

ŠKOLSKÝ VÝSKUMNÝ PROJEKT

Marián Kireš, Mária Nováková

Oddelenie didaktiky fyziky Ústav Fyzikálnych vied PF UPJŠ v Košiciach

Abstrakt: Autori predstavujú myšlienku školského výskumného projektu, pravidlá jeho realizácie a merateľné výstupy. V príspevku je predstavená metodika školského výskumného projektu ako záujmovej aktivity smerujúcej k samostatnej vedeckej práci študentov pod vedením učiteľa fyziky. Uvedené sú námety so stručnými anotáciami vo forme zadania projektov. Výstupom projektov majú byť ukážky netradičných školských experimentov, žiackych meraní, pozorovaní, demonštrácií javov v bežnom živote a pod., ktoré bude možné následne využívať pri inovácii vyučovania fyziky na základnej alebo strednej škole. V príspevku sú predstavené námety na skúmania: prečo kolabuje plechovka, prečo sa padajúci komín láme na časti.

Kľúčové slová: vedecká gramotnosť študenta, fyzikálny experiment, objaviteľské metódy v prírodovednom vzdelávaní, školský vedecký projekt.

Úvod

V rámci ideí kurikulárnej transformácie bol otvorený široký priestor na rozvíjanie tvorivého prístupu vo vzdelávaní, deklarovala sa potreba aktívneho poznávania a ústrednou postavou vzdelávacieho procesu sa má stať žiak. V rámci výučby fyziky je potrebné klásť dôraz na aktivity, ktoré sú zamerané na činnosti vedúce ku konštrukcii nových poznatkov [1]. Z pohľadu nárokov a požadovaných výstupov práce učiteľov a študentov je vhodné za odporúčanú minimálnu úroveň považovať úlohy vymedzené v dokumente: Cieľové požiadavky na vedomosti a zručnosti maturantov z fyziky [2]. Pre potreby našej práce v oblasti školských výskumných projektov sme sa ťažiskovo zamerali na základné oblasti vedomostí a zručností, ktoré má žiak získať pomocou experimentov [2]: Žiak je schopný:

- Určiť a sformulovať úlohu.
- Jasne sformulovať hypotézu, určiť podstatné premenné, načrtnúť postup práce s použitím vhodných pomôcok, materiálu a spôsob získavania a zaznamenávania nameraných hodnôt.
- Uvádzať jednotky a odchýlky merania.
- Spracovávať a analyzovať namerané hodnoty.
- Urobiť vierohodný záver s vysvetlením; kde je to vhodné, výsledky porovnať s hodnotami v tabuľkách. Zhodnotiť postup práce (vrátane pomôcok a materiálu), jeho slabé miesta alebo chyby a navrhnúť zmeny vo všetkých oblastiach na skvalitnenie merania.
- Pracovať so širokým súborom technických pomôcok a používať ich v zmysle bezpečnostných predpisov. Dodržiavať inštrukcie.
- Pracovať v kolektíve: byť preň príspevkom, dokázať prijať prácu a nápady iného a povzbudiť ostatných k práci.
- Prístupovať k experimentom, výskumom, projektom a riešeniam problémov s motiváciou, výdržou a etickým správaním a s ohľadom na ich vplyv na životné prostredie.
- Pracovať s internetom a ďalšími prostriedkami IKT.

Iste môžeme len súhlasiť s takto vymedzenými vedomosťami a zručnosťami. Druhou stranou mince z pohľadu výučby fyziky je však drastické zníženie počtu vyučovacích hodín, nedostatočná príprava základných pedagogických dokumentov, chýbajúca príprava a systematická podpora práce učiteľov, nevyhovujúce materiálno-technické vybavenie škôl a pod.. Kde a ako má vyučujúci vytvoriť reálny priestor na získanie potrebných vedomostí a najmä zručností svojich žiakov?

