

Přechod Venuše přes Slunce 6. června 2012 se blíží

FRANTIŠEK JÁCHIM

VOŠ a SPŠ Volyně

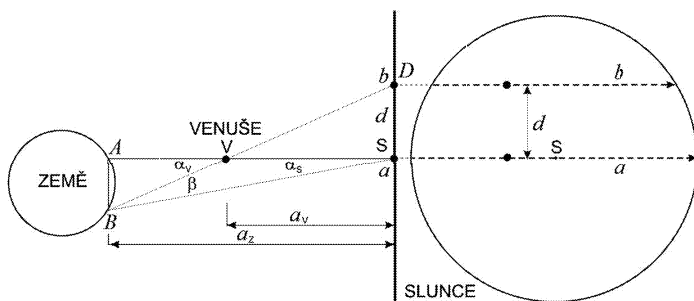
Mezi Slunce a Zemi se mohou dostat pouze tři vesmírná tělesa – Měsíc, Merkur a Venuše. Měsíc nám připravuje občas půvab částečného zatmění Slunce, větším svátkem jsou vzácnější zatmění úplná. Dostanou-li se mezi Zemi a Slunce Merkur nebo Venuše, zakrývají i tyto planety část Slunce, ale jen pranepatrnou, a úkaz nestojí zato nazývat ho zatměním. Přechody obou planet přes Slunce – jak astronomové jev pojmenovali – jsou také nejen zajímavé, ale pro astronomii nadmíru užitečné. Proto byly v minulosti a i dnes stále jsou velmi pečlivě pozorovány.

Venuše vstupuje před sluneční disk zcela pravidelně v cyklech 8, 121 a $1/2$, 8, 105 a $1/2$ roků, vždy v prosinci nebo v červnu. Brzy budeme moci pozorovat druhý z přechodů – tentokrát osmiletého intervalu 2004 a 2012. Pak již celé generace opět tuto příležitost mít nebudou, protože další dvojice přechodů nastane až v letech 2117 a 2125.

Přechod, který proběhne 6. června 2012 bude z ČR pozorovatelný jen částečně. V ten den Slunce vychází na východě republiky ve 4^{40} hodin (všechny časy jsou uvedeny v SELČ), na západě státu asi v 5^{00} hodin. Slunce vyjde již s Venuší na svém disku, a proto bude pozorovatelná pouze část přechodu směřující ke třetímu a čtvrtému kontaktu (6^{37} hodin a 6^{55} h). Celý úkaz od vstupu Venuše před Slunce až po výstup trvá přibližně 7 hodin, budou-li vhodné klimatické podmínky, budeme moci jev sledovat asi 2 hodiny. Doporučme svým žákům, aby toho dne ještě před cestou do školy nějakým bezpečným způsobem pohlédli na vycházející Slunce – snad Venuši s úhlovým průměrem asi $0,9'$ spatří.

Podívejme se nyní na zatím největší vědecký přínos sledování úkazu v minulosti. Z pozorování drobného kotoučku Venuše na pozadí slunečního disku byla totiž nalezena vzdálenost Země od Slunce. Bylo to jedno z prvních měření absolutní vzdálenosti mezi vesmírnými tělesy. Její poznání se současnou znalostí oběžných dob planet umožnilo vytvořit rozměrový obraz sluneční soustavy. Ukažme si zjednodušený postup, jak lze z přechodu Venuše vzdálenost ke Slunci nalézt.

Vstoupí-li Venuše před sluneční disk, začne na něm její kotouček postupovat po úsečce. Budeme-li pozorovat současně ze dvou míst na Zemi, pozorovatelé uvidí dvě rozdílné zdánlivé dráhy planety přes Slunce. Pro jednoduchost předpokládejme, že pozorovatel v bodě A zemského povrchu (obr. 1) uvidí přecházet Venuši přesně přes průměr Slunce, tedy po úsečce a . Pozorovateli v bodě B se dráha Venuše bude jevit jako úsečka b . Úhly α_V a α_S po řadě značí úhly, pod nimiž je úsečka AB z Venuše, resp. ze Slunce vidět, úhel β vyjadřuje úhlovou vzdálenost rovnoběžek a a b na slunečním disku. Bude-li zjištěny velikosti úhlů α_V a α_S (nebo jednoho z nich), lze při znalosti délky úsečky AB určit vzdálenost objektu od Země.



Obr. 1

Úhel α_V je vnějším úhlem trojúhelníku BVS , proto je roven součtu jeho dvou vnitřních úhlů α_S a β . Tuto relaci postupně upravme:

$$\alpha_V = \beta + \alpha_S \Rightarrow \alpha_V - \alpha_S = \alpha_S \left(\frac{\alpha_V}{\alpha_S} - 1 \right)$$

Vzhledem k tomu, že úhly α_V a α_S jsou velmi malé (v řádu obloukových vteřin), můžeme poměr jejich tangent nahradit poměrem úhlů, popř. poměrem úseček délek AV a AS . Pak dostáváme pro velikost úhlu β postupně

vztahy

$$\beta = \alpha_S \left(\frac{AV}{AS} - 1 \right), \quad \text{resp.} \quad \beta = \alpha_S \left(\frac{a_Z}{a_Z - a_V} - 1 \right),$$

a po úpravě

$$\beta = \alpha \frac{a_Z}{a_Z - a_V}, \quad (1)$$

kde a_Z a a_V jsou vzdálenosti Země a Venuše od Slunce, tedy průvodiče obou planet.

Z rovnice (1) vyjádříme úhel α_S a výraz na pravé straně upravíme

$$\alpha_S = \beta \frac{a_Z}{a_Z - a_V} = \beta \left(\frac{a_Z}{a_V} - 1 \right).$$

Protože u obou planet známe přesně jejich oběžné doby kolem Slunce, můžeme poměr a_Z/a_V průvodičů podle III. Keplerova zákona nahradit poměrem oběžných dob, tj.

$$\frac{a_Z}{a_V} = \sqrt[3]{\frac{T_Z^2}{T_V^2}}.$$

Potom pro úhel α_S platí

$$\alpha_S = \beta \left(\sqrt[3]{\frac{T_Z^2}{T_V^2}} - 1 \right)^2. \quad (2)$$

