

## SCHOLA LUDUS

Centrum pre podporu výchovy k vede a rozvoj celoživotného neformálneho vzdelávania  
Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky



### Metodicko-didaktický list k výtvarno-tvorivo-objavnej dielni „Ako to skáče!?“

<b>Kľúčový predmet poznávania</b>	<b><u>POHYB A JEHO VIZUALIZÁCIA</u></b>
<b>Cieľová skupina</b>	7., 8., 9. ročník ZŠ
<b>Časová náročnosť:</b>	1-2 vyučovacie hodiny
<b>Cieľ</b>	<p><u>Vecný:</u> Hlbšie pochopenie pohybu z pohľadu vývoja reálneho systému.</p> <p><u>Prístupový:</u> Rozvoj zručností tvorenia obrázkových poznámok.</p> <p>Chceme tiež vyvolať záujem žiakov o bádanie – ukázať im, že aj bežné a samozrejme veci možno tvorivo a vtipne využiť v nových situáciách.</p>
<b>Vzdelávacia forma</b>	Výtvarno-tvorivo-objavná dielňa
<b>Podporný materiál</b>	<p>Multimediálna prezentácia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- s obrázkami (fotografiami, stroboskopickými snímkami);</li> <li>- videoukážkami (v reálnom aj spomalenom čase);</li> <li>- animáciami</li> </ul>
<b>Potrebné pomôcky</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- papiere na kreslenie, ceruzky;</li> <li>- rôzne loptičky z rôznych materiálov a rôznych veľkostí (pingpongové, tenisové, golfové, penové, polystyrénové, látkové plnené ryžou, granulami, ...);</li> <li>- balóny naplnené vodou;</li> <li>- rôzne podložky (tvrdé, mäkké, nehomogénne, piesok)</li> </ul>
<b>Uplatňovaná stratégia</b>	Autentické učenie usmerňovanou hrou
<b>Uplatňovaná taktika</b>	<p>Cyklus učenia SCHOLA LUDUS so štandardnou osnovou učenia</p> <p>Kľúčový prípad: Skáču loptičky a balóny</p> <p>Vrcholový prípad: Pristávanie vesmírnej sondy obalenej balónmi na Marse</p>

<b>Ohnisko</b>	Pohyb – proces - a jeho vizualizácia
<b>Koncept</b>	Zachytenie a vizualizácia rôznorodého pohybu - procesov v reálnych dynamických systémoch.
<b>Myšlienky</b>	<p>Aký pohyb poznám?</p> <p>Pohyb prebieha v čase a priestore.</p> <p>Na pohyb sa môžem pozerat' z hľadiska kinematiky, dynamiky, postrehnuteľnosti voľným okom, ...</p> <p>Ako môžem vizualizovať?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- náčrtkom</li> <li>- kresbou</li> <li>- grafom</li> <li>- fotografiou</li> <li>- sériou stroboskopických snímok</li> <li>- videom v reálnom čase či spomaleným videom.</li> </ul> <p>Vnímanie očami je do istej miery obmedzené. Vtedy si obrázok dotváram podľa mojich predstáv, fantázie - obrázok nemusí zachytávať objektívnu realitu. Obrázok môže byť veľmi schematický a logický ale môžem mu dodať aj umeleckú kvalitu.</p>
<b>Očakávané hodnoty z realizácie</b>	<p><u>Vecné:</u> Hlbšie pochopenie procesu skákania loptičiek a balónov s vodou – pozorovanie a rozlíšenie rôznych druhov pohybu, väzieb medzi nimi a ich súslednosti, uvedomenie si dôležitosti interakcie medzi jednotlivými zložkami pozorovaného systému, hlbší prienik do podstaty pozorovaných dejov a procesov.</p> <p><u>Pojmové:</u> Hlbšie a detailnejšie pochopenie pojmov ako rovnomerný a nerovnomerný pohyb, deformácia, pružnosť, odpor prostredia, gravitácia, opakovanie procesu, rýchly a pomalý proces.</p> <p><u>Prístupové:</u> Žiaci si</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rozvíjajú zručnosti systematického tvorivého objavovania - najmä pozorovanie a mapovanie;</li> <li>- rozvíjajú zručnosti týkajúce sa vizuálneho myslenia – tvorenie obrázkových poznámok a grafov ako nástroja pre efektívne poznávanie;</li> <li>- uvedomujú nadobudnuté poznatky vo vzťahu k reálnym a súčasným, atraktívnym prípadom.</li> </ul>

