

## PRÍPAD PRE FYZIKU - TRASOLÓGIA

### Viera Haverlíková

SCHOLA LUDUS, občianske združenie

Ústav lekárskej fyziky, biofyziky, informatiky a telemedicíny, Lekárska fakulta Univerzity Komenského v Bratislave

**Abstrakt:** V príspevku je priblížený vzdelávací program *Trasológia*, ktorý bol vyvinutý v rámci letného denného fyzikálneho tábora SCHOLA LUDUS: Experimentáreň 2015 – Prípad pre fyziku zameraného na poznávanie fyzikálnych základov forenzných vied. Vzdelávací program alebo jeho časti je možné použiť na základných i stredných školách. Vzhľadom na množstvo medzipredmetových väzieb je mimoriadne vhodný na projektové vyučovanie, či ako špeciálny program pre školu v prírode.

**Kľúčové slová:** aktívne poznávanie, kontextové vyučovanie, medzipredmetové väzby, neformálne vzdelávanie

### Úvod

Letný denný fyzikálny tábor SCHOLA LUDUS: Experimentáreň bol v roku 2015 zameraný na poznávanie fyzikálnych základov forenzných vied, rozvoj poznávacích schopností, experimentálnych zručností a prírodovednej gramotnosti všeobecne. Tábor sa v dvoch 5 – dňových turnusoch zúčastnilo celkom 46 detí. V rámci odbornej časti programu sme sa zaoberali nasledujúcimi témami:

- Trasológia
- Daktyloskopia
- Skúmanie vlasov a vlákien
- Zámky, uzávery, bezpečnostné mechanizmy
- Nešťastný pád alebo poistný podvod - mechanika zložených pohybov
- Balistika (inšpirované aktivitou (Bartošovič, 2015))
- Fyzikálne skúmanie „krvných“ stôp
- Skúmanie písomností, gumovateľné pero (inšpirované aktivitou (Velmovská, 2015))

Vzhľadom na široké vekové rozpätie účastníkov (7 – 17 rokov) bola väčšina odborných aktivít pripravená vo verziách: začiatníci (7 – 10 rokov), bádatelia (11 – 14 rokov) a vedci v zácviu (15 – 17 rokov). Vybrané aktivity boli pripravené tak, aby ich riešili vekovo rôznorodé tímy.

Pri príprave časti *Trasológia* sme vychádzali z definície tejto kriminalistickej vedy: zaoberá sa vznikom, vyhľadávaním, zaistovaním a skúmaním stôp nôh, obuvi, dopravných prostriedkov, častí ľudského tela, zvierat, predmetov a pod. s cieľom identifikovať uvedené objekty alebo zistiť ich skupinovú príslušnosť a objasniť okolnosti spojené so vznikom trasologickej stopy, zistiť prítomnosť osôb a predmetov na určitom mieste, ich pohyb, či premiestnenie, smer a spôsob pohybu osôb a predmetov.

Konkrétna realizácia bola v podmienkach fyzikálneho tábora prispôsobená vekovému zloženiu účastníkov a priestorovým možnostiam. Rozdelená bola na 4 časti:

1. Snímanie odtlačkov, tvorba táborovej databázy topánok a chodidiel
2. Zaistovanie plošných a reliéfnych stôp
3. Skúmanie stôp – geometrické meranie stôp chôdze, odhad telesnej výšky
4. Skúmanie stôp – vplyv podkladu na charakteristiky stopy, odhad hmotnosti

Počas tábora riešili účastníci jednotlivé aktivity v štvor- až päťčlenných skupinách, rozdelení podľa veku. Časová náročnosť každej časti bola cca 40 minút. Poradie aktivít bolo pre jednotlivé skupiny rôzne. Prepojenie aktivít bolo preto len voľné, aby sa navzájom nepodmieňovali. Druhá, tretia a štvrtá časť mala pre jednotlivé vekové skupiny účastníkov rôznu náročnosť.

### 1. Snímanie odtlačkov, tvorba databázy

**Ciele:** Získať statické odtlačky rôznych chodidiel, navzájom ich kvalitatívne porovnať. Získať statický a dynamický odtlačok toho istého chodidla, navzájom ich kvalitatívne porovnať.