Dosadíme-li do rovnice (2) oběžné doby Země a Venuše v rocích $T_Z = 1$ r a $T_V = 0,615$ r, je možno psát rovnici pro úhel α_S ve tvaru

$$\alpha_S \doteq 0,3827\beta. \quad (3)$$

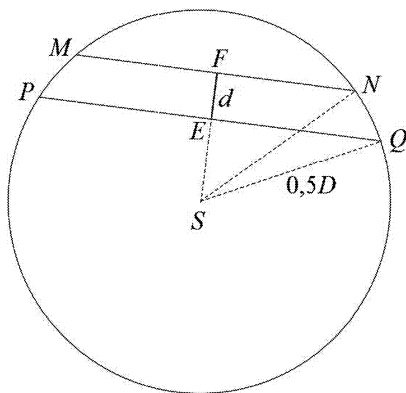
Před pozorovatelem B stojí tedy úkol zjistit velikost úhlu β^1 buď přímo (to je velmi obtížné – jeho velikost je pouhých asi $40''$) nebo prostřednictvím pomoci jiného měření. Pozorování ukázala, že i při poměrně velké

¹Obecně každý z pozorovatelů A a B musí změřit úhlovou vzdálenost pozorované trajektorie středu planety od středu Slunce, potom úhel β v našich úvahách je vzájemnou úhlovou vzdáleností obou rovnoběžných úseček na obraze slunečního disku.

vzdálenosti míst A a B jsou obrazy drah Venuše a a b velmi blízko u sebe, např. na obrazu Slunce o průměru 10 cm je i při velmi odlehlých pozorovacích místech A a B vzdálenost rovnoběžek (středů poloh Venuše) nejvýše 2 mm.

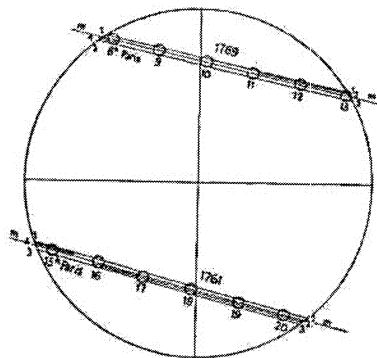
Podívejme se nyní, jak určení vzdálenosti obou rovnoběžek a a b lze přesněji provést využitím měření délek sečen (obr. 2). S využitím pravoúhlých trojúhelníků SFN a SEQ pro délku d pak platí

$$d = \sqrt{(0,5D)^2 - |FN|^2} - \sqrt{(0,5D)^2 - |EQ|^2}. \quad (4)$$



Obr. 2

Abychom se přidrželi skutečných údajů, předběhněme dále zařazený historický komentář a využijme výsledky pozorování z roku 1769. V tomto roce byl ze současného pozorování přechodu ze skandinávského města Vardö a z tichomořského ostrova Tahiti získán obrázek o průměru obrazu slunečního kotouče $D = 70$ mm a sečnách dlouhých 49 mm a 52 mm (obr. 3). Po dosazení délek z tohoto historického záznamu $D = 70$ mm, $|MN| = 49$ mm, $|PQ| = 52$ mm do (4) dostáváme pro vzdálenost rovnoběžek hodnotu $d = 1,56$ mm.



Obr. 3 Dráhy Venuše přes sluneční kotouč v letech 1761 (dole) a 1769

Tato vzdálenost rovnoběžek je nepatrným zlomkem průměru obrazu Slunce $d/D = 1,56/70 \doteq 0,022$. Vezmeme-li úhlový průměr Slunce asi $32'$, tj. $0,0093$ rad (při střední vzdálenosti), je úsečku EF vidět pod úhlem $\beta = 0,0093 \cdot 0,022 \doteq 0,002$ rad.

Tomu odpovídá podle (3) $\alpha_S = 0,000\,0765$ rad = $15,78''$. Pod tímto úhlem se jeví úsečka AB o délce $11\,425$ km (vzájemná vzdálenost obou pozorovacích míst).

Mírou vzdálenosti Slunce je jeho paralaxa. Nazýváme jí úhel $\pi_\odot$, pod kterým by byla ze středu Slunce vidět úsečka o délce rovné poloměru Země R_Z . Jestliže úsečka o délce $11\,425$ km (vzdálenost Vardö – Tahiti) by se ze vzdálenosti Slunce jevila pod úhlem $\alpha_S = 15,78''$, pak snadno úhel přepočteme pro $R_Z = 6\,378$ km a dostáváme tak paralaxu Slunce $\pi_\odot = 8,81''$.

Ve vztahu pro paralaxu $\text{tg } \pi_\odot = R_Z/a_Z$ nahradíme tangens úhlu přímo velikostí úhlu a pak můžeme vypočítat vzdálenost Země – Slunce

$$a_Z = \frac{R_Z}{\pi_\odot} = \frac{6\,378}{0,000\,042} \doteq 152\,000\,000 \text{ km.}$$

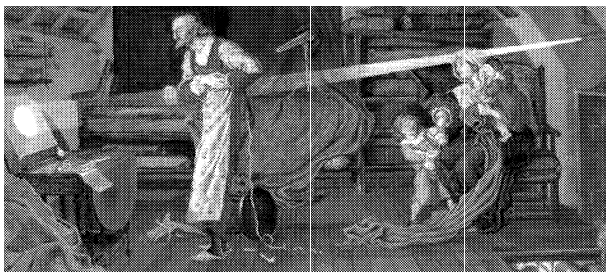
To je tedy hlavní výsledek vyhodnocení přechodu Venuše v roce 1769.

Snad první určení vzdálenosti Země – Slunce pochází od francouzského astronoma *Domenica Cassiniho* z roku 1672. Určoval vzdálenost Marsu od Země v době jeho opozice se Sluncem, tj. v okamžiku, kdy byl nejbližší Zemi. Ze svého měření a z měření dalšího Francouze *J. Richera* ve Francouzské Guyaně našel paralaktický úhel Marsu a ze známé vzdálenosti

stanovišť v Paříži a ve Francouzské Guyaně a ze znalosti oběžných dob Země i Marsu určil s využitím III. Keplerova zákona vzdálenost Marsu od Země 73 milionů kilometrů a následně vzdálenost Země – Slunce 139 milionů kilometrů. Jistě obdivuhodná přesnost.

Vraťme se ale k přechodům Venuše a doplňme několik historických poznámek o některých přechodech ostatních. Po roce 1631 byly všechny (tzn. v letech 1639, 1761, 1769, 1874, 1882, 2004) pečlivě sledovány a nyní se astronomové připravují na ten příští v roce 2012.

Přechod Venuše (a také Merkuru) na rok 1631² na základě výpočtu předpověděl *Johannes Kepler* a současně se domníval, že perioda jevu bude asi 120 let. Ovšem 7. prosince 1631 v době, kdy přechod Venuše proběhl, byla v Evropě noc. Proto první pozorování mohla být provedena až v roce 1639. Jeden z tehdejších způsobů zobrazení Slunce na bílou plochu ukazuje obr. 4. Tehdy na jev hleděl mj. i Angličan *Jeremiah Horrocks*, přičemž odhadl úhlovou velikost planety asi na $1'$ a o paralaxe Slunce soudil (nevíme jak), že nepřekročí $14''$, což by odpovídalo jeho vzdálenosti cca 95 miliónů kilometrů.



