministerstva školstva "Zásady pokusného overovania organizácie, foriem i obsahu výchovy a vzdelávania na základných školách, na základných deväťročných školách, na školách pre mládež vyžadujúcu osobitnú starostlivosť a na stredných školách" (Zvesti MŠ SR, zošit 1/1981).

Po roku 1989 vznikli viaceré bilingválne školy používajúce zahraničné učebnice a vznikli i nové školské vzdelávacie programy motivované zahraničnými skúsenosťami. Vznik takýchto programov je upravený smernicami Ministerstva školstva a vedy z 22. novembra 1993 na pokusné overovanie organizácie, foriem i obsahu výchovy a vzdelávania a spôsobu riadenia škôl (Zvesti Ministerstva školstva a vedy SR a Ministerstva kultúry SR, Ročník 1993, zošit 11 - 12 z 31. decembra 1993). Podľa týchto smerníc sa na základných a stredných školách, na špeciálnych školách, učilištiach a strediskách praktického vyučovania môže uskutočniť pokusné overovanie organizácie, obsahu i foriem výchovy a vzdelávania.

Cieľom overovania je získať poznatky, skúsenosti a podnety na zmeny v základných pedagogických dokumentoch, na vytvorenie alternatívnych programov a na overovanie zahraničných modelov, prípadne ich transformáciu na podmienky škôl v SR. Pokusné overovanie riadi Ministerstvo školstva, za jeho priebeh sú zodpovední gestori, ktorými sú spravidla výskumné ústavy rezortu školstva, vysoké školy pripravujúce učiteľov a vzdelávacie inštitúcie iných rezortov. Návrhy na pokusné overovanie predkladajú jednotlivci, skupiny pedagógov alebo inštitúcie podieľajúce sa na výchove a vzdelávaní prostredníctvom gestora. Smernica stanovuje aj náležitosti, ktoré má návrh obsahovať.

Domnievame sa, že je veľmi žiadúce, aby si čo najviac škôl zaviedlo pokusné overovanie vyučovania, podľa toho, čo sa bude páčiť učiteľom, rodičom i žiakom.

A o tom, čo by sa páčilo nám, napíšeme nabudúce.

Mobil v hrnci - starší páni sa hrajú

Klement Hrkota^{a)}, Viktor. Martišovič^{b)} a Ján Pišút^{b)}

a) Piaristické gymnázium Jozefa Braneckého v Trenčíne

b) UK Bratislava, FMFI

Jeden z jednoduchých experimentov uverejnených vo Fyzikálnych listoch 1/2004 demonštruje, že dlhá rozhlasová vlna do Faradayovej klietky neprenikne, kým o mnoho kratšej vlne pre mobilný telefón sa to podarí. K otázke sa vraciame trochu podrobnejšie.

Na odtiernenie elektrických polí sa podľa toho, čo sme sa všetci učili v škole, používa Faradayova klietka. Už slovo „klietka“ vyvoláva predstavu, že jej steny sú vyrobené z nesúvislého materiálu, v ktorom sú medzery alebo oká, cez ktoré môžu prenikať elektromagnetické vlny s dostatočne krátkou vlnovou dĺžkou. Ideálne odtiernenie elektromagnetického poľa by sa teda malo dosiahnuť nádobou, ktorá je vyhotovená z plného materiálu a dôkladne pozváraná, aby na povrchu neboli žiadne medzery. Do takej nádoby by elektromagnetické pole nemalo prenikať vôbec.

Takú nádobu by mohol reprezentovať napríklad kovový hrniec s kovovou pokrievkou. Vložili sme teda do zakrytého hrnca batériový rozhlasový prijímač – skutočne bol ticho: na stredných i na veľmi krátkych vlnách. Mobilný telefón však v hrnci zvonil. Tak sme sa pozreli na to, čo mohla byť príčina.

Treba si uvedomiť, že nepracujeme vo všetkých troch prípadoch v identických podmienkach. Na stredných vlnách prijímač prijíma signál feritovou anténou, ktorá je citlivá na magnetickú zložku elektromagnetického poľa. Na rozsahu VKV teleskopická anténa prijíma najmä elektrickú zložku elektromagnetického poľa. Skrutkovicové antény

používané v mobilných telefónoch sú citlivé na obidve zložky elektromagnetického signálu. Uvedené rozdiely vo vlastnostiach jednotlivých antén však nepostačujú na vysvetlenie pozorovaných faktov. Treba zobrať do úvahy aj rádové rozdiely vo frekvenciách. Na stredných frekvenciách sa pohybujeme v okolí 1 MHz, na VKV 100 MHz a v prípade mobilných telefónov ešte o rád vyššie. Voľne položená pokrievka na hrnci má elektrický kontakt len v malom počte bodov a výsledný prechodový odpor spôsobí, že pokrievka sa v poli vlny dostane na nenulový potenciál voči hrncu a tak sa vlastne správa ako „anténa“ prenášajúca signál do hrnca. Prírodzene, toto pole je značne zoslabené. Tento jav však narastá s rastúcou frekvenciou vln a preto je u mobilu prienik poľa najsilnejší.

Vidíme teda, že hrniec s pokrievkou nie je ideálnym tienením pre elektomagnetické pole, i keď štrbina v „klietke“ je na úrovni desiatín milimetra. Ak však pokrievku pritlačíme k hrncu tak, aby mala dobrý elektrický kontakt vo väčšom počte bodov po obvode hrnca, mobil stíchne (nezazvoní po tom, čo naň zavoláme), čo je neklamným dôkazom toho, že prenikajúce elektromagnetické pole sa zoslabilo pod prahovú úroveň jeho citlivosti. Jednoduchú a spoľahlivú Faradayovu klietku zostrojíme ľahko tak, že mobil zabalíme do alobalu. Takto zabalený mobil sa neozve.

