

O tvorivom hľadaní hmotnosti (ne)obyčajnej plastovej guľôčky

LUKÁŠ BARTOŠOVIČ – KLÁRA VELMOVSKÁ

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava, Slovensko

Pojem tvorivosť sa v spojitosti s vyučovaním fyziky na Slovensku vo veľkej miere spája s menami *J. Pišút, I. Volf, M. Jurčová, J. Dohňanská* a s ich publikáciami, ktoré vznikali na konci minulého storočia. Ani dnes sa však na tento pojem nezabúda. Podľa Štátneho vzdelávacieho programu sa vyžaduje pri vyučovaní fyziky na základnej škole a gymnáziu u žiaka rozvoj kompetencií v oblasti tvorivého myslenia a aby bol žiak schopný tvorivo uplatniť výsledky poznávacej zložky vyučovania [1], [2]. „Tvorivé uplatnenie vedomostí žiaka sa v úlohách môže vyskytnúť tak v rovine riešenia problému ako aj v návrhu postupu riešenia.“ [3, s. 48]

V bežnom ponímaní sa pojem tvorivosť používa v širších súvislostiach. Tvorivým sa pomenúva i človek, ktorý vytvára materiálne hodnoty s absenciou skutočne tvorivého procesu. „Dôležité je uvedomiť si, že byť tvorivým neznamená byť iba schopným nachádzať nové riešenia alebo nápady. Tvorivosť vyžaduje okrem tejto schopnosti aj ďalšie vlastnosti – osobnostné, motivačné, postojoyé, atď. Bez vôle, nadšenia, záujmu a vytrvalosti nemožno produkovať nové myšlienky, podnety, objavy, ani dosahovať inovácie či zlepšenia.“ [4, s. 12]

Tvorivosť ako proces

Fázy tvorivého procesu opísal *Wallace* v roku 1926 na základe introspektívnych výpovedí (opisu prežívania vlastného procesu tvorby) významných prírodovedcov (pozri [5, s. 24], [6, s. 68]).

1. **príprava** (preparácia) – je to fáza oboznamovania sa s problémom, alebo s istým duševným podnetom, jeho vymedzenia a jednoznačného definovania – uvedomenie si problému a hľadanie prostriedkov na jeho vyriešenie. Ide o vedomú prácu na úlohe. Existujú jasné dôkazy o tom, že dokonca najtalentovanejší skladatelia a maliari (napr. Mozart a van Gogh) sa dlho pripravovali na prácu, v ktorej sa preslá-

vili. *Szobiová* [5, s. 25] dokonca uvádza, že z vyše 500 prác hudobných skladateľov boli len 3 skomponované pred 10. rokom skladateľovej hudobnej kariéry (v 8. a 9. roku).

2. **inkubácia** – tlenie, v tejto fáze je mozog zdanlivo v pokoji, ale v skutočnosti sa v podvedomí skúmajú všetky možnosti – je v nej nevedomene dosiahnutý pokrok a vynára sa možné riešenie. Dôležitou pomôckou v tejto fáze je trpezlivosť.
3. **iluminácia** – osvietenie, heuristický moment, mozog vyprodukuje myšlienku, ktorá môže zásadne vyriešiť problém, alebo aspoň vysvetliť, ako treba v ďalšom rozmyšľaní pokračovať. Často sa metaforicky označuje ako „rozsvietenie žiarovky“. Niekedy toto vysvetlenie prichádza náhle, napr. keď človeku uprostred noci napadne myšlienka, na ktorú čakal celé týždne. Vyznačuje sa uvoľnením stavu napätia riešiteľa a považuje sa za vrchol kreatívneho procesu.
4. **verifikácia** – kritické preskúmanie, zhodnotenie nápadu, riešenia, výsledku, pričom dôkaz o správne vyriešenom probléme je silným motivačným činiteľom na ďalšiu činnosť. Ak sa nápad ukáže nerealizovateľným, tak sa tvorca bude vracieť do inkubačnej alebo až do prípravnej fázy.

Pôvodne vymedzené 4 základné štádiá procesu tvorby možno rozdeliť pri riešení problémov na detailnejšie kroky, prvky. Ich vymedzenie je podkladom pre rôzne metodické postupy, techniky optimálneho spôsobu práce pri riešení problémov, pre tvorbu programov, na rozvíjanie schopností alebo stratégií riešenia problémov.