Obr. 4 Pozorování přechodu Venuše 1639 – autor obrazu *E. Crowe*

Motiv pro další pozorování vzešel odjinud. Roku 1667 zavítal za pozorováním jižních částí oblohy do rovníkových oblastí anglický astronom *Edmond Halley*. 7. listopadu pozoroval z ostrova Svaté Heleny přechod Merkuru přes Slunce a přitom navrhl, jak nalézt sluneční paralaxu a tím také absolutní velikost jeho vzdálenosti. Halleyovy zápisky byly publikovány v periodiku anglické *Royal Society* v letech 1691, 1694 a v článku

²Na stejný rok vypočetl také přechod Merkuru přes Slunce.

z roku 1716³ je popis metod, jak z časů mezi vnitřními kontakty planety se slunečním diskem lze na základě pozorování zde dvou míst na Zemi (s co největším rozdílem zeměpisných šířek) určit hledanou vzdálenost ke Slunci. Pokud by pozorování nebyla prováděna ze stejného poledníku, bylo by nezbytné znát dost přesně zeměpisnou délku obou stanovišť pro výpočet časového posunu a následné vyhodnocení výsledků pozorování. Lépe než přechod Merkuru se pozoruje přechod Venuše. Proto další výzkumná pozorování byla upřena právě na ni.

Přechod Venuše v roce 1761 byl sledován asi ze sta stanovišť. Z Petrohradu ho pozoroval významný ruský přírodovědec, polyhistor *Michail Vasiljevič Lomonosov*. Sice nic neproměřoval, ale povšiml si zdánlivé drobnosti a v článku *Úkaz Venuše na Slunci pozorovaný v petrohradské akademii věd 26. května 1761* o kontaktech Venuše se slunečním diskem píše, že „se objevil na okraji Slunce puchýř, který byl tím zjevnější, čím více se Venuše blížila k jeho okraji. Plné vystoupení či nejposlednější dotyk zadního okraje Venuše se Sluncem byl rovněž doprovázen nejasností slunečního kotouče.“ Z této drobnosti správně usoudil, že Venuše má atmosféru. Navíc, ale tentokrát mylně, z toho vyvozoval možnost života na planetě.

Na druhý přechod z dvojice osmiletého intervalu – v roce 1769 – se astronomové velmi těšili a také vykonali náležité přípravy. Šlo především o výběr míst, z nich by se mohlo co nejlépe pozorovat. Taková maličkost, jakou je v kritickou chvíli zatažená obloha, patří k stabilním rizikům konečného úspěchu.

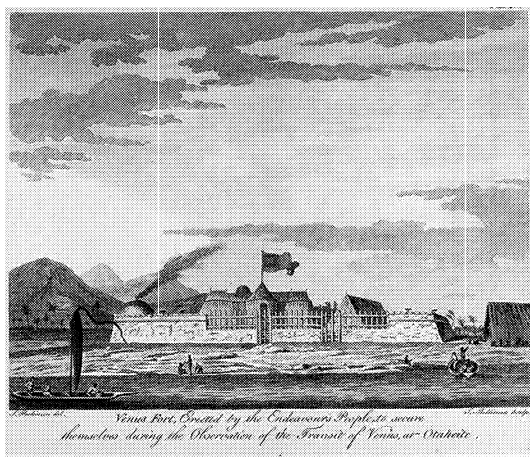
Osvícená ruská carevna Kateřina II. pozvala řadu zahraničních astronomů a ruská akademie věd jim umožnila pozorování v Jakutsku, Orenburgu, Petrohradu, na poloostrově Kola i na Uralu.

Anglická *Royal Society* v podstatě vycházela z Halleyova návrhu, že jedním z pozorovacích míst by měl být nějaký ostrov Jižním Pacifiku. Požádala roku 1768 krále Jiřího III., aby vyslal loď s pozorovateli do těchto vzdálených míst. Král vyhověl a admirálita skutečně výpravu připravila a do jejího čela postavila zkušeného mořeplavce *Jamese Cooka*. Za pozorovací místo byl zvolen ostrov Tahiti, nedávno objevený a přesně zaměřený roku 1767 *Samuelem Wallisem*.

Další tým vedený *Maxmiliánem Hellem* a dánským astronomem *Ch. Horrebowem* měl pozorovat ze severského ostrova Vardö. Toto pozoro-

³ *Nová metoda určení paralaxy Slunce*, Philosophical Transaction, vol. XXIX (1716), str. 454.

vání spolu s tahitským sehrálo – jak jsme zmínili v předchozí části článku – velmi důležitou roli, jelikož obě místa leží přibližně na stejném poledníku (přesněji řečeno rozdíl jejich zeměpisných délek je asi 180°) a jejich vzdálenost byla celých 11 425 km, což vytvářelo dobrou základnu. Výpravu James Cook uskutečnil a s lodí *Endeavor*⁴ zakotvil u ostrova a vybudoval tam pozorovací stanoviště *Fort Venus* (obr. 5). V den přechodu pozorovatelům počasí přálo – jasná obloha umožnila úkaz sledovat po celou dobu průběhu. Pozorovali Cook, švédský přírodovědec *Daniel Solander* a britský astronom *Charles Green*. V jejich záznamech se objevuje obr. 6 i deformace obrazu planety při kontaktech způsobená existencí Venušiny atmosféry (obr. 7).

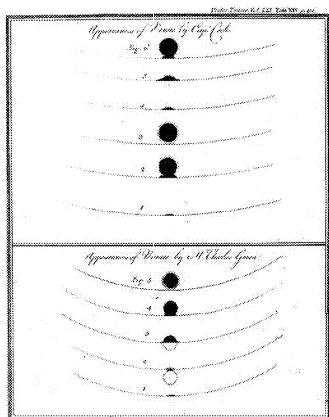


Obr. 5 Základna Jamese Cooka na Tahiti v roce 1769

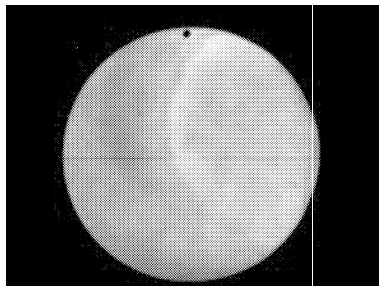
Nezaháleli ani Francouzi. Do řady míst zorganizoval výpravy ředitel pařížské hvězdárny, astronom a matematik *Joseph Lalande*.

Celkově lze říci, že měření z roku 1769 přinesla poměrně přesné výsledky hodnoty paralaxy $8,43'' < \pi_\odot < 8,80''$, které *Johann Franz Encke* roku 1824 podle záznamů vyhodnotil na $8,5776''$, což následně potvrdil i *Pierre Simon Laplace*.