Ako závisí prenikanie poľa do hrnca od veľkosti otvoru v obale, možno overiť jednoduchým experimentom. Vezmeme si hliníkový hrniec a

namiesto pokrievky použijeme kus alobalu väčší ako otvor hrnca. Alobal zahneme, pritlačíme na steny hrnca a pripevníme povrázkom alebo gumičkou. Zavoláme na mobil a mobil nezazvoní. Z telefónu, z ktorého sme volali sa nám ozve, že volané číslo je nedostupné a že môžeme nechať odkaz. Potom urobíme v alobale otvor špendlíkom. Mobil je stále nedostupný. Keď otvor zväčšíme, napríklad ceruzkou, na priemer niekoľko milimetrov, mobil sa ozve.

Záver: Faradayova klieťka teda vonkajšie elektromagnetické pole zoslabuje, ale nie je schopná ho úplne odhliadnuť, pretože pole do nej cez otvory preniká. So zvyšovaním frekvencie prenikanie poľa cez otvory narastá a preto na dokonalé odhliadnutie vysokofrekvenčných polí treba použiť plný materiál bez otvorov a štrbín, alebo zabaliť mobil do alobalu. Také tnenie funguje v širokom rozsahu frekvencií až do oblasti röntgenového žiarenia, keď sa aj tenké vrstvy kovu stanú priesvitnými.

Galileo Galilei a problém voľného pádu

Matúš Lazúr, UK FMFI

Jednou z otázok mechaniky, ktoré boli napriek svojej jednoduchosti dlho nezodpovedané, bol problém voľného pádu telies. Tento jav samozrejme pozorovali ľudia celkom bežne a prakticky každodenne, no na jeho systematické skúmanie sa muselo čakať až na príchod G. Galileiho, ktorý tu prvýkrát použil experiment ako kritérium pravdy a skúšobný kameň svojich hypotéz. Dal tak vzniknúť metóde, ktorá sa stala vo fyzike klasickou a bola hybnou silou prudkého rozvoja fyzikálnych poznatkov v ďalšom období.

V časoch Galileiho bolo všeobecne prijaté tvrdenie peripatetikov (stúpecov Aristotelovej náuky), podľa ktorého sa mali telesá s vyššou hmotnosťou pohybovať pri voľnom páde rýchlejšie ako telesá ľahšie. Toto tvrdenie sa podarilo Galileimu vyvrátiť pomocou myšlienkového experimentu v ktorom nechal padať najprv ťažšie a ľahšie teleso samostatne a neskôr ich spojil do jedného. Logickým sporom dokázal neplatnosť tvrdenia peripatetikov. Galileo tvrdí, že všetky telesá padajú rovnakou rýchlosťou nezávisle od ich hmotnosti. Pravda, to platí len vo vákuu. Na Zemi v skutočnosti vplyvom odporu vzduchu skutočne ťažšie telesá padajú rýchlejšie, a za istých podmienok je tento rozdiel dosť výrazný (napr. kus polystyrénu a kameň). Pokusy so zhadzovaním predmetov z šikmej veže v Pise ktoré sa Galileimu pripisujú však on sám nespomína a snáď sú len legendou podobnou Newtonovmu jablku.

Ďalším krokom Galileiho bolo skúmanie priebehu rýchlosti počas voľného pádu. Postupne dospel k hypotéze, že rýchlosť padajúceho telesa je úmerná času. Z toho odvodil, že dráha prejdená pri voľnom páde je priamo úmerná druhej mocnine času. Túto hypotézu však potreboval experimentálne overiť, čo v tých časoch nebolo také jednoduché. Hlavným problémom bolo meranie času, pretože bolo treba odmerať presne pomerne krátke časové intervaly. Galilei si pomohol tak, že skutočný voľný pád nahradil pohybom po naklonenej rovine, ktorý je oveľa pomalší, a navyše sa dá uskutočniť v laboratóriu.

Samotné overenie vzťahu $s_1 : s_2 = t_1^2 : t_2^2$ uskutočnil dvoma spôsobmi. Prvý z nich je, že musíme odmerať čas, za ktorý teleso prejde rôzne dlhé dráhy – úseky naklonenej roviny. Na meranie času v tomto prípade použil vodné hodiny, pričom čas určoval vážením vody, ktorá do nádoby natiekla za daný čas. V literatúre nájdeme doslova „vážením odkvapkanej vody“, čo dáva tušiť príčinu – pri vytekaní vody tenkou rúrkou z nádoby rýchlosť vytekania vody je závislá od výšky hladiny, teda aj hmotnosť vody vytečenej za rovnaké časové intervaly je rôzna. Naproti tomu odkvapkávanie vody z rúrky je dej pravidelnejší. Uvedené meranie je námetom hneď na niekoľko projektov. Jedným z nich je samotné vykonanie takéhoto merania – historického experimentu. Ďalšie sa týkajú skôr použitej techniky merania času. Namiesto je tu otázka, akú presnosť mali vodné hodiny a aká presnosť sa dala dosiahnuť pri samotnom vážení vody a prečo sa neurčoval čas meraním objemu. Celé meranie sa dá spojiť so súťažou o najpresnejšie „dobové“ zariadenie na meranie krátkych časových intervalov.