Nakoľko ide o požiadavky kladené na maturantov z fyziky, možnou cestou je maximálne využitie rozsahu disponibilných hodín v 3.a 4 ročníku. Aby však vedenia škôl boli naklonené otváraniu potrebného počtu seminárov, je potrebné pre štúdium fyziky v rámci disponibilných hodín získať spravidla minimálne 12 študentov. K tejto neľahkej úlohe ponúkame systematickú pomoc vo forme zaškolenia a práce učiteľov s netradičnými školskými experimentmi, pozorovaniami, meraniami, skúmaniami a objavovaniami v rámci aktivít projektu Science on Stage Europe a Veda na scéne Slovensko.

1 Interaktívne vzdelávacie aktivity

Vychádzame zo skúseností, že pri aj napriek veľkej obľube, ktorej sa tešia školské experimenty, dostávame sa v dnešnej dobe vzhľadom k obrovskej informačnej explózii do situácie, keď už len pomerne ťažko žiakov oslovíme klasickým ("učebnicovým") experimentom. Dôvodov je viacero:

- spracovanie zadania experimentálnej úlohy je málo atraktívne, je zadané spravidla čisto fyzikálne,
- prevažuje riadené skúmanie s vopred danými pomôckami, krokmi a očakávanými výsledkami, chýba priestor pre vlastné riešenia, originálny prístup,
- rokmi sa opakujúci rovnaký problém nie je pre žiaka výzvou, jeho výsledky už boli mnohokrát spracované,
- úzko časovo ohraničené riešenie problému nevytvára u žiaka priestor pre postupnú systematickú prácu vedca.

Na motiváciu využívame v školských podmienkach neznáme fyzikálne problémy, ktoré majú z pohľadu študenta prekvapivý priebeh, výsledok alebo sú využiteľné v bežných životných situáciách. Inšpiráciou sú v rámci medzinárodných Science on Stage festivalov prezentované experimenty, ktoré boli vybrané zo širokej kolekcie nápadov. Výber motivačných experimentov však podmieňujeme možnosťou praktickej realizácie rôznych vzdelávacích aktivít:

- **interaktívnej demonštrácie**, pri ktorej je žiak aktivizovaný a formuje svoje vedomosti od prvotných predstáv smerom k fyzikálne správne chápaniu problémov,
- **objaviteľskej aktivity**, pri ktorej žiak postupne objavuje, spoznáva a chápe podstatu fyzikálnych vlastností objektov a priebehu dejov,
- **školského výskumného projektu**, pri ktorom žiak skúma relevantné faktory ovplyvňujúce fyzikálne javy, formuluje a následne overuje vlastné vedecké hypotézy a vyhodnocuje a kriticky hodnotí získané experimentálne výsledky.

2 Námety na interaktívne vzdelávacie aktivity

Pod interaktivitou vzdelávacích aktivít chápeme okamžitú spätnú väzbu pre žiaka ako odozvu na jeho uvažovanie, konanie, správne či nesprávne rozhodovanie, ktorá pozitívne koriguje jeho poznávací proces. Za cieľ si kladieme, aby:

- žiak bol pri poznávaní aktívny, podnecoval a ovplyvňoval etapy poznávacieho procesu,
- žiak mal priestor pre vlastný originálny prístup k riešeniu, bola podporovaná jeho tvorivosť, samostatnosť, zodpovednosť,

- sme u žiakov vytvárali personalizovanú vzdelávaciu potrebu,
- sa s aktivitami spájali poznávací zážitok, jedinečnosť, originalnosť,
- žiak cítil potrebu pochopiť podstatu objavovaného,
- bola dosiahnutá trvácnosť vedomostí, rozvinutie experimentálnych zručností.

Uvádzame vybrané príklady fyzikálnych problémov rozdelených a odporúčaných podľa jednotlivých kategórií interaktívnych vzdelávacích aktivít.

Interaktívna demonštrácia

Valiace sa kolesá

Pomocou troch skrutiek s maticami a dvoch CD vytvoríme koleso. Skrutky ležia na kružnici. Týmto spôsobom vytvoríme niekoľko kolies, ktoré sa od seba líšia polohou skrutiek od osi otáčania. Skúmajte spoločné a rozdielne vlastnosti kolies po ich roztočení.