⁴Tomuto cíli expedice byl přikládán mimořádný význam. Dokonce francouzské loďstvo – Anglii vysoce nepřátelské – dostalo pokyn, že nesmí na *Endeavor* zaútočit.



Obr. 6 Nákres tahitských pozorování z roku 1769



Obr. 7 Venuše těsně po druhém kontaktu

K sledování přechodu v roce 1874 bylo vynaloženo 250 000 £ na vyslání asi padesáti výprav do různých míst Země. Výsledky jimi dosažené ale nebyly nijak zvlášť významné a předchozí měření nepřekonaly.

Na celé západní polokouli byl pozorovatelný přechod 6. prosince 1882. Nejhodnotnější pozorování byla získána belgickými skupinami z Chile a Texasu. Byly vybaveny heliometrem s rozdílným objektivem. Ten byl sestaven z polokruhových čoček s odlišnou ohniskovou vzdáleností, jejichž vzájemný pohyb se prováděl mikrometrickým šroubem. Jedna soustava čoček vytvářela velký a ostrý obraz Slunce, druhá totéž u Venuše. Sledováním obou obrazů mohla být prováděna velmi přesné měření – jejich výsledkem byla paralaxa sluneční $\pi_{\odot} = 8,811''$. Velké expedice za tímto přechodem vypravily Brazílie, USA i Německo.

O zpřesnění paralaxy Slunce usilovali astronomové i ve dvacátém století. V roce 1931 bylo k jejímu měření využito extrémní přiblížení planety Eros na vzdálenosti 26 miliónů kilometrů od Země. Pozorování i následného vyhodnocení se účastnil i náš Dr. V. Nechvíle. Z finálního zpracování v Greenwich provedeného *Jonesem Spencere*m vycházela paralaxa Slunce $\pi_{\odot} = 8,790''$, což znamená vzdálenost 149 676 000 km. Dnešní měření vzdáleností v kosmu je značně jednodušší. Např. radarové měření v roce 1990 určilo sluneční paralaxu na hodnotu $\pi_{\odot} = 8,79415''$.

Literatura

- [1] *Dlouhý, J.*: M. V. Lomonosov. Praha, Orbis 1968.
- [2] *Horowitz, T.*: Modré poledníky. Odvážná výprava po stopách kapitána Cooka. BB/art., Praha 2005.
- [3] *Křížek, M.*: Význam úhlových měření při poznávání vesmíru. Pokroky MFA 51 (2006), 147–162.
- [4] *Menšutkin, B. N.*: M. V. Lomonosov. Praha, Slovanské nakladatelství 1951.
- [5] <http://vt-2004.astro.cz/teorie/F7/>
- [6] *Waterfield, R. L.*: Sto let astronomie. Praha 1948.

Vyučovanie pohybov na gymnáziu s dôrazom na samostatnú experimentálnu činnosť žiakov

VLASTA KUPČÍKOVÁ – ZUZANA JEŠKOVÁ

Gymnázium Košice, Šrobárova – Prírodovedecká fakulta UPJŠ Košice, SLOVENSKO

Úvod

V školskom roku 2008/2009 bola do pedagogickej praxe na Slovensku uvedená školská reforma. Cieľom tejto reformy je rozvíjať u žiakov tvorivé myslenie, samostatnosť, aktivitu, sebahodnotenie, schopnosť pracovať v skupine, formulovať svoj názor, argumentovať. Učiteľ je tak postavený pred úlohy a ciele, ktorých napĺňanie si vyžaduje iné spôsoby výučby než tie, ktoré v našom vzdelávacom systéme dominovali doposiaľ. V súčasnosti tak zdôrazňované kľúčové a predmetové kompetencie totiž nie je možné alebo je možné len čiastočne rozvíjať použitím metód založených na transmisii poznatkov, ako je výklad alebo prednáška.

Vo vyučovacom predmete fyzika je najväčšia pozornosť venovaná samostatnej práci žiakov – t.j. realizácii aktivít, ktoré sú zamerané na činnosti vedúce ku konštrukcii nových poznatkov. Jedným z kľúčových pojmov,

prelínajúcim sa vzdelávacím programom je prírodovedné bádanie, t.j. rozvíjanie schopností vysloviť problém, sformulovať a otestovať hypotézu, plánovať experiment, vyvodiť a vyhodnotiť z neho závery ako aj rozvíjanie zručností žiakov súvisiacich s experimentovaním a spracovaním dát [1, 2].

Nato, aby učiteľ dokázal tieto ciele naplniť je potrebné mať k dispozícii takto orientované aktivity spolu s učebnými materiálmi (napr. pracovné listy pre žiakov, resp. metodické návody pre učiteľa) a samozrejme kľúčovým prvkom je učiteľ, ktorý dobre ovláda metodiku vyučovania založenú na samostatnom aktívnom prírodovednom bádaní.

Na základe bohatých skúseností a výskumov realizovaných v zahraničí [3, 4, 5, 6] ale už aj na Slovensku [7, 8, 9], sa práve pre prírodovedné bádanie mimoriadne vhodnou ukazuje metodika vyučovania založená sa samostatnom aktívnom poznávaní v počítačom podporovanom laboratóriu (ďalej PPL).

Na základe dostupného technického vybavenia prostriedkami PPL sme sa preto rozhodli pripraviť, odskúšať a po úspešnom testovaní štandardne do vyučovania zaradiť sériu laboratórnych meraní v počítačom podporovanom laboratóriu zameraných na skúmanie pohybov. K navrhnutým laboratórnym meraniam sme pripravili:

- pracovné listy pre žiakov k laboratórnym meraniam v PPL vybavenom systémom Coach [10] so senzormi polohy a sily v podobe objaviteľského experimentu a aj overovacieho experimentu,
- metodickú príručku pre učiteľa.

Vyučovanie pohybov v PPL

Laboratórne meranie v PPL predstavuje súbor experimentov, pri ktorých žiaci pomocou počítača snímajú rozličné fyzikálne veličiny, napr. polohu telesa, napätie, elektrický prúd, teplotu, tlak, úroveň intenzity osvetlenia, úroveň intenzity zvuku, magnetické pole a iné.

Ak sa rozhodneme vyučovať kinematiku a dynamiku (štandardne v 1. ročníku) prostredníctvom laboratórnych meraní v PPL, je potrebné mať fyzikálne laboratórium, v ktorom sú:

- Aspoň štyri stanovišťa s počítačom vybaveným kartou rozhrania (napríklad CoachLab II), ultrazvukovým senzorom (detektorom) polohy a senzorom sily.
- Pomôcky zo školskej súpravy pre mechaniku a trenie.