Druhý spôsob merania spočíva na meraní dráh, ktoré prejde teleso pri rozbiehaní po naklonenej rovine postupne počas rovnakých časových intervalov. Galilei tu použil veľmi vtipnú metódu, ktorá je navyše aj presnejšia ako predošlá. Jej popis citovaný podľa (1):

Priebeh jeho pokusov bol asi takýto: Uprostred miestnosti leží šesť stôp dlhá drevená doska, ktorej jeden koniec spočíva na malom drevenom klíne, takže vznikla „naklonená rovina“, ako to Galilei nazýva. V doske je žliabok, starostlivo vyložený pergamenom, aby bol jeho povrch hladký. Stále znovu a znovu spúšťa v drážke hladko vyleštenú mosadznú guľu, pričom mení sklon dráhy.

Tento pokus získava takmer špiritistický charakter tým, že Galilei sprevádza pohyb gule, ktorú vypúšťa jeho pomocník, spevom piesne. Hrá na lutne a spieva florentskú Catenu. Keď sa dobre započúvame, počujeme rytmicky zaznievajúci tón, ktorý vytvára guľa na svojej dráhe.

To, čo na prvý pohľad vyzerá ako bláznivá hra, je v skutočnosti geniálny vynález, ktorý by mal objasniť zákon pádu, ktorému sa podriaďujú všetky telesá na Zemi. Mierne naklonená rovina dovoľuje spomaliť inak rýchlo prebiehajúci pád gule. A to, že sa rýchlosť pohybu na naklonenej rovine riadi rovnakým zákonom ako zvislý pád, si Galilei odvodil na čiste geometrickom základe. Načo ale slúži hudobný doprovod?



Guľa prebehne svoju dráhu behom niekoľko málo srdcových tepov. Ak chce však Galilei merať, aké veľké sú jednotlivé dielčie úseky, ktoré prebehne za rovnaké časové intervaly, musí skonštruovať merací prístroj, ktorý mu dovoľí určiť i veľmi krátke časové intervaly s dĺžkou napr. desatinu srdcového tepu. Vodné a pieskové hodiny nie sú dosť presné, ale zmysel pre rytmus, ktorý Galilei zdedil po svojom otcovi, hudobnom skladateľovi a učiteľovi hudby, áno. Rytmus ním spievanej piesne je teda časovou mierou jeho hodín. Guľa ale vysiela periodické signály, pretože Galilei opatril dosku v určitých vzdialenostiach strunami. Vždy keď guľa prebehne cez jednu z ôsmich strún, zaznie tón. Trik teraz spočíva v tom, umiestniť struny presne tak, aby ich guľa rozoznievala v rovnakých časových intervaloch. Pravidelnosť meria taktom svojej hudby, tá je jeho metronómom. Každú sebemenšiu odchýlku v slede tónov vyvolaných guľou registruje Galilei veľmi presne.

Experiment opakuje znovu a znovu a Galileo mení po každom pokuse miesto tej, alebo onej struny. Konečne dosiahne svoj cieľ – tóny vyvolané guľou sú synchronizované s rytmom piesne, všetkých osem strún sa teraz rozoznieva presne v takte. Teraz vezme Galilei meradlo a zmeria vzdialenosti strún, ktoré presne zodpovedajú vzdialenostiam, ktoré guľa prebehla za rovnaké časové intervaly. Výsledok je jednoznačný – vzdialenosti sa v priebehu dráhy neustále zväčšujú. Guľa teda beží stále rýchlejšie, a to tak, že jej rýchlosť rastie rovnomerne s časom. Guľa sa pohybuje rovnomerne zrýchlene.

Galilei tu teda využil svoje hudobné nadanie zdedené po otcovi. Naozaj, človek s citom pre rytmus dokáže veľmi presne zachovať intervaly medzi jednotlivými taktami skladby a súzvuk tónov vydávaných hudobným nástrojom a tónov, ktoré vydáva guľa pri svojom pohybe po naklonenej rovine. Odpadá tu navyše aj chyba spôsobená oneskorenou reakciou človeka pri spúšťaní vodných „stopiek“.

Meranie takýmto spôsobom možno jednoducho realizovať aj v škole. Ako naklonenú rovinu použijeme dve rovné drevené tyče kruhového prierezu alebo dve oceľové rúrky, ktoré priložíme tesne k sebe a na koncoch zviažeme lepiacou páskou, tak vznikne rovný a hladký žliabok po ktorom budeme púšťať oceľovú guľôčku z väčšieho ložiska. Struny nahradíme jednoducho značkami, ktoré budeme prilepovať na okraj rúrok. Najefektnejšie by bolo samozrejme použiť hudobný doprovod, no pri nedostatku času a hudobného nadania nám bohato vystačí metronóm, ktorý nastavíme na vhodnú frekvenciu signálov. Potom zostáva už len trpezlivo púšťať guľu po naklonenej rovine a snažiť sa rozmiestniť značky tak, aby guľa prechádzala okolo nich presne v čase keď počujeme signál metronómu.

Projekty nejen jako zpestření výuky fyziky

Zdeňka Pinkavová, MFF UK Praha

Současným trendem školních aktivit je realizace celoškolských projektů. Jejich hlavním přínosem je zviditelnění školy a oživení běžného chodu výuky. Mnohem obtížnější je realizovat projektovou výuku, která má přinášet nejen zábavu, ale i znalosti. Takové projekty umožňují žákům nenásilnou formou získat vědomosti a dovednosti nad rámec obsahu školního učiva. Práce na projektech je blízká i aktivitám z běžného života – například zkušenost pracovat v týmu, schopnost zorganizovat si práci na daném úkolu, přínosem je i nácvik vyhledávání informací, jejich třídění a zpracování. Významnou roli má Jako příklad bych nyní zkráceně popsala realizaci jednoho z projektů. (Dle možností jej lze uskutečnit také jako mezipředmětový projekt propojující předměty: fyziku, hudební výchovu, výtvarnou výchovu, technické práce či český jazyk.)