Z postupov, ktoré uvádzajú *Clark* [7], *Taylor* [8] a i., sú v [9, s. 21] ako základné zhrnuté tieto:

- I. pozorovanie prostredia, zaujímanie kritického postoja k nemu a identifikovanie problémov (orientačno-hľadacia fáza);
- II. definovanie, výber problému, uvedomenie si ťažkostí, prekážok, čo je známe, čo treba zistiť a zároveň, čo možno od riešenia očakávať, aký by mal byť konečný výsledok, vyvíjanie kritérií na prijatie alebo zamietnutie riešenia;
- III. získavanie, hľadanie faktov, práca s vedomosťami, ich získavanie, organizovanie – štúdium literatúry, vyšetrovanie, rozhovory, experimentovanie, triedenie faktov, záznamy spracovania;
- IV. zhrňanie, relaxovanie, odpútanie sa od riešeného problému, nevedomená práca na ňom;

- V. hľadanie, tvorba nápadov, hypotéz, tvorba alternatívnych riešení;
- VI. výber najlepšieho riešenia, optimálneho variantu na základe kritického zhodnotenia, objektívneho preskúmania alebo vypracovania nápadov;
- VII. realizácia, akceptovanie, prijatie riešenia – jeho prenos do činnosti, fungovania, praxe, do reality;
- VIII. zhodnotenie, kontrola, porovnanie výstupu s postavenými cieľmi. Na ich základe zlepšenie, dotiahnutie riešenia alebo návrat do počítačových fáz (ak sa nedosiahla očakávaná zhoda s cieľom alebo dôležitými kritériami).

Tvorivý prístup k určeniu hmotnosti guľôčky

Sledujúc vyššie uvedené fázy tvorivého procesu si môžeme všimnúť, že pokiaľ žiaci realizujú experimenty v školskom laboratóriu a ich činnosť je zmysluplná, postupujú podľa vyššie uvedených krokov a pri vhodne zvolenom experimentálnom probléme môžeme dosiahnuť rozvoj ich tvorivosti. Ako vhodne naformulovať tvorivý experimentálny problém? Podľa *Jurčovej* [6, s. 21] je určujúcim znakom tvorivosti a tvorivého produktu novosť. Táto má vo fyzike rôzne formy – môže byť obsiahnutá v nápade, myšlienke, či keď sa novým pohľadom pozrieme na známy jav. Novosť sa skrýva aj v postupoch riešenia, ak vymyslíme novú metódu, použijeme nový princíp alebo vymyslíme experiment. Vieme ju nájsť i v podrobnostiach experimentu, v originálnom pohľade na jeho výsledky a tiež v novej praktickej aplikácii fyzikálnych poznatkov.

Vráťme sa k problému nastolenému v nadpise – ako tvorivo určiť hmotnosť guľôčky? Upriamujeme pozornosť čitateľov na slovo „určiť“ – guľôčku nebudeme vážiť, inými slovami, jej hmotnosť zistíme nepriamo. Potom môžeme prvotnú formuláciu problému štylizovať nasledovne: „Navrhňte a zrealizujte meranie, vďaka ktorému určíte hmotnosť malej plastovej guľôčky bez toho, že by ste ju vážili alebo použili zariadenie podobné váham.“ Teraz môže nasledovať úvodná diskusia, v ktorej žiakov vyzveme, aby navrhli, ktorú fyzikálnu veličinu by sme mali merať a ako pomocou získaného údaju určíme hmotnosť. Očakávanou a najčastejšou odpoveďou bude zrejme „sila“ – tiažová (meranie hmotnosti pomocou silomeru), vztlaková (žiaci využijú Archimedov zákon) či sila napínajúca lanko, na ktorom je upevnená guľôčka konajúca pohyb po kružnici. Možno si niekto spomenie na hustotu a opäť cez Archimedov zákon určí jej hodnotu pre guľôčku čiastočne ponorenú do kvapaliny so známou hustotou.