Organizácia vyučovania môže vyzeráť nasledovne:

K tejto metóde vyučovania je potrebné mať triedu rozdelenú na skupiny tak, aby pri jednom počítači pracovali ideálne 2–3, najviac 4 žiaci. Žiaci počas realizácie laboratórneho merania pomocou detektora polohy snímajú pohyb vlastného tela, resp. vozíka, pričom zaznamenávajú časové závislosti polohy a následne rýchlosti, resp. zrýchlenia pohybujúceho sa objektu. Podobným spôsobom zaznamenávajú aj časové závislosti sily pôsobiacej na vozík počas jeho pohybu (obr. 1).

Počas realizácie laboratórneho merania žiaci pracujú s pracovným listom, ktorý je postupom merania a zároveň záznamníkom predpovedí žiakov, odpovedí na otázky. Na hodine vyplnený pracovný list je podkladom pre domáce vypracovanie protokolu. Žiaci pritom môžu laboratórne meranie realizovať v dvoch formách, a to ako:



Obr. 1 Žiaci pri práci v PPL

a) Objaviteľský experiment – v tomto prípade žiakom pred samotným meraním nič nevysvetľujeme, plnením úloh žiaci sami objavujú fyzikálne zákonitosti k danému javu. Po „objaviteľských“ hodinách zaradíme do vyučovania ďalšie 2 – 3 hodiny, na ktorých zosumarizujeme získané poznatky meraním a precvičíme riešením úloh. Tento spôsob vyučovania je však náročný na čas, často sa stáva, že „chápanie“ žiakov je pomalšie, ako sme očakávali a namiesto plánovaných dvoch hodín musíme venovať

danej téme 3 – 4 hodiny. Napriek tomu však tento spôsob vyučovania v PPL má svoj význam, pretože pochopenie učiva je hlbšie a poznatky sú trvalejšieho charakteru. Samostatné žiacke objavovanie môže byť pritom viac alebo menej riadené učiteľom. Avšak na základe našich skúseností je miera samostatnosti žiakov 1. ročníka je na pomerne nízkej úrovni, preto samostatné žiacke objavovanie riadime inštrukciami v pracovnom liste od formulácie problému cez tvorbu a overenie hypotéz až po vyvodenie záverov nasledovným postupom:

1. Najprv od žiakov žiadame, aby do pripravených grafov čiarkovane vyznačili svoju predpoveď grafickej závislosti dvoch fyzikálnych veličín, alebo aby si zapísali svoju hypotézu o danom fyzikálnom jave,
2. v ďalšom kroku necháme žiakov diskutovať so spolužiakmi v skupine o svojich predpovediach a vyzveme ich, aby sa dohodli na výslednej hypotéze priebehu závislosti skúmaných veličín, na výslednej hypotéze daného fyzikálneho javu,
3. vyzveme žiakov, aby dohodnutú výslednú závislosť fyzikálnych veličín vyznačili plnou čiarou alebo inou farbou do toho istého grafu, alebo aby svoju poopravenú hypotézu zapísali inou farbou,
4. svoju predpoveď žiaci overia experimentálne (obr. 2),
5. na záver v spoločnej diskusii žiaci robia závery z výsledkov merania a odpovedajú na otázky v pracovnom liste,
6. v niektorých úlohách je cieľom namerať hodnotu fyzikálnej veličiny, v takom prípade jej definícia musí byť vopred vysvetlená a meraním žiak si utvrdzuje daný fyzikálny poznatok.

b) Overovací experiment – pred laboratórnym meraním žiakom vysvetlíme teoretické poznatky, žiaci prichádzajú na laboratórne meranie už pripravení a overujú teoretické poznatky meraním. Tento spôsob vyučovania je menej náročný na čas a určite má tiež svoj význam vo vyučovaní – žiak overuje platnosť fyzikálnych poznatkov a závislosti veličín, a takisto pochopenie zákonitostí a zapamätanie poznatkov je trvalejšie.

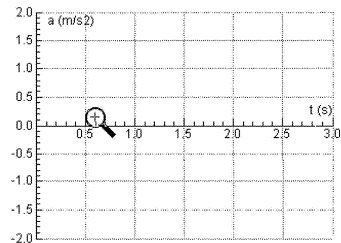
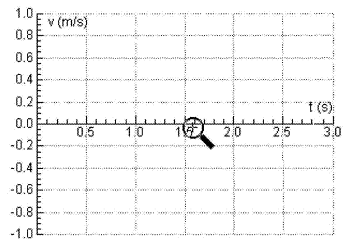
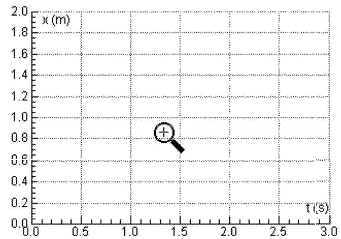
Ukážka časti pracovného listu

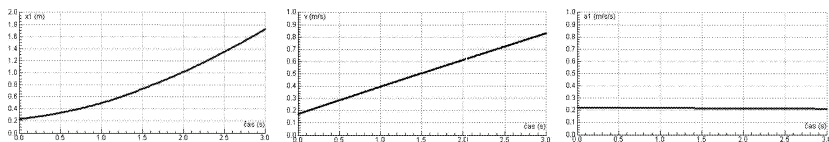
Úloha 1:

Zobrazte grafy závislosti polohy, rýchlosti a zrýchlenia od času pre rovnomerne spomalený priamočiary pohyb smerom od senzora polohy.

Postup k úlohe 1:

1. Položte na rampu, (napríklad vzduchovú dráhu alebo na koľajnice), ktorá je na jednom konci podložená (naklonená rovina) voziček a presvedčte sa, že sa môže voľne pohybovať. Do stojana upevníte senzor polohy a položte ho k zníženému koncu rampy. Pri takomto usporiadaní sa voziček bude pohybovať smerom *od* senzora nahor po naklonenej rovine, teda bude sa pohybovať *rovnomerne spomaleným pohybom*.
2. Otvorte aktivitu „Pohyb a sila“ a v nej zobrazte grafy závislosti polohy x , rýchlosti v a zrýchlenia a od času t .
3. Načrtnite *prerušovanou* čiarou vaše predpovede do uvedených grafov. Bude zrýchlenie (spomalenie) v tomto prípade kladné, záporné alebo nulové?
4. Porovnajte svoje predpovede so svojimi susedmi a zistíte, či je vaša predpoveď v súhlase s ich predpoveďami. Načrtnite *plnou* čiarou vaše predpovede po diskusii so susedmi.
5. Overtte svoje predpovede experimentom. Opakujte experiment, ak je potrebné dovtedy, kým nezískate „pekné“ grafy. Dohliadnite, aby sa vaša ruka počas merania nenachádzala medzi vozičkom a senzorom. Začnite pohyb vozička asi vo vzdialenosti 0,2 m alebo 0,5 m od detektora polohy.