Svět hudby

(pozn. Rozsah výuky byl upraven na hodinovou dotaci fyziky.)

Během dvou vyučovacích hodin fyziky žáci zkoumali vlastnosti různých materiálů z hlediska šíření zvuků. Prováděli řadu experimentů, sledovali vliv délky, velikosti plochy, typu materiálu na výšku či barvu tónu, schopnost různých materiálů a prostředí přenášet zvuk aj. Dále absolvovali exkurzi s přednáškou v Národním technickém muzeu - oddělení akustiky (lze nahradit výukovou videokazetou J. Trny).

Během následujících čtrnácti dnů (včetně jedné vyučovací hodiny) měli za úkol vyrobit funkční hudební nástroje a za pomoci odborné literatury k nim vypracovat písemnou dokumentaci.

Dle vlastního uvážení mohli pracovat ve 2 – 4 členných skupinách; podmínkou však bylo, že na 1 - 2 žáky připadne minimálně jeden hudební nástroj. Dokumentace k výrobkům musela obsahovat název, obrázek s popisem nebo technický výkres výrobku a postup výroby. Dále historii daného hudebního nástroje; pokud jejich výrobky nebyly replikami skutečných hudebních nástrojů museli si žáci historii svých nástrojů vymyslet. V neposlední řadě měli žáci ve své práci vysvětlit princip vzniku a šíření zvuku v daném hudebním nástroji.

Během dalších 1 – 2 vyučovacích hodin žáci před svými spolužáky předvedli funkčnost svých výrobků, případně zahráli krátkou melodii. Dále vysvětlili princip výroby, stručně zmínili historii a vysvětlili princip funkce výrobku. (pozn. Požadují od žáků, aby o své práci povídali z paměti, písemné materiály jim při výstupu slouží pouze jako pomoc v nouzi.)

projektová výuka zvláště v tom, že umožňuje žákům prezentovat jejich práci před ostatními, učí je diskutovat a obhajovat svoje názory před ostatními.

Učitel fyziky, který by chtěl touto metodou pracovat, naleznе řadu námětů i možností

ke spolupráci na internetu, v materiálech některých organizací či ve sbornících ze seminářů učitelů fyziky. Máte-li zájem, na webových stránkách web.cz/zdenka-projekty uvádím některé internetové odkazy, popř. i ukázky projektů, které jsem realizovala se svými žáky.



Součástí hodnocení byla:

- správnost vysvětlení funkce nástroje a celková úroveň výstupu před třídou
- odborná správnost a úroveň zpracování dokumentace
- funkčnost, kvalita a originalita výrobku



Všeobecné vzdelanie

Snahou základnej školy je poskytnúť deťom *všeobecné vzdelanie* na úrovni zodpovedajúcej ich veku a mentálnym schopnostiam. V tomto úsilí pokračujú aj stredné školy, tu však k všeobecnému vzdelávaniu pribúdajú vyučovacie predmety, ktoré by mali sprostredkovať aj určité *špeciálne vzdelanie* umožňujúce absolventom uplatniť sa v praxi, alebo pokračovať v štúdiu na príslušnej vysokej škole. Všeobecnému vzdelávaniu sa najviac venujú Gymnázia.

Václav Koubek (Fyz. Listy IX,2004,1) konštatuje, citujem: „... *všeobecné vzdelanie* je pojem, ktorého obsah sa mení v závislosti od vývoja spoločnosti, jej kultúrnej nadvstavby a od okamžitých podmienok, ktoré vytvára veda a technika.“ V spomínanom článku sa autor ďalej zaoberá prognózou vonkajších podmienok za akých sa budú žiaci učiť. Na myslí má najmä prudký rozvoj technických prostriedkov umožňujúcich nevidanú *informatizáciu* spoločnosti. Z toho odvádza nevyhnutnosť meniť nie len metódy vyučovania (využitie internetových sietí, e-learning...), ale napríklad aj podstatnú zmenu skladby „zapamätaných“ vedomostí.

Oprávnená je otázka, ktorú si kladú učitelia čoraz nástojčivejšie: „*Čo má vedieť dospelý človek z biológie, chémie, zemepisu, fyziky, prípadne ďalších prírodovedných, ale i technických, humanitných a ďalších vied, či oblastí ľudského záujmu v rámci tzv. všeobecného vzdelania?*“

S poznatkami z priamo i nepriamo spomenutých oblastí sa každý stretáva denne. Problém je v tom, že javu, resp. aplikácii rozumieme alebo nie. Väčšinou sa nezdržujeme ich zaraďovaním do príslušnej škatuľky (fyzika, biológia...) a mnohokrát by to nebolo ani možné. Pod pojmom „rozumiem“ mám na mysli širokú škálu schopností od používania (rádio, mobil, hnojivo, koňak, GPS...) cez veľmi

schematické a približné vysvetlenie (vysielač-vlnenie-prijímač, dodávanie prvkov do pôdy, hroznový destilát, určovanie polohy na Zemi prijímaním signálov z družíc), až po viac-menej vyčerpávajúce zdôvodnenie (elektromagnetické vlnenie, modulácia, oscilačné obvody, čípy..., chemické reakcie ..., kvasenie, destilácia, prístroje, dubové sudy..., spracovanie signálov z družíc, komunikácia s digitalizovanou mapou, displej...). Odborníci v tej-ktorej oblasti môžu problém rozpitvať až do najmenších detailov. Problém nás učiteľov, lepšie povedané tých, ktorý rozhodujú o obsahu a rozsahu učiva je, čo a do akej hĺbky máme žiakov učiť. Že sú žiaci vo všeobecnosti veľmi preťažovaní, o tom nepochybuje hádam nikto. Recept je na prvý pohľad jednoduchý. Zoškrtať sylaby. Snahy, bez citeľnejších výsledkov boli a sú. Stroskotávajú preto, že o tom, čo sa má učiť z fyziky rozhodujú fyzici, čo z biológie biológovia a tak ďalej. Je prirodzené, že odborníkovi sa zdá, že práve poznatky z jeho odboru nesmú chýbať vo *všeobecnom vzdelaní* a snaží sa presadiť ich čo najviac.