**Medzipredmetové väzby:** biológia, resp. zdravotná výchova (pozdĺžna a priečna klenba chodidla), technická výchova (funkčnosť rôznych štruktúrnych vzorov podrážok obuvi)

**Pomôcky:**

kancelársky papier (aspoň 2 ks pre každé dieťa), baliaci papier alebo iný pás papiera - šírka cca 30 cm, dĺžka cca 2 m (pre každú skupinu);

a) lavór (2 ks), vodová (alebo iná ľahko zmývateľná) farba, maliarsky valček, špongia, papierové utierky, vlhčené hygienické obrúsky, špagát, štipce;

b) kopírovací papier, tenký molitan (do 0,5 cm), tenká, ale nie ostrá palička (tupá ceruzka, štetec alebo pero so zasunutou náplňou)

**Postup:** Na získanie odtlačku možno použiť dve metódy:

- a) otláčenie farby nanesej na chodidlo (topánku) – umožňuje aj zaznamenanie papilárnych línií;  
Do vody v jednom lavóre pridáme vodovú farbu. Každé dieťa si na papier napíše svoje meno alebo inú identifikačnú značku. Pomocou maliarskeho valčeka si na chodidlo (podošvu topánky) naniesie vodovú farbu. Nanesenú farbu otláči na pripravený papier.  
Druhý lavór s čistou vodou je určený na navlhčenie špongie na očistenie topánok. Chodidlá odporúčame z hygienických dôvodov čistiť jednorazovými vlhčenými obrúskami.  
Získané odtlačky pripneme štipcami na špagát a necháme uschnúť.
- b) otláčenie farbiva z kopírovacieho papiera – menej detailné zobrazenie, ale nedochádza k znečisteniu chodidiel (topánok);  
Na papier, na ktorý chceme zaznamenať stopu, položíme kopírovací papier farbiacou stranou nadol. Na kopírovací papier ešte umiestnime tenký molitan. Dieťa položí nohu na molitan. Iný člen skupiny paličkou obkruží chodidlo (topánku), aby získal ostrú hranicu okraja stopy.

Pri získavaní statických stôp by malo dieťa počas otláčania stopy na nohe stáť. Odtlačok získaný v sede môže mať iný tvar ako v prípade plne zaťaženej klenby.

Dynamické stopy jedného dobrovoľníka, resp. vybraného člena zo skupiny možno získať podobne ako stopy statické. Pri použití kopírovacieho papiera je vhodné si zlepením lepiacou páskou pripraviť pás kopírovacieho papiera. V prípade dynamických stôp obvod chodidla neobtiahujeme. Dynamické stopy možno zaznamenať z pomalej chôdze a/alebo z behu a porovnať ich so statickými stopami, či porovnať stopy chôdze a behu.

## **2. Zaisťovanie plošných a reliéfnych stôp**

**Ciele:** Trvalo zaznamenať stopu „na mieste činu“ v podobe, ktorá umožní jej ďalšie skúmanie a reprodukovanie (pozorovať zmeny obrazu v závislosti od vzdialenosti a uhla osi objektívu fotoaparátu voči snímanej ploche, pozorovať zmeny obrazu v závislosti od uhla osvetlenia reliéfnej stopy, porozumieť významu fotenia s mierkami zvierajúcimi pravý uhol).

**Medzipredmetové väzby:** výtvarná výchova (fotografia, perspektíva, skreslenie), technická výchova (nájdanie najvhodnejšieho pomeru vody a sadry na odlievanie reliéfnej stopy)

**Pomôcky:**

mobilný telefón s fotoaparátom (alebo v prípade možnosti digitálny fotoaparát so statívom), dve pravítka, meracie pásmo, tlačiareň alebo zariadenie umožňujúce pozorovať nasnímané fotografie vedľa seba a porovnávať ich (tablet, notebook);

a) odtlačok stopy na papieri (môže to byť stopa získaná v časti 1.);

b) plochá škatuľa s pieskom, reflektor alebo baterka (ak je to možné, s upevnením na stojan s nastaviteľnou výškou, napr. laboratórny stojan);

c) lak na vlasy, sadra, voda, plastová nádoba (napr. z veľkého jogurtu), plastová lyžica, prípadne modelárska odlievacia hmota, štetec

**Postup:** Aktivitu je vhodné začať diskusiou o možnostiach zaznamenať a preniesť stopu z miesta činu do laboratória na ďalšie skúmanie. Body, ku ktorým by sa deti mali dostať: stopy spravidla nie je možné neporušene preniesť z miesta činu do laboratória, pri akejkoľvek manipulácii so stopou existuje riziko jej znehodnotenia, preto sa stopa (plošná aj reliéfna) vždy najprv odfotí. Fotenie prebieha za istých štandardných podmienok, aby bola zabezpečená, čo najmenšia strata informácií.