Predpokladáme, že asi nikomu nenapadne veličina s názvom „rýchlosť“. A práve na tú zameriame nasledujúce riadky, v ktorých ukážeme, ako môžeme určiť hmotnosť guľôčky pomocou merania jej rýchlosti. Natíska sa otázka, ako naša skúmaná guľôčka získa rýchlosť. Tú jej udelíme prostredníctvom netradičnej fyzikálnej pomôcky – guľôčku rozhybe je hračkárska vzduchová pištoľ. Pištoľ, často nazývaná prívlastkom airsoftová, využíva energiu stlačeného plynu (obyčajne vzduchu) na vystrelenie malej plastovej guľôčky z hlavne. Dosiahnuteľné rýchlosti výstrelu sú pomerne malé a guľôčka je ľahká, z čoho pre dané zariadenie vyplýva relatívne vysoká úroveň bezpečnosti (kinetická energia z intervalu 0,25 až 0,50 joule). Airsoftovými pištoľami sa po technickej aj metodologickej stránke bližšie zaoberáme v našom článku [10]. Čo s rýchlosťou? Meranie je možné realizovať rôznymi spôsobmi – balistické kyvadlo, rotujúce kotúče, zákon zachovania hybnosti (pozri napríklad [11]) a taktiež na elektronickej báze. Takýto spôsob sme využili aj my pri návrhu opisovaného merania. Z elektronických metód merania rýchlosti sa najčastejšie využíva prístroj chronometer, dvojica optických brán a taktiež digitálny fotoaparát [12]. Všetky pracujú na rovnakom princípe – meriame pri nich časový rozdiel medzi dvoma polohami letiacej guľôčky. V prípade chronometra je vzdialenosť polôh guľôčky určená konštrukciou prístroja, pri optických bránach si vzdialenosť definujeme umiestnením optických brán a pri meraní s fotoaparátom sú polohy dané stopou guľôčky na skúmanej snímke videozáznamu. Viac o meraní rýchlosti je možné nájsť v už spomínanom článku [10].

Na laboratórnom cvičení zadáme žiakom úlohu: „Navrhnete a zrealizujete meranie hmotnosti malej plastovej guľôčky, ktorú vystrelíte z hračkárskej pištole. Kľúčovou pomôckou bude pištoľ a guľôčku nesmiete vážiť.“ Od žiakov sa vyžaduje, aby samostatne vymysleli meraciu metódu, kde za pomoci airsoftovej pištole a niekoľkých ďalších pomôcok získajú žiadaný údaj. Keďže po tomto meraní budeme chcieť získanú hodnotu hmotnosti overiť (napríklad vážením na presných digitálnych váhach), môžeme tiež od žiakov požadovať, aby metódu merania navrhli tak, že guľôčku nezničia a ani nestratia.

Určenie hmotnosti guľôčky z jej rýchlosti

Možností riešenia problémovej úlohy je niekoľko, my sme prakticky odskúšali nasledovné:

1. Na obale (alebo v návode) airsoftovej pištole sa spravidla nachádza údaj o kinetickej energii, ktorou pištoľ dokáže vystreľovať guľôčky na-

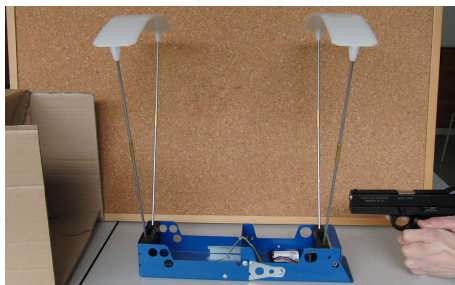
bité do zásobníka. Pokiaľ pomocou zariadenia na meranie rýchlosti určíme rýchlosť guľôčky opúšťajúcej hlavň pištole, ostáva už len využiť vzťah pre kinetickú energiu, z ktorého dostaneme hľadanú hodnotu hmotnosti.

2. K pištoľi sú veľmi často pribalené aj guľôčky, ktoré umožňujú odskúšať hračku bez toho, že by sme museli kupovať samostatné balenie „streliva“. Tieto testovacie guľôčky majú v drvivej väčšine prípadov hmotnosť 0,12 gramu a tiež platí, že je spolu s ďalšími parametrami uvedená na balení. Meranie uskutočníme v dvoch krokoch – v prvom do pištole nabijeme testovaciu guľôčku. Z jej hmotnosti a rýchlosti určíme kinetickú energiu, ktorú dokáže pištoľ udeliť ľubovoľnej guľôčke. Druhý krok je už samotné meranie hmotnosti skúmanej guľôčky, ktoré realizujeme ako v predchádzajúcom bode.