Kedysi som si myslel, že by pomohlo, keby napr.fyzik mohol uvažovať o tom, čo by bolo vhodné vedieť trebárs z biológie a naopak. Rýchlo som zistil, že som našiel veľmi málo javov a pojmov, ktoré by som vedel jednoznačne pomenovať a priradiť. Myslím si, že viac by bolo reakcií na otázky biológa. Predpokladám, že v opačnom garde by to bolo podobné. Čo tak pripraviť otázky z fyziky a vymeniť si ich s biológom za otázky z biológie a následne, po vzájomnej diskusii, súbory poriadne zoškrtať? Možno by taká krížová výmena medzi *predmetmi* pomohla minimálne v tom, že by sme zistili, že názory na obsah *všeobecného vzdelania* sa diametrálne líšia.

Martin Belluš

Využitie COACH 5 na hodine fyziky

Mgr. Kvorková Andrea, Gymnázium Dubnica n. Váhom

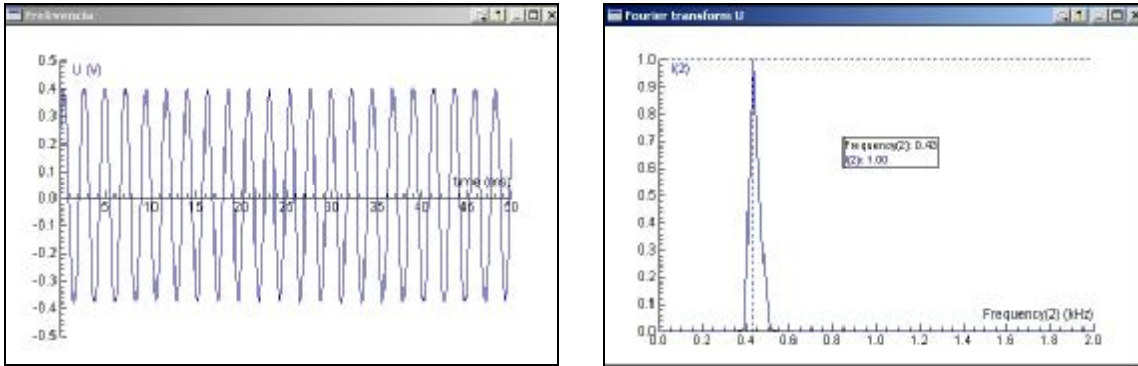
V posledných rokoch sme svedkami veľkých technologických zmien. Tieto zmeny sú spojené s rozvojom informačných technológií. Treba kriticky priznať, že naše školstvo nezareagovalo na tento vývoj dostatočne pružne. Príčin je niekoľko, od nedostatočného finančného zabezpečenia rezortu až po neochotu mnohých pedagógov zmeniť svoj štýl učenia. Preto som sa prihlásila na kurz inovatívneho dištančného štúdia na Fakulte matematiky fyziky a informatiky UK Bratislava. Štúdium bolo zamerané na počítačom podporované experimenty, modely a videomerania v prostredí COACH 5. Jeho cieľom bolo ukázať iný spôsob výučby fyziky, ktorý by bol pre študentov názornejší a zaujímavejší.

Celý kurz bol rozdelený na niekoľko základných častí, v ktorých sme si mali osvojiť prácu v prostredí COACH 5. Urobili sme viaceré merania, napríklad meranie závislosti tlaku od objemu vzduchu pri izotermickom deji, Newtonov zákon chladnutia, volt-ampérová charakteristika rezistora. Potom sme prešli na modely, videomerania a skončili sme jednoduchými pokusmi. Získané poznatky som využila na viacerých hodinách fyziky. Skrátenejší priebeh jednej hodiny v treťom ročníku gymnázia Vám stručne opíšem.

Témou hodiny bol ZVUK - mechanické vlnenie. Začali sme stručnou charakteristikou zvuku a prešli sme k absorpcii zvukového vlnenia prostredím. Tu sme pomocou zvukového čidla, ktoré bolo umiestnené v stálej vzdialenosti od ladičky, merali časový priebeh vlnenia. Namerali sme tri merania, ktoré boli posunuté približne o 10 sekúnd. Z grafov bolo vidieť zmenšujúcu sa amplitúdu vlnenia.

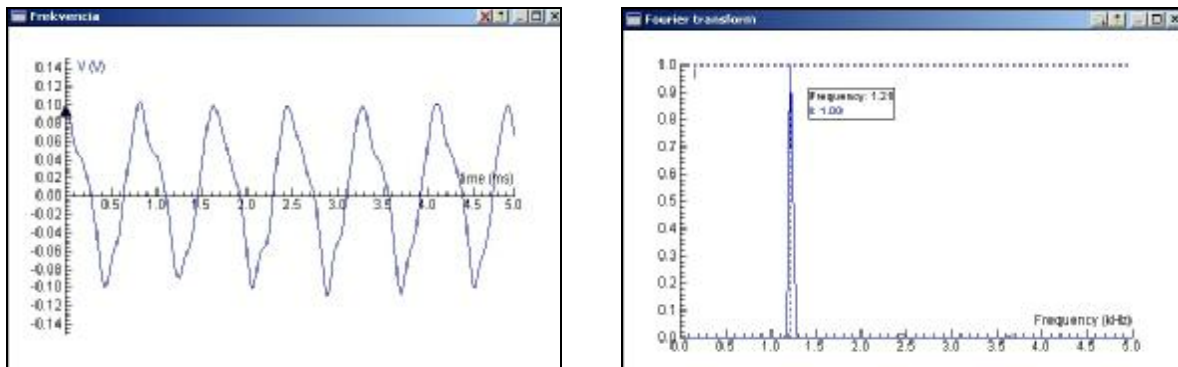
Ďalej sme rozdelili zvuky na tóny a hluky. Ukázali sme si časový priebeh nasledovných zvukov:

a) jednoduchý tón – použili sme ladičku, vyšiel harmonický priebeh - sínusoida. Signálnou analýzou sme zistili frekvenciu 440 Hz.