Lenivý magnet

Neodýmový magnet spustíme cez neferomagnetickú vodivú rúrku a pozorujeme jeho pohyb. Rúrku s padajúcim magnetom položíme na váhy. Vysvetlite svoje pozorovanie. Ozrejmite vplyv relevantných faktorov na rýchlosť magnetu padajúceho v rúrke.

Zubná kefka

Jeden koniec gumeného vlákna upevníme na elektrickú zubnú kefku, druhý koniec na stojan. Zapneme zubnú kefku, ktorá vibruje s určitou frekvenciou. Vysvetlite vznik stojatého vlnenia a určte rýchlosť šírenia v gumenom vlákne.

Objaviteľská aktivita

Archimedove váhy

Do nádoby s vodou vložíme predmet, príp. ďalšiu nádobu. Obe nádoby musia mať vyznačenú stupnicu. Porovnajme objem vytlačenej kvapaliny s hmotnosťou plávajúceho predmetu. Skúmajme objem vytlačenej kvapaliny pridávaním predmetov známych i neznámych hmotností. Do vnútornej nádoby nalejte kvapalinu (rôznu od vody) a zistite jej hustotu.

Váženie vzduchu

Do vzduchotesne uzavretej nádoby stáleho tvaru dofukujeme známe množstvo vzduchu. Hmotnosť rovnomerne dofukovanej nádoby zaznamenávame do grafu. Navrhnite spôsob zistenia objemu dofukovaného vzduchu. Porovnajme vplyv rozmerov nádoby a materiálu, z ktorého je nádoba vyrobená na presnosť merania.

Mariottova nádoba

Mariottova nádoba slúži na udržanie stálej výtokovej rýchlosti kvapaliny. Horný otvor nádoby s vodou uzavrieme gumenou rukavicou tak, aby prsty smerovali k hladine vody. Pozorujte a vysvetlite správanie gumenej rukavice počas vytekania kvapaliny z bočného otvoru nádoby. Ozrejmite výšku h , ktorá má vplyv na výtokovú rýchlosť kvapaliny.

Školský výskumný projekt

Archimedova skrutka

Na vytvorenie Archimedovej skrutky potrebujeme valec, okolo ktorého pravidelne omotáme hadičku. Takto pripravenú Archimedovu skrutku vložíme do nádržky s vodou. Točením valca naberať do hadičky vodu. Týmto spôsobom sa snažíme prečerpať vodu z nádržky do vyššie položenej nádoby. Ozrejmite vplyv relevantných parametrov na objem prečerpanej vody.

Magnetické delo

Rad rovnakých ocelových guľôčok ležiacich v nemagnetickom kanáliku obsahuje silný magnet. Ak ďalšia ocelová guľôčka narazí do poslednej guľôčky v rade, guľôčka na opačnej strane sa prekvapujúco rýchlo rozbehne. Optimalizujte pozíciu magnetu medzi guľôčkami tak, aby ste dosiahli čo najväčší efekt.

Kapilarita

A zasunieme veľmi tenkú rúrku (kapiláru) do kvapaliny, pozorujeme, že hladina kvapaliny v rúrke sa dvíha až sa ustáli na vyššej úrovni ako je hladina kvapaliny v nádobe. Vyšetrite pohyb hladiny kvapaliny v tenkej rúrke. Opíšte dynamiku a kinematiku pohybu kvapaliny v kapiláre a zhodnoťte ho z energetického hľadiska.