3. Nepoznáme hmotnosť skúmanej guľôčky a nemáme ani žiadnu referenčnú. Využijeme vedomosť o vplyve parametrov guľôčky na odporovú silu, ktorá brzdí jej let. Odporovú silu merať nevieme, vieme však merať rýchlosť guľôčky v rôznych bodoch jej trajektórie. Meranie pozostáva z dvoch fáz – v prvej, reálnej, vystrelíme guľôčku z pištole a zistíme jej rýchlosť tesne po opustení hlavne a napríklad 3 metre od bodu výstrelu. Druhá fáza, virtuálna, je založená na práci s apletom [13, s. 15]. Aplet sme si vybrali preto, že umožňuje poľahky skúmať modelový jav v rôznych situáciách – s rôznymi kombináciami hodnôt parametrov ovplyvňujúcich správanie objektu, na ktorom jav pozorujeme [14, s. 37]. Na internete je možné nájsť niekoľko vhodných apletov, napríklad na stránke jedného z autorov <http://goo.gl/20XCWY>. V našom prípade si v aplete nastavíme vodorovný vrh s rovnakými parametrami ako v reálnej fáze merania. Postupne meníme hmotnosť simulovanej guľôčky a v okamihu, keď sa nám podarí stotožniť virtuálnu a reálnu trajektóriu, máme hľadanú hmotnosť.

Pristavme sa ešte na moment pri meracej aparatúre. Tá je pre všetky možnosti v princípe rovnaká, keďže určujeme rýchlosť pomocou merania časového rozdielu pre dva presne definované meracie body. V prípade chronometra (obr. 1) je vhodné umiestniť ho čím bližšie k oknu alebo rovnomerne osvetlenému miestu.

Hračkársku pištoľ oprieme spodkom zásobníka o stôl a pevne uchopíme. Výstrel sa snažíme uskutočňovať ako vodorovný vrh, inak by dochádzalo k skresleniu výsledkov (prejdená dráha by bola väčšia). Ak budeme merať pomocou optických brán (obr. 2), snažíme sa ich umiestniť čo najďalej od seba (postačuje pol metra).



Obr. 1 Meranie rýchlosti guľôčky pomocou chronometra



Obr. 2 a 3 Meranie rýchlosti guľôčky pomocou optických brán

Pistoľ je nevyhnutné uchytiť čo najstabilnejšie, keďže pri meraní musí guľôčka prerušiť dva veľmi úzke svetelné lúče. Môžeme si však pomôcť tak, že na otvor, z ktorého vychádza lúč umiestnime malý kúsok papiera (obr. 3), ktorý guľôčka zhrdí a tým dosiahneme požadovanú zmenu stavu svetelného lúča. Nameraná hodnota rýchlosti však bude o pár percent menšia, časť kinetickej energie guľôčky sa totiž spotrebuje pri náraze na kúsok papiera. V oboch prípadoch za meraciu aparatúru umiestnime „lapač brokov“ (nám sa osvedčila kartónová škatuľa vyplnená pokrčeným novinovým papierom a igelitovou fóliou). Zvýšime tým bezpečnosť merania a tiež zabezpečíme, že sa guľôčky pri meraní nestratia a budeme môcť overiť nami určenú hmotnosť pomocou digitálnych váh.

Od nápadu až po hodnotu hmotnosti

I. pozorovanie – žiak má k dispozícii bežné vybavenie školského fyzikálneho laboratória, hračkársku pistoľ, rozličné plastové guľôčky určené do tejto pistole, zariadenie na meranie rýchlosti a počítač s apletom. Žiak už vie, že hmotnosť nebude môcť určiť pomocou váh a tak uvažuje, ako

„premeniť“ rýchlosť na hmotnosť. Premýšľa, ako vhodne zostaviť meraciu aparatúru. V tejto fáze sa žiak môže oboznámiť s používaním jednotlivých súčastí meracej zostavy – hlavne s hračkárskou pištoľou, chronometrom (alebo optickými bránami) a s apletom.