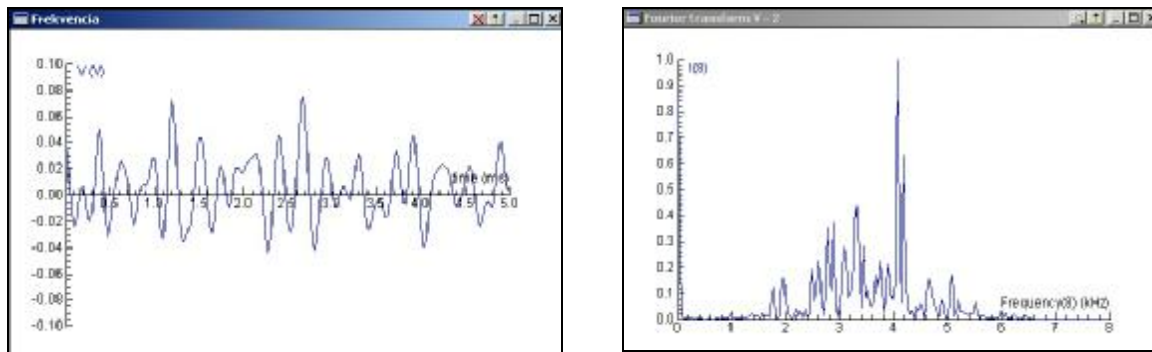
Obr. 1. Časový priebeh jednoduchého tónu ladičky s nameranou frekvenciou 430 Hz

b) zložený tón – použili sme flautu a spev študenta, vyšli periodické zvuky so zložitejším priebehom. Urobili sme aj signálne analýzy a zisťovali frekvencie (pri modelovaní by sme chceli neskôr zložiť jednotlivé vlnenia a porovnať výsledky s meraniami)



Obr. 2. Časový priebeh tónu flauty - 1210 Hz - čo najviac zodpovedá tónu d^2

c) hluk – buhot, vyšli neperiodické zvuky. Z grafu aj zo signálnej analýzy vidieť, že tento zvuk sa skladá z mnohých vlnení s rôznymi frekvenciami.



Obr. 3. Hluk spôsobený udieraním lyžičky o stôl

Potom sme prešli k fyzikálnym veličinám výška zvuku, farba zvuku a hlasitosť. Ukázali sme si, že výšku ovplyvňuje frekvencia, komorné a sme zahrli na flaute a klavíri. Frekvencia základného tónu bola rovnaká, ale rozdiel bol v frekvencii a amplitúde vyšších harmonických tónov. Na záver sme sa dostali k hlasitosti a intenzite zvuku. Skúmali sme intenzitu zvuku 0,2m od zdroja a 4m od zdroja. Intenzita sa zmenšovala.

Na záver hodiny sa pár študentov pokúsilo zaspievať komorné a, avšak v tejto triede sme speváka nenašli. Z reakcií bolo zrejmé, že sa im hodina páčila a zaujala ich. Práca s COACH 5 je pomerne jednoduchá, študenti si meranie osvojili po jednom predvedení.

Program COACH 5 sa budem snažiť používať čo najviac, aj keď to bude vyžadovať väčšiu prípravu na hodiny. Stojí za to, ak sa záujem o fyziku u študentov zvýši.

Na záver by som chcela za všetkých účastníkov kurzu poďakovať organizátorom a lektorom tohto dištančného vzdelávania za obetavý a profesionálny prístup. Verím, že v budúcom školskom roku sa opäť spolu stretne a budeme pokračovať v ďalšom štúdiu.

Interferencia svetla na tenkej vzduchovej vrstve

Interferencia svetla na tenkej vrstve je ľahko pozorovateľný jav. Ponúkame vám návod ako ľahko demonštrovať podmienky vzniku interferenčných obrazcov na tenkej vrstve pomocou fólií z obalov určených na ukladanie dokumentov. Potrebný je obal, ktorý „nelepí“, t. j. taký, ktorý je z jednej strany fólie „drsný“. Obal rozdelíme na dve fólie a po priložení hladkej strany fólie na drsnú stranu druhej fólie už pozorujeme interferenčné obrazce v tvare tmavých a svetlých prúžkov a to v svetle odrazenom aj prepustenom (obr.1,2). Projekciu možno uskutočniť aj na meotare (obr.3)



(obr.1)



(obr.2)



(obr.3)

To, že interferencia vznikla na tenkej vzduchovej vrstve demonštrujeme tak, že fólie priložíme k sebe hladkými povrchmi, vzduchová vrstva tak zanikne a interferencia nevznikne.
(dokončenie na strane 12)

Aká jeperióda kmitov 5 metrového kyvadla so závažím s hmotnosťou 1 kg?