3 Aké sú naše očakávania od realizácie školských výskumných projektov

Ako z odborného, tak didaktického hľadiska patrí školský výskumný projekt k najnáročnejším interaktívnym vzdelávacím aktivitám. Jeho realizáciu spravidla s malou skupinou žiakov učiteľ len usmerňuje, odborne koriguje a technicky zabezpečuje. Skupinová práca žiakov na otvorenom výskumnom probléme vytvára obrovský priestor pre systematickú a komplexnú prácu žiakov. Učiteľ dbá, aby formovanie systematického prístupu nasledovalo podľa základných krokov:

- pozorovanie javu,
- formulovanie hypotéz,
- prvotné meranie,
- návrh systému meraní,
- tvorba modelu, matematického opisu,
- zber, spracovanie a vyhodnotenie nameraných údajov,
- porovnanie modelu a experimentálnych výsledkov,
- konfrontácia hypotéz,
- formulácia záverov.

Pre žiakovo aktívne fyzikálne poznávanie a rozvíjanie fyzikálneho myslenia a experimentálnych zručností je nevyhnutné, aby bola jeho činnosť usmernená a zameraná na:

- porozumenie významu základných pojmov,
- podrobný opis fyzikálneho problému,
- formuláciu otázok a výskumných hypotézy,
- spracovanie a vyhodnocovanie priebežných informácií,
- pochopenie príčinných súvislostí,
- formulovanie vlastných záverov,
- prezentovanie výsledkov a obhájenie vlastného prístupu k spracovaniu úlohy.

Z pohľadu zadávateľov školských výskumných projektov je ponúknutá odborná pomoc vo forme súboru publikácií a odkazov na relevantné informačné zdroje. Ku každému projektu je pridelený zo skupiny riešiteľov projektu konzultant, ktorý v prípade potreby odborne konzultuje priebeh a výsledky riešenia projektu. Nakoľko si uvedomujeme neuspokojivú situáciu v materiálno-technickom vybavení, grantovým systémom ponúkame možnosť získať podporu na nákup potrebného vybavenia vo výške približne 200€. O podporu sa môže učiteľov so svojimi žiakmi uchádzať zaslaním vyplneného stručného grantového formulára, kde špecifikuje riešený školský výskumný projekt a potrebné náklady spojené s jeho technickým zabezpečením. Všetky podporené projekty je nutné prezentovať formou posteru na regionálnej prehliadke, ktoré sa budú konať na vybraných stredných školách. Riešitelia najlepších projektov budú mať možnosť prezentovať svoju prácu na národnej prehliadke počas festivalu fyziky Tvorivý učiteľ fyziky v Smoleniciach.

V ďalšom predstavujeme stručnú fyzikálnu interpretáciu vybraných problémov pre školské výskumné projekty.

4 Ako rýchlo a prečo kolabuje plechovka?

Do prázdnej plechovky nalejme malé množstvo vody. Uchyťme plechovku do klieští a zohrievajme nad plameňom kahana. Vodu v plechovke privedieme do varu a krátko udržujeme vo vare. Cez otvor v plechovke uniká vodná para. Odstavme plechovku od plameňa a ponorme ju prevrátenú hore dnom do nádoby so studenou vodou. Pozorujeme prudké zmrštenie plechovky sprevádzané silnou akustickou ranou.

Podrobne uvedený jav detailnejšiemu teoretickému rozboru. Uvažujme kovovú plechovku s vnútorným objemom V a plochou otvoru S . V nádobe na chladenie použijeme vodu s teplotou 0°C . Tlak nasýtených vodných pár nad vodnou hladinou studenej vody je 611 Pa . Tlak vodných pár pri vare vody v otvorenej plechovke je rádovo 10^5 Pa . V okamihu dotyku otvoru plechovky s povrchom vody preto nenastáva odparovanie studenej vody do plechovky. Jediným prebiehajúcim javom, je kondenzácia vodných pár vnútri plechovky.