- a) Pozorovanie zmien obrazu v závislosti od uhla osi objektívu fotoaparátu voči snímanej ploche:  
U mladších detí sa očakáva kvalitatívne vyhodnotenie experimentu. Je dobré ich upozorniť, aby si zaznamenali podmienky, za akých vytvorili svoje fotografie (poloha fotoaparátu priamo nad stopou

vo väčšej, menšej výške, poloha fotoaparátu šikmo). U starších sa očakáva systematické pozorovanie: mali by zisťovať vplyv vzdialenosti fotoaparátu od plochy stopy pri konštantnom uhle pozorovania a vplyv uhla, ktorý zvierajú objektív fotoaparátu s plochou stopy pri konštantnej vzdialenosti objektívu od stopy. V prípade potreby upozorníte aj starších žiakov na potrebu presného zaznamenania podmienok, za ktorých jednotlivé fotografie vznikli. Ak je to možné, deti by mali snímky porovnať bezprostredne po ich zaznamenaní (vytlačené alebo zobrazené súčasne vedľa seba) a kvalitatívne vyhodnotiť sledované vplyvy. Záverom je formulácia štandardných podmienok fotenia – os objektívu kolmá na plochu stopy, umiestnenie dvoch navzájom kolmých mierok.

- b) Pozorovanie zmien obrazu v závislosti od uhla osvetlenia reliéfnej stopy:  
Do plochej nádoby nasypeme piesok a stúpime doň v topánke s výraznou štruktúrou podrážky. Stopu pozorujeme najprv bez pridaného osvetlenia, potom osvetlenú zošikma pod rôznym uhlom tak, aby reliéfne výčnelky vrhali tieň. U mladších detí sa očakáva kvalitatívne vyhodnotenie experimentu, u starších sa očakáva systematické pozorovanie. Poloha fotoaparátu ostáva nemenná (os objektívu kolmá na plochu stopy).
- c) Vyhotovenie odliatku  
Zo stopy vytvorenej v časti b) môžu deti po odfovení vytvoriť odliatok. Aby sa stopa pri odlievaní nepoškodila, je vhodné ju najprv „zafixovať“ lakom na vlasy. Ak si deti vytvoria viacero stôp, môžu otestovať rôzne pomery miešania sadry a vody. Po zaschnutí sadry odliatok očistíme štetcom od piesku.

Ďalšie možnosti: Na zaznamenanie stôp z povrchu koberca možno využiť elektrostatický náboj, ktorý sa vytvorí na povrchu koberca v miestach dotyku. Tento náboj je možné zviditeľniť poprášením koberca ľahkými granulami (napr. drobnými guľôčkami polystyrénu).

### 3. Skúmanie stôp – geometrické meranie stôp chôdze, odhad telesnej výšky

Ciele: odmerať geometrické charakteristiky chôdze: dĺžka a šírka bosej nohy / topánky, dĺžka kroku pravej a ľavej nohy, dĺžka dvojkroku, uhol pravej a ľavej stopy, šírka chôdze (obr. 1); porovnať geometrické charakteristiky chôdze ľudí rôznej výšky, overiť platnosť vzťahu na odhad telesnej výšky (žiaci základných škôl), objaviť vzťah na odhad telesnej výšky (študenti stredných škôl)

Medzipredmetové väzby: matematika (štatistika - výpočet priemernej hodnoty, matematické modelovanie), informatika (použitie vhodného programu na spracovanie dát, modelovanie závislosti geometrických charakteristík chôdze od telesnej výšky)

Pomôcky:

pieskové doskočisko na školskom dvore, alebo pokopaná pôda, meracie pásmo, dlhé pravítko, uhlomer, hrable, počítač