Obr. 2 Ukážky výsledkov žiackych meraní polohy, rýchlosti a zrýchlenia

Pred vyučovaním metódou laboratórnych meraní v PPL je potrebné:

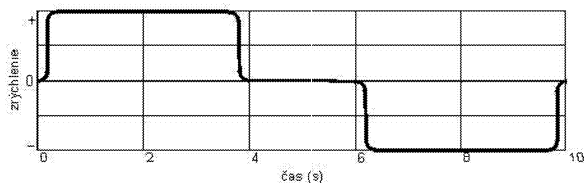
- V systéme Coach pripraviť aktivitu, resp. súbor so všetkými potrebnými nastaveniami, t.j. pripravenými grafmi závislosti $x = x(t)$, $v = v(t)$, $a = a(t)$, resp. $F = F(t)$, ktoré budeme postupne využívať v celej téme. Mať aktivitu vopred pripravenú je dôležité predovšetkým na prvých takto realizovaných hodinách, keďže žiaci ešte v práci so systémom nie sú dostatočne zbehlí. Predpokladáme, že učiteľ, ktorý sa rozhodne vyučovať metódou laboratórnych meraní v PPL už základy práce s týmto systémom pozná a postupne s ním bude oboznamovať aj svojich žiakov.
- Pripraviť pracovné listy pre žiakov: vytlačenú verziu dáme do každej skupiny, s ňou žiaci pracujú na hodine po skupinách, okrem toho odošleme žiakom elektronickú verziu, pomocou ktorej doma vypracujú protokol (podľa uváženia učiteľa).
- Ak chceme, aby si žiaci precvičovali učivo aj doma, pripravíme úlohy podobného charakteru ako domáce zadanie k jednotlivým témam (obr. 3).

Pedagogický výskum

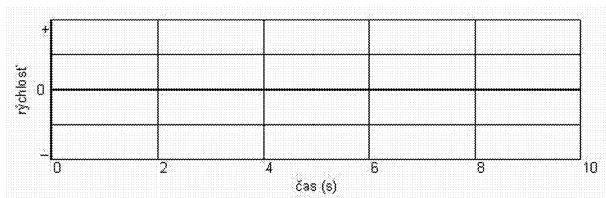
V školských rokoch 2009/2010, resp. 2010/11 sme na gymnáziu Šrobárova 1 v Košiciach realizovali pedagogický výskum orientovaný na vyučovanie pohybov nasledovným spôsobom. V prvom roku prebiehalo pilotné overenie vhodnosti pripravených materiálov, ktoré sme na základe skúseností z vyučovania upravili a doladili a ujasnili sme si metodiku vyučovania. V nasledujúcom školskom roku sme v mesiacoch október až február uskutočnili vyučovanie metódou PPL naostro v dvoch triedach gymnázia v týchto témach:

- a) kinematika: rovnomerný priamočiary pohyb, rovnomerne zrýchlený a spomalený priamočiary pohyb, voľný pád,
- b) dynamika: 2. Newtonov pohybový zákon, trenie.

Opíšte, ako sa pohyboval objekt priamočiarno od začiatku, ak výsledkom jeho pohybu je nasledujúci záznam závislosti zrýchlenia od času skladajúci sa z troch častí:



Načrtnite do pripraveného grafu závislosť rýchlosti od času, ktorý zodpovedá grafu závislosti zrýchlenia od času v predchádzajúcej otázke.



Obr. 3 Ukážka úloh z domáceho zadania

Do nášho výskumu boli zaradené dve triedy Gymnázia Šrobárova 1 v Košiciach:

- 1.E – experimentálna trieda, ktorá absolvovala vyučovanie metódou PPL.
- 1.A – kontrolná trieda, v ktorej žiaci neboli vyučovaní metódou PPL.

Na začiatku experimentu sme sformulovali hypotézu:

Žiaci, ktorí absolvovali vyučovanie fyziky pomocou experimentov a laboratórnych meraní v počítačom podporovanom laboratóriu, dosiahnu lepšie výsledky v testoch zameraných na konceptuálne pochopenie fyzikálnych javov a pojmov v porovnaní so žiakmi vyučovanými štandardným spôsobom.

Na overenie našej hypotézy sme vypracovali dva testy, jeden z kinematiky (15 otázok) a druhý z dynamiky (18 otázok), ktoré boli žiakom zadané pred vyučovaním danej témy (pre-test) a po jej odučení (post-test). Testové otázky vychádzajú zo štandardizovaných konceptuálnych testov [11], resp. kvázištandardizovaných testov [12]. Hodnotenie výsledkov vstupných a výstupných testov bolo realizované nasledovne:

- určili sme tzv. absolútny zisk triedy ako rozdiel priemerných úspešností post-testu a pre-testu $Z_2 - Z_1$
- vypočítali sme normovaný zisk h triedy nazývaný aj činiteľ efektívnosti, ktorý predstavuje podiel absolútneho zisku $Z_2 - Z_1$ a najväčšieho možného absolútneho zisku $100 - Z_1$:

$$h = \frac{Z_2 - Z_1}{100 - Z_1} \cdot 100 \%$$

Analýza výsledkov testovania ukázala:

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené normované zisky testov z kinematiky a dynamiky v kontrolnej a experimentálnej triede, pričom do výskumu sme zaradili len tých žiakov, ktorí vyriešili vstupný aj výstupný test k danej téme.

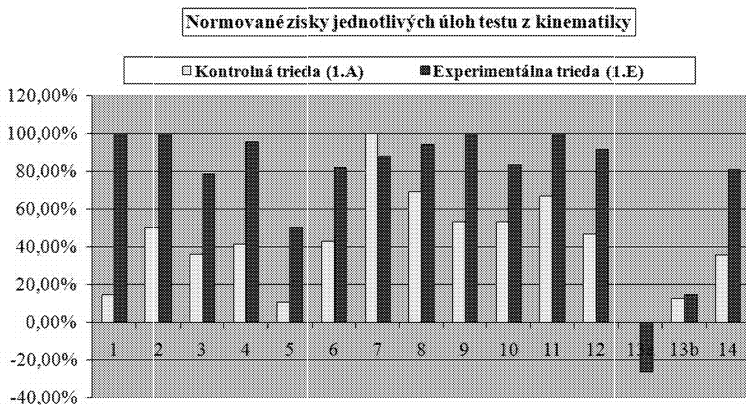
Tab. 1 Normované zisky v testoch z kinematiky a dynamiky

Trieda	Počet žiakov	Normovaný zisk Test z kinematiky	Počet žiakov	Normovaný zisk Test z dynamiky
experimentálna trieda	24	78,5 %	21	63,9 %
kontrolná trieda	19	40,2 %	17	20,4 %

Z analýzy výsledkov pedagogického výskumu vyplýva:

1. Obidve triedy, kontrolná aj experimentálna dosiahli vyučovaním kinematiky aj dynamiky lepšie výsledky vo výstupnom teste ako vo vstupnom teste (normované zisky kontrolnej aj experimentálnej triedy sú vo všetkých prípadoch väčšie ako nula)
2. Experimentálna trieda dosiahla vo výstupnom teste oveľa lepšie výsledky ako trieda kontrolná a dosiahla výraznejšie zlepšenie oproti vstupnému testu.