Peter Horváth, UK, FMFI

peterhorvi@pobox.sk

Úlohu som zadal gymnazistom tretiakom pred začiatkom preberania učiva o kmitaní a vlnení. Z témy mechanické kmitanie a vlnenie mali pred touto prácou iba motivačné rozprávanie o využití kmitania a vlnenia v praxi, o tom, že veľa procesov v prírode, aj v spoločnosti je periodických. Úlohu v tejto podobe je možné riešiť aj po prebratí učiva o mechanickom kmitaní pružinového oscilátora, ale ešte pred prebratím učiva o kyvadlách.

1 Zadanie úlohy

Žiaci boli rozdelení na dvoj až trojčlenné skupiny. Na začiatku je úloha: Zistíte aká jeperióda kmitov 5 metrového kyvadla so závažím s hmotnosťou 1 kg? Bolo nutné vysvetliť pojemperióda kmitov. K dispozícii od vyučujúceho mali stopky, uhlomer, dĺžkové meradlo, vlákna, množstvo závaží na zavesenie s hmotnosťami od 20 g do 200 g, milimetrový papier. Prinesené vlákna sa pretrhli, ak sa na ne pokúšali zavesiť závažia s celkovou hmotnosťou 1 kg. Neexistoval žiaden písomný návod. Určitou formou návodu boli učiteľom prinesené pomôcky na stole. Nebolo povolené používať literatúru, nesmeli opustiť triedu, ani

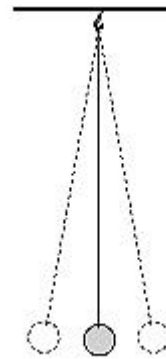
2 Riešenie úlohy

Začať môžeme napríklad zisťovaním závislostiperiódy kmitu kyvadla od hmotnosti. Vyslovíme hypotézu, žeperióda kmitu závisí (nezavisí) od hmotnosti. Experimentovaním môžeme túto hypotézu vyvrátiť (potvrdiť). Meraťperiódu jedného kmitu stopkami nie je asi najpresnejšie. Meranie spresníme tak, že budeme merať naraz dobu viacerých kmitov, napríklad 10 a výslednúperiódu zistíme vydelením nameranej hodnoty číslom 10. Meriameperiódu kmitu kyvadla s fixovanou dĺžkou, meníme hmotnosť závažia. Vyskúšať môžeme viac sérií meraní. Jedna séria môže byť napríklad, čiperióda 30 cm kyvadla závisí od hmotnosti závažia, druhá séria meraní by mohla byť s kyvadlom dĺžky 50 cm, opäť overujeme, či jehoperióda kmitov závisí od hmotnosti závažia. Záver z týchto sérií meraní je, žeperióda kyvadla nezavisí od hmotnosti.

Ďalšia séria meraní môže byť zameraná na závislosťperiódy od počiatkovej výchylky závažia. Postup bude podobný ako v prvom prípade, len meníme počiatkovú výchylku závažia. Pomocou meraní zistíme, žeperióda málo závisí od počiatkovej výchylky, pri malých uhloch, do 10 stupňov je táto závislosť našou aparatórou nemerateľná.

Nasledujúcou sériou meraní budeme zisťovať závislosťperiódy kmitov kyvadla od dĺžky

vykláňať sa z okna. (Najvtipnejší chceli meraťperiódu kyvadla visiaceho z okna triedy na druhom poschodí.) Naopak ich povinnosťou bolo zdokumentovať písomne každú činnosť a všetky výsledky pozorovaní a meraní.



závesu. Hneď z prvých meraní je zrejmé, žeperióda významne závisí od dĺžky vlákna. Pre väčšinu žiakov je prirodzené vysloviť hypotézu, že ide o priamu úmernosť. Stopkami odmeriameperiódu kmitov aspoň 10 kyvadiel s rôznou dĺžkou. Dobré je, keď využijeme celú výšku triedy na vytvorenie kyvadiel s rôznymi dĺžkami. Postupujeme od najkratšieho kyvadla (alebo najdlhšieho), výsledky zapíšeme do tabuľky. Stačí zbežný pohľad na hodnoty v tabuľke a malo by byť zrejmé, že závislosť medzi dĺžkou kyvadla aperiódou kmitu nie je lineárna. Z daných nameraných hodnôt zostrojíme na milimetrový papier graf. Z neho odhadneme matematickú závislosť

$T = k \cdot \sqrt{l}$, kde k je konštanta. Zistíme hodnotu konštanty $k=2$. Ak máme k dispozícii počítač, môžeme naniesť danú závislosť do počítača a nechať si danú konštantu vypočítať počítačom. Vhodným programom je napríklad IP Coach. Overiť danú závislosť môžeme pomocou kyvadiel takých dĺžok, ktoré sme nemali pri hľadaní predchádzajúcej závislosti. Teraz nám ostáva vyriešiť úlohu, aká jeperióda kmitov 5 metrového kyvadla. Táto dĺžka bola zvolená tak, aby sa výsledok dal overiť v telocvični. Kyvadlo sme uchytili na záves na kruhy, ako závažie nám slúžila litrová PET fľaša naplnená vodou.

3 Zhrnutie vzorového postupu

Formulácia hypotézy 1: Perióda kmitov závisí od hmotnosti závažia.

Návrh a zostavenie aparatury, zostrojenie kyvadla.

Návrh vhodného spôsobu merania, budeme merať čas viacerých kmitov, napríklad 10.

Realizácia meraní.

Záver: Perióda kmitov nezávisí od hmotnosti závažia.

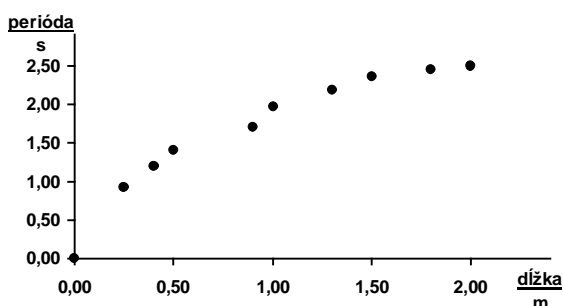
Formulácia hypotézy 2: Perióda kmitov závisí od výchylky kyvadla.