Postup: Pripravíme miesto, kde deti vytvoria stopy chôdze. Miesto by malo byť na rovine. Piesok alebo pôdu rozhrabeme. Každý člen skupiny spraví stopy svojej chôdze. Pri meraní geometrických charakteristík dbáme o to, aby sme neznehodnotili ostatné stopy. Najmladšie deti (do 10 rokov) majú len odmerať a zapísať sledované parametre pre každého člena skupiny a kvalitatívne ich porovnať s jeho telesnou výškou. Stredná skupina (11 – 14 rokov) má okrem toho overiť platnosť vybraného vzťahu medzi geometrickými charakteristikami chôdze a telesnou výškou. (Vzťah, ktorý majú overovať, im môže zadať učiteľ, alebo si majú vybrať najvhodnejší z poskytnutých vzťahov – vid' nižšie). Od stredoškôľakov sa očakáva, že okrem priameho odmerania geometrických charakteristík chôdze dáta spracujú vo vhodnom počítačovom programe, graficky znázornia závislosť dĺžky kroku (resp. dvojkroku) od telesnej výšky a nameranými hodnotami preložia priamku, na základe ktorej navrhnu vzťah pre odhad výpočtu výšky človeka z geometrických charakteristík jeho chôdze.

Vzťahy, ktoré možno použiť na odhad telesnej výšky

Vo všetkých nasledujúcich vzťahoch  $v$  znamená telesnú výšku,  $d_n$  je dĺžka stupaje bosej nohy,  $d_t$  je dĺžka stopy topánky,  $š_n$  je šírka stupaje bosej nohy,  $š_t$  je šírka stopy topánky,  $d_k$  je dĺžka kroku,  $d_{2k}$  je dĺžka dvojkroku. Všetky hodnoty sú udávané v cm.

Ak máme k dispozícii len jednu stopu, Uhrová (2008) uvádza vzťah  $v = 7 \cdot d_n$

Holubová (2012) uvádza viacero vzťahov pre rôzne dostupné parametre:

$$v = 3,1 \cdot d_n + 4 \cdot š_n + 53$$

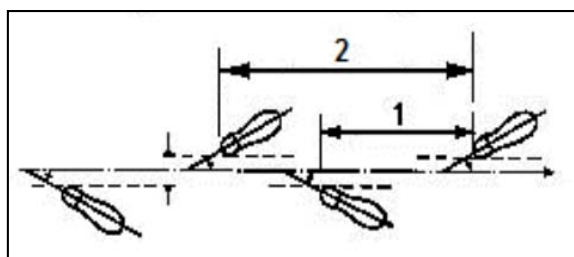
$$v = 2,6 \cdot d_t + 4,3 \cdot š_t + 55$$

pri priemernej dĺžke kroku do 70 cm:  $v = 0,297 \cdot d_k + 153$   
 pri priemernej dĺžke kroku nad 70 cm:  $v = 0,315 \cdot d_k + 163$   
 pri priemernej dĺžke dvojkroku do 142 cm:  $v = 0,157 \cdot d_{2k} + 151$   
 pri priemernej dĺžke dvojkroku nad 142 cm:  $v = 0,157 \cdot d_{2k} + 155$

Všetky uvedené vzťahy platia pre subjektívne prirodzenú chôdzu po rovnej podložke bez vonkajšieho ovplyvňovania.

Ďalšie možnosti: Ako by sa geometrické charakteristiky zmenili pri chôdzi po sypkom teréne, pri chôdzi do kopca a pod.? Holubová (2012) uvádza experimentálne zistené vzťahy pre odhad telesnej výšky na základe stôp v rôznom podklade:

Ornica  $v = 0,278 \cdot d_k + 0,175 \cdot d_{2k} + 134$   
 Sneh  $v = 0,248 \cdot d_k + 0,194 \cdot d_{2k} + 126$   
 Piesok  $v = 0,322 \cdot d_k + 0,196 \cdot d_{2k} + 118$   
 Asfalt  $v = 0,308 \cdot d_k + 0,217 \cdot d_{2k} + 119$



Obr. 1: Geometrické meranie stôp chôdze (Zdroj: Holubová, 2012)

#### 4. Skúmanie stôp – vplyv podkladu na charakteristiky stopy, odhad hmotnosti

Ciele: Kvalitatívne porovnať tvar a hĺbku stopy vytvorenej v rôznych materiáloch, porovnať tvar stopy vytvorenej človekom obutým v neprimerane veľkých topánkach s normálnou stopou, zistiť závislosť tvaru a hĺbky stopy od hmotnosti človeka (od hmotnosti bremena, ktoré človek nesie).