Keďže úlohy v našich testoch boli zamerané na konceptuálne pochopenie fyzikálnych javov a pojmov, **hypotéza bola potvrdená.**

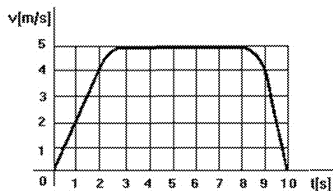


Obr. 4 Diagram normovaných ziskov kontrolnej a experimentálnej triedy z kinematiky

Na obr. 4 uvádzame porovnanie normovaných ziskov v jednotlivých úlohách testu z kinematiky. Z diagramu vidieť, že experimentálna trieda dosiahla výrazne vyššie normované zisky v porovnaní s kontrolnou triedou v 13 úlohách, pričom dokonca v 4 úlohách dosiahla normovaný zisk 100 %.

V úlohe 13b dosiahli obe triedy len minimálne zlepšenie. V úlohách č. 7, 13a dosiahla vyšší normovaný zisk kontrolná trieda. Navyše, v úlohe 13a bol normovaný zisk experimentálnej triedy záporný (obr. 5).

13. Výtah sa pohyboval z prízemia (0 m) na 15. poschodie budovy. Rýchlosť výtahu sa v priebehu jeho výstupu menila podľa grafu na obrázku.

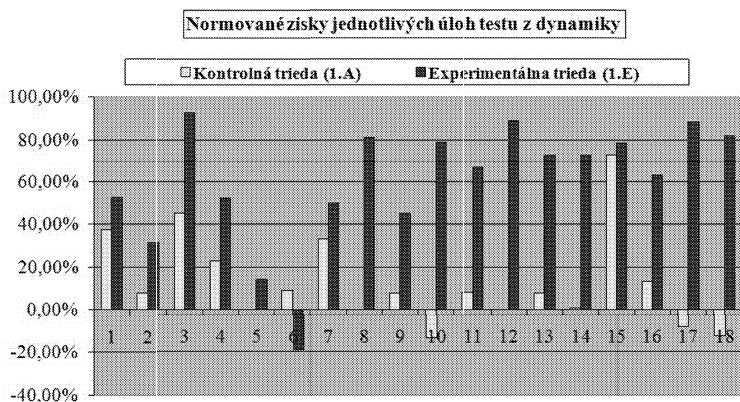


- a) Do akej výšky výtah vystúpil za prvé 2 sekundy?
 a) 2 m b) 4 m c) 8 m d) 5 m e) 30 m
- b) Akú dráhu prešiel za poslednú sekundu svojho pohybu?
 a) 6 m b) 4 m c) 5 m d) 2 m e) 1 m

Obr. 5 Úloha 13 z testu zameraného na kinematiku.

V tejto úlohe mali žiaci prisúdiť fyzikálny význam ploche pod čiarou grafu $v = v(t)$. Z výsledkov priemerných úspešností v tejto úlohe, ako aj porovnania normovaných ziskov vyplýva, že žiaci oboch tried tento fyzikálny význam plochy pod čiarou nepochopili a neosvojili si ho ako jednu z metód výpočtu dráhy. Väčšina žiakov sa snažila vypočítať veľkosť prejdenej dráhy pomocou vzorcov, napríklad $s = vt$ napriek tomu, že z grafu je jasné, že teleso nekoná rovnomerný pohyb.

Na obr. 6 uvádzame porovnanie normovaných ziskov v jednotlivých úlohách testu z dynamiky. Z diagramu vidieť, že vo výstupnom teste žiaci experimentálnej triedy dosiahli výrazne vyššie normované zisky v 16 úlohách z celkového počtu 18 úloh, pričom ani v jednej úlohe kontrolná ako aj experimentálna trieda nedosiahli normovaný zisk 100 %. V úlohe 5 dosiahla experimentálna trieda len minimálne zlepšenie a dokonca v úlohe 6 dosiahla záporný normovaný zisk. V tejto úlohe boli úspešnejší žiaci kontrolnej triedy.



Obr. 6 Diagram normovaných ziskov kontrolnej a experimentálnej triedy z dynamiky

V problematických úlohách 5 a 6 (ďalej uvádzame úlohy 4, 5, 6) mali žiaci určiť výslednú silu pôsobiacu na škatuľu a uplatniť 2. Newtonov pohybový zákon – určiť druh pohybu telesa vplyvom konštantnej nenulovej pôsobiacej sily na teleso. Žiaci oboch tried si vyberali v 5. úlohe väčšinou možnosť a) rovnomerný pohyb s dvojnásobnou rýchlosťou a v 6. úlohe možnosť a) – okamžité zastavenie telesa. Dá sa teda usudzovať, že pri riešení úloh existenciu zotrvačnosti a trecej sily neuvažovali. Napriek našej

snahe im teda zostal „aristotelovský pohľad“ na situáciu a ani vyučovaním ho väčšina nenahradila „newtonovským pohľadom“.

Úlohy 4, 5 a 6 testu zameraného na dynamiku

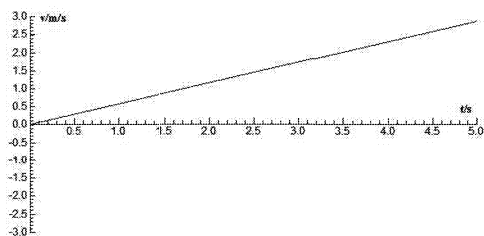
Peter tlačí veľkú škatuľu konštantnou rýchlosťou vo vodorovnom smere (trenie nezanedbávame).