Meracia aparatura a realizácia ako predtým, len meníme počiatočnú výchylku kyvadla.

Záver: Perióda kmitov závisí od počiatočnej výchylky málo, pri malých uhloch, do 10 stupňov, závislosť nie je s týmito pomôckami merateľná.

Formulácia hypotézy 3: Perióda kmitov závisí od dĺžky kyvadla.

Meraním sa hypotéza potvrdí.



Dĺžka / m	čas kmitu / s
0,00	0,00
0,25	0,92
0,40	1,20
0,50	1,40
0,90	1,70
1,00	1,97
1,30	2,18
1,50	2,36
1,80	2,45
2,00	2,50

Otázka: Ako závisí perióda kmitov od dĺžky?

Hypotéza 4: Perióda kmitov závisí od dĺžky kyvadla priamo úmerne.

Na základe spracovania výsledkov (tabuľka, graf) sa hypotéza 4 zamietá.

Hypotéza 5: Závislosť je odmocninová: $T = k\sqrt{l}$, kde k je konštanta.

Nájdenie konštanty k z grafu, prípadne z tabuľky.

Výpočet periódy 5 metrového kyvadla, overenie výsledku $T = 2\sqrt{l}$ aj v telocvični.

Záver: Perióda kyvadla nezávisí od hmotnosti závažia a pri malých výchylkách nezávisí od počiatočnej výchylky.

Závisí od dĺžky závesu, pričom matematicky túto závislosť zapíšeme ako $T = 2\sqrt{l}$. Z toho vyplýva že periódu 5 metrového kyvadla je približne 4,5 s, čo sme overili v telocvični.

4 Komentáre a metodické pokyny

Som presvedčený, že najužitočnejšie sú tie experimenty, ktoré realizujú žiaci samostatne, a z nich sú najlepšie tie, čo rozvíjajú tvorivosť žiakov. Táto úloha patrí medzi úlohy s dobre definovaným cieľom, bez znalosti cesty k nemu. Týmto spĺňa podmienky pre označenie tvorivá úloha.

Samotná realizácia úlohy v tejto forme vyžaduje podľa mojej skúsenosti tri vyučovacie hodiny, dve na samostatné riešenie žiakmi a aspoň časť tretej na zhrnutie výsledkov a overenie v telocvični. Podľa toho, koľko máme na hodine času možno žiakom viac alebo menej pomáhať pri stanovovaní čiastkových cieľov a ich riešení. Žiaci boli náchylní vyslovovať predčasné závery z malého počtu meraní. Viacerým skupinám bolo treba výraznejšie pomáhať, najmä pri spracovávaní experimentálnych dát, našepkať im matematickú závislosť. Niektoré skupiny ju

mali formulovanú opačne, ako závislosť dĺžky kyvadla od periódy ($l = \frac{1}{4}T^2$), asi kvadratická závislosť je pre nich

ľahšia ako odmocnina. Treba im vysvetliť, čo bola nezávislá a čo závislá premenná. K správne výsledku sa nakoniec dopracovali všetky skupiny, aj keď, ako už bolo spomenuté, niektorým bolo treba výraznejšie pomôcť.

Na tretej hodine sme výsledky spolu zhrnuli. Zopakovali sme si vzorový postup riešenia a na ňom som upozornil na zákonitosti experimentálneho získavania poznatkov. Potom sme výsledok išli overiť do telocvične.

Hlavným prínosom tejto úlohy nie je nový poznatok, ale oboznámenie sa žiakov s experimentálnou metódou získavania poznatkov. Máme daný problém, na začiatku nie je jasná cesta k nemu. Žiaci (možno nevedome) formulujú hypotézy, navrhujú ako ich overiť. Zisťujú, že cesta za poznatkom býva kľukatá, nie všetky hypotézy sa potvrdili. Hodnotné je aj spracovanie nameraných veličín matematickými metódami, tabuľkou, grafom. Až na záver spracovania výsledkov je daná závislosť formulovaná matematickým vzorcom, v tomto prípade ide o kinematický opis. Na záver je užitočné žiakov upozorniť, že každý (fyzikálny) poznatok je výsledkom ľudského pozorovania a intelektuálnej činnosti, čo nezaručuje jeho platnosť a neznamená, že sme ho dokázali.

Teoretické zdôvodnenie experimentálne nájdenej závislosti na základe analógie sily pružnosti pružinového oscilátora a sily smerujúcej do rovnovážnej polohy kyvadla sme urobili neskôr.

Vlastnosti laserového svetla (dokončenie zo strany 9)

Laserové svetlo používame výhodne pri mnohých demonštráciách z optiky, napr.: demonštrácia ohybu na sústave štrbín (obr.4,5). (pokračovanie na strane 12)



(obr.4)



(obr.5)

Nemali by sme naň zabudnúť ani pri preberaní stimulovanej emisie a ukázať, že toto svetlo má vlastnosti elektromagnetickej vlny: je monochromatické, prechodom cez lámaný hranol sa nerozkladá (obr.6),



(obr.6)



(obr.7)



(obr.8)

a polarizované, neprechádza cez skrížený polarizačný filter. Tri lúče z piatich na obrázku č.7 neprešli polarizačným filtrom pred nimi skríženým. (obr.8)

Klement Hrkota

Piaristické gymnázium Jozefa Braneckého v Trenčíne

e-mail: hrkota@piar.gtn.sk