Označme si: N – počet molekúl vodných pár v plechovke, R_m – mólová plynová konštanta, M – mólová hmotnosť vodných pár, T – termodynamická teplota vodných pár, potom z kinetickej teórie plynov pre počet molekúl, ktoré prejdú cez jednotku plochy za jednotku času dostávame:

$$J = \frac{N}{V} \sqrt{\frac{R_m T}{2\pi M}} \quad (1)$$

Každá molekula vodnej pary, ktorá sa dotkne vodnej hladiny kondenzuje. Pokles počtu molekúl vodnej pary môžeme vyjadriť:

$$dN = -JSdt \quad (2)$$

Pokles počtu molekúl vodnej pary k pôvodnému množstvu molekúl môžeme po dosadení (1) do (2) vyjadriť:

$$\frac{dN}{N} = -\frac{S}{V} \sqrt{\frac{R_m T}{2\pi M}} dt \quad (3)$$

Objem, v ktorom sa molekuly vodnej pary nachádzajú je konštantný a pri prudkej kondenzácii môžeme za konštantnú považovať aj teplotu vodných pár. Počet molekúl vodných pár určuje tlak vodných pár v nádobe.

$$\frac{dP}{P} = -\frac{S}{V} \sqrt{\frac{R_m T}{2\pi M}} dt \quad (4)$$

Ak hodnotu pôvodného tlaku vodných pár označíme p_0 , pri riešení rovnice (4) dostávame:

$$p = p_0 \exp \left[-\frac{S}{V} \sqrt{\frac{R_m T}{2\pi M}} t \right] \quad (5)$$

Ak zavedieme charakteristický čas reakcie t_c :

$$t_c = -\frac{V}{S} \sqrt{\frac{2\pi M}{R_m T}} \quad (6)$$

dostávame:

$$p = p_0 \exp \left[-\frac{t}{t_c} \right] \quad (7)$$

Použitím reálnych hodnôt: objem plechovky $V = 3,98 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$, veľkosť otvoru v plechovke $A = 3,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, teplota vodných pár $T = 373,15\text{ K}$, $R_m = 8,31\text{ J/mol.K}$, $M = 0,018\text{ kg/mol}$ pre charakteristický čas reakcie dostávame hodnotu:

$$t_c = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Tlak v plechovke poklesne na 0,7% pôvodného tlaku približne za $5 t_c$, čo je 36 ms. Hovoríme o implózii, ktorá je vyvolaná kontaktom vodných pár s vodnou hladinou cez otvor v plechovke.

Prekvapujúce pre žiakov bude zistenie, že celý dej prebehne cez plochu malého otvoru na plechovke, pričom nie je nutné celú plechovku ponárať do studenej vody.

5 Prečo sa padajúci komín láme na časti?

Pri odstrele nevyužívaných komínov je počas ich pádu možné pozorovať, že sa pri istom uhle naklonenia lámu na časti (Obr. 1 a). Ak si v laboratórnych podmienkach zostavíme vežu z navzájom sa držiacych lego kociek a necháme ju padať, môžeme pozorovať obdobný jav. Ozrejmite fyzikálnu príčinu lomu komína počas pádu a vyšetrte faktory, ktoré ho ovplyvňujú.

Pri teoretickom rozbere javu nahradíme homogénny komín dvoma tuhými nehmotnými tyčami ab a bc (Obr. 1 b), ktoré majú v bodoch a a b dve rovnako veľké závažia reprezentujúce hmotnosť častí ab, bc.

Ak je homogénna tyč naklonená, pôsobia v bodoch a, b zložky tiaže v smere kolmom k osi tyče. Pretože hmotnosti v bodoch a, b sú rovnako veľké, zložky tiažovej sily F_b a F_c sú rovnako veľké a zároveň sú kolmé na spojnicu ac. Ak je dĺžka $ab = bc = l$, potom momenty otáčania, ktorými zložky gravitačnej sily otáčajú spojnicu ac okolo bodu a sú $M_b = lF_b$ a $M_c = 2lF_c$. Pretože pre veľkosti síl platí: $F_c = F_b$, dostávame:

$$M_c = 2M_b. \quad (8)$$

Ak hmotnosť každej z častí ab, bc je m , momenty zotrvačnosti vzhľadom na bod a sú:

$$I_b = ml^2 \text{ a } I_c = 4ml^2,$$

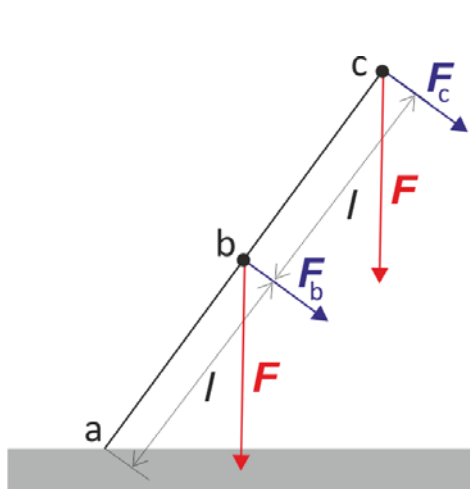
pootm:

$$I_c = 4I_b \quad (9).$$

Ak ε je uhlové zrýchlenie rotujúcej tyče, z pohybovej rovnice: $M = I\varepsilon$ a z rovníc (8) a (9) dostávame:

$$\varepsilon_b = 2\varepsilon_c. \quad (10)$$

Vzhľadom na uvedené veľkosti uhlových zrýchlení vyplýva, že hmotnosť v bode b nadobúda uhlovú rýchlosť väčšiu ako v bode c. Komín sa počas pádu (rotácie okolo základne) ohýba a následne láme, ako je na obrázku 1 vľavo.



Obr.1a, b, c Padajúci komín. Tyčový model komína. Padajúca veža kociek, pevne spojených k základni.

V školských podmienkach ľahko zostrojíme vežu z kociek (Obr. 1 c), ktorej päta je upevnené o základňu a kocky majú medzi sebou aspoň minimálnu väzbu (napr. kocky lego). Sledujte pohyb a lom veže z kociek pre rôzne vysoké veže (rôzny počet kociek) a pre rôzne rozmery kociek. Určte uhol, pri ktorom nastáva lom za daných parametrov veže. Formulujte závery svojich pozorovaní a meraní.

Záver

Našou snahou je podnietiť učiteľov fyziky k realizácii interaktívnych demonštrácií, objaviteľských aktivít a školských výskumných projektov, na realizáciu ktorých budú využívané námety s podujatí Science o Stage, resp. podobné námety s motivačnými prvkami. Veríme, že sa nám podarí nadchnúť skupinu učiteľov pre netradičné sprístupňovanie a objavovanie fyzikálnych problémov.

Podakovanie

Práca vznikla pri riešení projektu APVV LPP-0223-09: Veda na scéne Slovensko a projektu 7. rámcového programu Establish (No. 244749).

Literatúra

- [1] Štátny vzdelávací program Fyzika, príloha ISCED 3, Štátny pedagogický ústav, máj 2009, Bratislava <dostupné on-line: http://www.statpedu.sk/files/documents/svp/gymnazia/vzdelavacie_oblasti/fyzika_isced3.pdf, citované 30.5.2011>
- [2] Cieľové požiadavky na vedomosti a zručnosti maturantov z fyziky, Štátny pedagogický ústav, Bratislava 2011, <dostupné on-line: http://www.statpedu.sk/files/documents/katalog%20cielovych%20poziadaviek/fyzika_cp.pdf, citované 30.8.2011>
- [3] J.E. Stewart, J.E.: The collapsing can revisited, The Physics Teacher, 29, 144 (March 1991)
- [4] Gratton, L. M., Oss, S.: An extension of the imploding can demonstration, The Physics Teacher, 44, 269 – 271, (May 2006)
- [5] Mohazzabi, P.: The Physics of the Imploding Can Experiment, The Physics Teacher, 48, 289 – 291, (May 2010)
- [6] Calza, G., Gratton, L. M., Lopez-Arias, T., Oss, S.: Measuring Air Density in the Introductory Lab, The Physics Teacher, 48, 189 – 190, (March 2010)

Adresa autorov

doc. RNDr. Marián Kireš, PhD., Mgr. Mária Nováková

ODF UFV PF UPJŠ

Park Angelinum 9, 040 01 Košice

e-mail: marian.kires@upjs.sk, novakova.majka@gmail.com