4. Najprv tlačí škatuľu po vodorovnej podlahe konštantnou rýchlosťou v_0 . Konštantná vodorovná sila:
 - a) má rovnakú veľkosť ako je veľkosť kolmej tlakovej sily, ktorou pôsobí škatuľa na podložku,
 - b) je väčšia než veľkosť kolmej tlakovej sily, ktorou pôsobí škatuľa na podložku,
 - c) má rovnakú veľkosť ako výsledná sila brzdiaca pohyb škatule (trecia a odporová sila),
 - d) je väčšia než výsledná sila brzdiaca pohyb škatule (trecia a odporová sila),
 - e) je väčšia aj ako kolmá tlaková sila od škatule na podložku, aj ako výsledná sila brzdiaca pohyb škatule (trecia a odporová sila).
5. Peter tlačí veľkú škatuľu *konštantnou silou vo vodorovnom smere*. Potom Peter *zdvojnásobí* konštantnú vodorovnú silu, ktorou tlačí škatuľu a škatuľa sa *začne pohybovať*.
 - a) konštantnou rýchlosťou, ktorá je dvojnásobkom rýchlosti v_0 (z predchádzajúcej úlohy),
 - b) konštantnou rýchlosťou väčšou ako v_0 , ktorá ale nemusí byť nutne dvakrát väčšou,
 - c) na chvíľu rýchlosťou, ktorá je konštantná a väčšia ako v_0 a potom sa rýchlosť škatule bude zväčšovať,
 - d) na chvíľu rastúcou rýchlosťou, potom konštantnou rýchlosťou,
 - e) s plynule narastajúcou rýchlosťou.
6. Ak Peter *náhle prestane tlačiť* škatuľu, potom škatuľa:
 - a) sa ihneď zastaví,
 - b) na chvíľu bude pokračovať v pohybe konštantnou rýchlosťou a potom sa postupne zastaví,
 - c) ihneď začne spomaľovať,
 - d) bude pokračovať v pohybe konštantnou rýchlosťou,

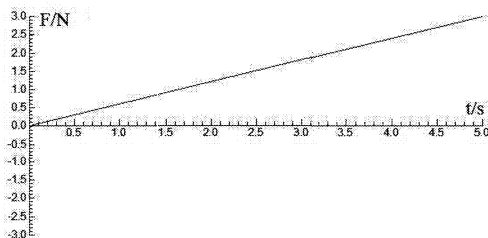
- e) na chvíľu bude zvyšovať svoju rýchlosť a potom začne spomaľovať a zastaví sa.

Podobný Aristotelovský pohľad preukázali žiaci kontrolnej triedy aj v úlohách 10, 17, 18, v ktorých dokonca dosiahli záporné normované zisky (na obr. 7 je na ilustráciu uvedená úloha 10).

10. Vozíček sa pohyboval v smere kladnej osi x . Graf závislosti rýchlosti od času pre jeho pohyb vyzerá nasledovne:



Žiaci mali z ponuky grafov závislosti sily od času $F = F(t)$ vybrať správnu možnosť. Väčšina si vybrala z piatich možností možnosť na obrázku vpravo.



Obr. 7 Úloha 10 testu zameraného na dynamiku

Záver

Počas dvoch rokov práce na tomto pedagogickom experimente sme vypracovali pracovné listy, metodické návody, testy, návrhy na domáce zadania pre žiakov. Všetky tieto materiály sme koncipovali s cieľom zmeniť spôsob vyučovania na vyučovanie s dôrazom na samostatnú experimentálnu činnosť žiakov a aktívne žiacke bádanie. Výsledky pedagogického výskumu potvrdili vyššiu úroveň konceptuálneho pochopenia pohybov pri použití metódy založenej na samostatnej experimentálnej činnosti s podporou prostriedkov PPL a taktiež ohlasy zo strany žiakov boli z veľkej miery pozitívne. Tieto výsledky nás naplňujú optimizmom a vedú k presvedčeniu,

že pravidelné používanie metód založených na samostatnej aktívnej žiakej činnosti pri objavovaní ale aj overovaní zákonov a zákonitostí prinesie žiakom hlbšie pochopenie ako aj pozitívne zážitky a postoje k prírodným vedám. Prezentované výsledky a vytvorené materiály tak môžu slúžiť ako inšpirácia a pomôcka aj pre ďalších učiteľov, ktorí by chceli postupovať pri vyučovaní pohybov podobným spôsobom [13].

Literatúra

- [1] Štátny vzdelávací program pre gymnáziá v Slovenskej republike, ISCED 3A – Vyššie sekundárne vzdelávanie. 30. 6. 2008. [online]. [cit. 2009–12–27]. Dostupné na: <http://www.statpedu.sk/documents/16/vzdelavacie_programy/statny_vzdelavaci_program/isced3a-jun30.pdf>
- [2] Koubek, V. – Lapitková, V. – Demkanin, P.: Fyzika pre 1. ročník gymnázia. 1. vyd. Bratislava: 2009. ISBN 978–80–89431–00–7
- [3] Sokoloff, D. R. – Thornton, R., K. – Laws P., W.: RealTime Physics. Active Learning Laboratories. USA: 2004.
- [4] Sokoloff, d. R. – Laws, P. W. – Thornton, R. K.: RealTime Physics. Active learning labs transforming the introductory laboratory, Eur. J. Phys. 28, 2007, 83 – 94.
- [5] Thornton, R., K. – Sokoloff, D.: Learning motion concepts using real – time micro-computer – based laboratory tools. In: Am. J. Phys. 58 (9), September 1990.
- [6] Roschelle, J. M. – Pea, R. D. – Hoadley, CH. M. – Gordin, D. N. – Means, B. M.: Changing How and What Children Learn in School with Computer Technologies, The Future of Children and computer technology. In: Vol. 10. No. 2 –Fall/Winter, 2000.
- [7] Ješková, Z.: Počítačom podporované experimenty z termiky a termodynamiky v prostredí IP COACH. Košice: 2004. ISBN 80–7097–582–2
- [8] Ješková, Z. – Konkolová, M.: Study of the efficacy of MBL activities in physics teaching in Slovakia, Obzory matematiky, fyziky a informatiky, roč. 38, č.3 (2009), ISSN 1335–4981, s. 33–42.
- [9] Demkanin, P. – Holá, K. – Koubek, V.: Počítačom podporované prírodovedné laboratórium; 1. vyd. Bratislava: Knižničné a edičné centrum FMFI UK, 2006.
- [10] Systém COACH, dostupné na: <<http://cma-science.nl/english/>>
- [11] Hake, R. – Halloun, I. – Mosca, E.: Ref.: Phys. Teach. 30 (3), 141–158 (1992).
- [12] Kubíková, E.: Počítačom podporované vyučovanie kinematiky na gymnáziu. Košice: 2004. Rigorózná práca.
- [13] Web stránka projektu KEGA Interaktívne počítačom podporované aktivity ako prostriedok rozvoja kľúčových a predmetových kompetencií žiakov stredných škôl a ich implementácia do vyučovania fyziky. Dostupné na: <<http://physedu.science.upjs.sk/>>