II. definovanie, výber problému – teraz by sa žiak mal zamerať na to, ako s danými pomôckami určí hmotnosť guľôčky. Uvažuje o rôznych fyzikálnych vzťahoch, kde vystupujú rýchlosť a hmotnosť. Zamýšľa sa nad rôznymi premennými, ktoré vystupujú v meraní a z nich sa snaží určiť tie podstatné (priemer a hmotnosť guľôčky, tvarový koeficient pre guľu, rýchlosť výstrelu, technické parametre pištole). Z týchto pozná všetko, až na hmotnosť guľôčky. Odhaduje výsledok, vie, že guľôčka je vyrobená z nejakého plastu, ktorého hustota sa pohybuje medzi $1\,000\text{--}3\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a uvažujúc priemer 6 mm, guľôčka by mohla vážiť 0,10 až 0,35 gramu.

III. získavanie, hľadanie faktov – po viac-menej teoretickej fáze hľadania hmotnosti sa žiak posúva k príprave na samotné meranie. Už vie, že využije vzťahy ako napríklad

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2, \quad p = mv$$

či

$$F_o = \frac{1}{2}CS\rho v^2, \quad p = mv \quad \left(\text{kde uplatní aj } a_o = \frac{F_o}{m} \right).$$

Preštudoval si údaje na obale (alebo v návode) z hračkárskej pištole a pokiaľ medzi nimi našiel kinetickú energiu, už vie, že využije vzťah pre E_k , z ktorého po nameraní rýchlosti poľahky určí hmotnosť. Ak údajom o energii pištole nedisponuje, zamýšľa sa nad tým, ako počítať so vzťahom pre odporovú silu. Tu ho môžeme zľahka usmerniť k využitiu apletu. Žiak vykoná orientačné merania rýchlosti s vybraným/dostupným prístrojom. Vynára sa možné riešenie.

IV. zhrňanie, relaxovanie – tu by do hry mohol aktívnejšie vstúpiť učiteľ, ktorý žiakov na istý čas odpúta od riešenia problému a zatiaľ sa budú zaoberať napríklad fyzikálnym princípom fungovania vzduchovej pištole a taktiež sa môžu bližšie pozrieť na rôzne spôsoby merania rýchlosti letiacej guľôčky. Zamýšľajú sa nad pozitívami aj negatívami diskutovaných metód.

V. hľadanie, tvorba nápadov – v tejto fáze žiak skúma navrhnuté teoretické riešenia, zisťuje, nakoľko praktický či realizovateľný je jeho spôsob merania a identifikuje rôzne problémy, ktoré by mohli spôsobiť zavrhnutie

zvolenej meracej metódy. Pokiaľ má žiak k dispozícii chronometer, optické brány a tiež digitálny fotoaparát, v tomto kroku sa najskôr prikloní k meraniu s chronometrom (je veľmi rýchle a určenie rýchlosti je priame).

VI. výber najlepšieho riešenia – žiak sa po zvážení všetkých faktorov a po vykonaní počiatkových meraní rozhodne, ktorá z preskúmaných možností ho privedie k žiadanému výsledku. Pokiaľ má k dispozícii údaj o kinetickej energii pištole, meranie s referenčnou guľôčkou či apletom jednoznačne zaradí medzi záložné riešenia. Zrejme dôjde aj k vysloveniu názoru, že dané meranie je vhodné zopakovať pre rôzne guľôčky, aby sme zistili, či je stanovený postup všeobecný, alebo je použiteľný len na jednu konkrétnu hmotnosť (či obmedzený rozsah hmotností). Napríklad pre metódu referenčnej guľôčky dospeje kritickou úvahou k zisteniu, že sa nehodí na odlišenie guľôčok s málo odlišnými hmotnosťami (0,23 g a 0,25 g). Alebo ak by sa dal cestou videomerania, pri výkonnejšej pištoľi príde na to, že pre ľahkú guľôčku je rýchlosť značne vysoká, čo pri zázname jej pohybu spôsobí problémy pri určení dĺžky stopy – môže byť dlhšia, než je šírka záberu fotoaparátu.