Medzipredmetové väzby: matematika (štatistika - výpočet priemernej hodnoty, matematické modelovanie), informatika (použitie vhodného programu na spracovanie dát, modelovanie závislosti geometrických charakteristík chôdze od telesnej výšky)

Pomôcky:

ploché škatule (napríklad vrchnáky škatúl od kancelárskeho papiera), suchý piesok, zemina rôznej kvality, štrk, voda, topánka s výrazne štruktúrovanou podrážkou, pravítko, „hrabličky“ (vidlička), záťaž (napr. knihy, plastové fľaše s vodou), rucksak, osobná váha

Postup: Do jednotlivých škatúl nasypeme rôzne materiály, v ktorých budeme pozorovať stopy. Ak chceme porovnávať stopu v suchom a mokrom piesku, vyložíme škatuľu najprv igelitom (vložíme igelitové vrečko), nasypeme piesok a nalejeme vodu. (Pred vytvorením stopy je vhodné podklad hrabličkami skypriť.) Do každého podkladu urobíme „rovnakú“ stopu. Od detí sa očakáva kvalitatívne porovnanie stôp. Na základe tohto porovnania si zvolia materiál, v ktorom budú sledovať vplyv hmotnosti človeka na hĺbku stopy.

Do zvoleného podkladu potom vybrané dieťa robí stopu za rôznych podmienok – bez záťaže, so záťažou držanou v rukách pred sebou, so záťažou na chrbte (v rucksaku), s rôzne veľkou záťažou, ale aj stopu vytvorenú človekom obutým v neprimerane veľkých topánkach, čo sa prejaví nerovnomerným zaťažením prednej a zadnej časti stopy.

Od menších detí sa očakáva kvalitatívne porovnanie stôp. Od starších sa očakáva aj odmeranie hĺbky stopy a zaznamenanie príslušných hmotností. Môžu tiež určiť plochu stopy (napr. pomocou štvorcového papiera) a vypočítať príslušný tlak. Stredoškólcami môžu získané údaje spracovať, znázorniť graficky a matematicky modelovať závislosť hĺbky stopy vo zvolenom podklade od hmotnosti človeka.

#### Záver

Kontext kriminalistického vyšetrovania je pre deti mimoriadne atraktívny. Na internete možno nájsť rôzne čiastkové aktivity modelujúce kriminalistické laboratórne vyšetrovanie, pri ktorých žiaci môžu rozvíjať svoje poznatky z fyziky a chémie. Pri tvorbe programu tábora SCHOLA LUDUS: Experimentáreň – Prípady pre fyziku

bolo pre nás výzvou pripraviť komplexné aktivity, ktoré by dávali deťom priestor na vlastnú bádateľskú činnosť, rozvíjali ich experimentálne a poznávacie zručnosti a zároveň im umožnili využiť poznatky z iných oblastí (medzipredmetové vzťahy). Časová náročnosť takýchto poznávacích aktivít je z hľadiska školského vzdelávania obmedzujúca. Skúsenosť z realizácie však ukázala, že zisk v podobe živého záujmu detí a otvoreného vnímania súvislostí za ten čas stojí.

### **PodĎakovanie**

Vývoj programu tábora SCHOLA LUDUS: Experimentáreň 2015 bol finančne podporený národným projektom PopVaT – Popularizácia vedy a techniky na Slovensku.

### **Literatúra**

BARTOŠOVIČ, Lukáš. 2015. *Rozvíjanie kritického myslenia žiakov pomocou stratégie EUR a jej aplikácia na vyučovaní fyziky*. In: Kíreš, M., Krupa, D (Eds): Tvorivý učiteľ fyziky VII. Bratislava : Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2015. s. 29-43. ISBN 978-80-97450-3-3.

HOLUBOVÁ, Renata. 2012. *Fyzika a kriminalistika*. 1. vyd. Olomouc : Repronis, 2012. 64 s. ISBN 978-80-7329-315-4

UHROVÁ, Petra. 2008. *Význam biomechaniky vo forenznej antropológii*. bakalárska práca, Bratislava : Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, 2008. 39 s.

VELMOVSKÁ, Klára. 2015. *Rozvíjanie kritického myslenia žiakov pomocou stratégie EUR a jej aplikácia na vyučovaní fyziky*. In: Kíreš, M., Krupa, D (Eds): Tvorivý učiteľ fyziky VII. Bratislava : Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2015. s. 253-262. ISBN 978-80-97450-3-3.

### **Adresa autora**

doc. PaedDr. Viera Haverlíková, PhD.

SCHOLA LUDUS

FMFI UK, Mlynská dolina

842 48 Bratislava

haverlikova@scholaludus.sk