VII. realizácia, akceptovanie, prijatie riešenia – pri testovaní opísanej tvorivej úlohy sme sa na chvíľu vžili do úlohy žiaka a vybrali si možnosť merania s apletom (na základe vplyvu hmotnosti guľôčky na odpor prostredia). Meranie rýchlosti uskutočnime pomocou chronometra. Využijeme airsoftovú pištoľ Smith & Wesson SIGMA 40F, ktorá sa pri ideálnych podmienkach pohybuje vo výkonnostnom spektre 1 až 1,3 joule. V laboratóriu bola teplota 20 °C a pre každú guľôčku sme vykonali 10 výstrelov – postupne 5 dvojcí „výstrel tesne pri chronometri – výstrel 3 m od chronometra“, medzi ktorými sme ponechali pauzu asi pol minúty (aby sa ustálil tlak plynu v zásobníku). Získané údaje sme následne spriemerovali. V tabuľke (tab. 1) uvádzame namerané hodnoty pre 4 rôzne neznáme guľôčky. Poznámka na okraj: hmotnosti 6 mm airsoftových guľôčok sú štandardizované a tvoria nasledovný číselný rad – 0,12 g, 0,15 g, 0,20 g, 0,25 g, 0,30 g, 0,35 g, 0,40 g (s tým, že ojedinele sa vyskytujú aj hmotnosti ako napríklad 0,23 g či 0,28 g).

	guľôčka 1	guľôčka 2	guľôčka 3	guľôčka 4
v_{0m} (m/s)	92,3	107,0	100,7	129,1
v_{3m} (m/s)	86,1	95,5	92,0	107,0

Tab. 1 Velkosti rýchlosti pre rôzne guľôčky v dvoch bodoch trajektórie

Z reálnej fázy merania sa presúvame na virtuálnu – použijeme aplet, ktorý umožňuje modelovať vodorovný vrh guľôčky s určitým priemerom a hmotnosťou pri započítaní odporu prostredia. Vyberme si napríklad guľôčku č. 3 – v aplete nastavíme $x_0 = 0$ m (počiatočná x -ová súradnica), $y_0 = 2$ m (počiatočná y -ová súradnica), $v_0 = 100,7$ m/s (počiatočná rýchlosť), $\alpha = 0^\circ$ (elevačný uhol), $C = 0,50$ (koeficient odporu prostredia pre guľu), $d = 6$ mm (priemer guľôčky) a $\rho = 1,2$ kg·m⁻³ (hustota vzduchu pri teplote 20 °C). Ostáva už len hmotnosť, vyskúšame 0,20 gramu. Spustíme aplet a pozrieme sa, akou rýchlosťou letela guľôčka vo vzdialenosti 3 metre od bodu výstrelu. Pre vyššie uvedené parametre by sme dostali hodnotu približne 89 m/s. Vyskúšajme ešte 0,15 gramu a 0,25 gramu – tu dostávame pre ľahšiu guľôčku 85 m/s a pre ťažšiu 91 m/s. Z troch hodnôt je najbližšie k nameranému apletom určená hodnota rýchlosti pre 0,25 gramovú guľôčku. Výsledkom nášho merania je – skúmaná airsoftová guľôčka má hmotnosť 0,25 gramu. Podobne by sme mohli preskúmať let zvyšných troch guľôčok a dostali by sme: 0,30 gramu (prvá), 0,20 gramu (druhá) a 0,12 gramu (štvrtá).

VIII. zhodnotenie a kontrola – na záver riešenia problémovej úlohy nám ostáva už len konfrontovať namerané hodnoty s realitou. Tu môžeme využiť buď presné laboratórne digitálne váhy, prípadne ak nám bola hodnota hmotnosti guľôčky známa (býva napísaná na balení), porovnáme získané výsledky s ňou. V našom prípade výsledky súhlasia s realitou, aj keď by sa dalo polemizovať o miere idealizácie zakomponovanej v použítom aplete či o presnosti merania rýchlosti chronometrom. Pre ďalšie využitie testovanej metódy by bolo vhodné aplet „kalibrovat“, keďže súčiniteľ odporu prostredia nemusí byť pre každú guľôčku rovný 0,50. Výsledky taktiež ovplyvňuje použitá airsoftová pištoľ, pri meraní sme mlčky predpokladali, že pre danú hmotnosť guľôčky je rýchlosť výstrelu konštantná (čo nie je tak celkom pravda, pozri [10]).

V článku sme sa zaoberali experimentálnou tvorivou problémovou úlohou s vopred určenými pomôckami, pri riešení ktorej žiaci najprv navrhnu a neskôr aj zrealizujú meranie hmotnosti malej plastovej guľôčky. Pri meraní využívajú prístroj na určovanie rýchlosti letiaceho projektilu a hračkársku vzduchovú pištoľ. Opísali sme niekoľko možností takéhoto merania, priblížili sme tiež vybrané spôsoby určovania rýchlosti letiacej guľôčky. Zamysleli sme sa nad fyzikálnymi princípmi, na ktorých sú založené jednotlivé fázy zisťovania hmotnosti. Zhodnotili sme klady a zápory vybraných postupov, ktoré umožňujú pomerne presne získať hodnotu hmotnosti drob-

ného telesa bez použitia laboratórnych digitálnych váh. Úloha umožňuje rozvíjať tvorivosť žiakov na rôznych stupňoch – nielen v rovine návrhu, ale aj na úrovni realizácie i pri zhodnotení využitých metód a získaných výsledkov dosiahneme fázu verifikácie. Skúsenosť s takýmto meraním môže byť pre niektorých zo žiakov užitočná aj v praxi. Pokiaľ sa venujú voľnočasovej aktivite s názvom „airsoft“, znalosť fyzikálnych princípov fungovania vzduchovej zbrane ocenia pri rozhodovaní sa pred kúpou a aj pri riešení nejednej poruchy.

Podakovanie

Príspevok vznikol s podporou projektu KEGA 130UK-4/2013 *Podpora kvality vyučovania tvorbou materiálov prepojených na učebnice fyziky*.

Literatura

- [1] *ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav): Štátny vzdelávací program – fyzika. Príloha ISCED 2.* [online]. Bratislava, 2009 [cit. 25-02-2015]. Dostupné na <http://goo.gl/03Avn>.
- [2] *ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav): Štátny vzdelávací program – fyzika. Príloha ISCED 3A.* [online]. Bratislava, 2009 [cit. 25-02-2015]. Dostupné na <http://goo.gl/Z1SpIR>.
- [3] *Lapitková, V. et al.: Hodnotenie žiackych výkonov v reformovaných prírodovedných programoch základnej školy.* Vydavateľstvo Michala Vaška, Prešov, 2011.
- [4] *Velmovská, K.: Rozvíjanie tvorivosti študentov gymnázií pomocou úloh. Dizertačná práca.* FMFI UK, Bratislava, 2001.
- [5] *Szobiiová, E.: Tvorivosť, od záhady k poznaniu.* STIMUL, Bratislava, 1999.
- [6] *Jurčová, M., Dohňanská, J., Pišút, J., Velmovská, K.: Didaktika fyziky – Rozvíjanie tvorivosti žiakov a študentov.* UK, Bratislava, 2001.
- [7] *Clark, J. W.: General Systems Perspective.* Journal of Creative Behaviour, roč. 11 (1977), č. 1, s. 36–46.
- [8] *Taylor, I. A.: A Transactional Approach to Creativity and its implications for Education.* Journal of Creative behaviour, roč. 5, č. 3 (1971), s. 190–198.
- [9] *Zelina, M.: Stratégie a metódy rozvoja osobnosti dieťaťa.* IRIS, Bratislava, 1996.
- [10] *Bartošovič, L.: Analýza možností tvorivého využitia airsoftovej pištole na hodinách fyziky.* In: Tvorivý učiteľ fyziky VII. Bratislava: Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2014. [v tlači].
- [11] *Jílek, M.: Rychlost výstřelu diabolky* [online]. Praha, 2006 [cit. 25-02-2015]. Dostupné na: <http://goo.gl/k2NIDS>.
- [12] *Horváth, P., Šedivý, M.: Analýza mechanického pohybu videomeraním.* In: Aktivity vo vyučovaní fyziky. Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2006, s. 69–77.
- [13] *Bartošovič, L.: Šikmý vrh na 5 spôsobov.* In: Šoltésove dni 2012 a 2013. Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2013, s. 9–17.
- [14] *Demkanin, P., Holá, K., Koubek, V.: Počítačom podporované prírodovedné laboratórium.* Knižničné a edičné centrum FMFI UK, Bratislava, 2006.