**VÝTVARNO-TVORIVO-OBJAVNÁ DIELŇA: AKO TO SKÁČE!?****Kľúčový prípad (KP): Skákajúce loptičky a balóny****Vrcholový prípad (VP): Pristávanie vesmírnej sondy obalenej balónmi na Marse**

<b>Cykus učenia SCHOLA LUDUS</b>	Akcia	<p><u>Navodenie atmosféry:</u> Ukážka pohybu rozprávkových lôpt a loptičiek z filmu Mr. Magorium's Wonder Emporium</p> <p>Pýtame sa žiakov, čo videli (zameriavame sa na pohyb!), čo robili loptičky, ako sa rôzne loptičky pohybovali.</p> <p><u>Autentická skúsenosť s KP, akcia s KP:</u> Facilitátor drží v ruke pokope 4 loptičky (napr. tenisovú, pingpongovú, penovú a z látky ryžou plnenú loptičku).</p> <p><b>Hľadáme odpoveď na otázku: Čo sa stane?</b></p> <p>Facilitátor pustí loptičky naraz padať z istej výšky (akcia sa neopakuje druhýkrát!). Žiaci akciu pozorne sledujú, až kým nezastane aj posledná loptička.</p>
	Opisovanie	<p><u>Opis správania sa KP (akcie so 4 loptičkami):</u></p> <p><b>Hľadáme odpovede na otázky: Ako to bolo? Čo sme videli? Ako sa to udialo?</b></p> <p>Opis sa deje formou <u>náčrtku akcie – POHYBU</u> (žiaci kreslia, čo videli, ako sa loptičky POHYBOVALI).</p> <p>Loptičky:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- padali</li> <li>- odrážali sa (od podložky ale aj navzájom, alebo vôbec nie – zdeformovali sa a už nevyskočili)</li> <li>- stúpali nahor</li> <li>- poskakovali</li> <li>- leteli vzduchom</li> <li>- (vydávali zvuk) ...</li> </ul> <p>Všimame si a diskutujeme so žiakmi aj o <u>ich spôsoboch vizuálneho zachytenia pohybu</u> (schematické, podrobné, rozfázované, ...)</p> <p>Akcia so 4 loptičkami predstavovala pre rýchlosť a rozmanitosť pohybu loptičiek relatívne zložitý proces na sledovanie a porozumenie, v ďalšom sa musíme dokázať sústrediť postupne na jednotlivé prípady.</p>
	Mapovanie	<p><u>Série paralelných prípadov (PP) s cieľom odhaliť aspekty a atribúty KP:</u></p> <p><b>Hľadáme odpovede na otázky: Aké sú možnosti? Čo všetko ovplyvňuje situáciu? S čím súvisí situácia? Skúšame v okolí KP.</b></p> <p>Mapovanie sa deje formou <u>kresieb akcie – POHYBU</u> (žiaci kreslia rôzne prípady pohybujúcich sa loptičiek a balónov).</p> <p>Žiaci kreslia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pohyb 2 pingpongových loptičiek pustných súčasne z rovnakej výšky na stôl</li> <li>- pohyb súčasne z rovnakej výšky pustenej pingpongovej a tenisovej loptičky na stôl</li> <li>- pohyb a tvar skáčuceho balóna naplneného vodou</li> <li>- (pohyb loptičky pustenej z istej výšky, ktorá sa po dopade zdeformuje a už nevyskočí)</li> <li>- (pohyb loptičky pustenej z istej výšky a dopadajúcej do piesku)</li> </ul> <p>Žiacke kresby predstavujú série PP – pracovný materiál pre facilitátora a žiakov, na ktorom sa v ďalšom stavia.</p>

Mapovanie (pokračovanie)	<p>Výsledky mapovania:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- loptičky padajú,</li> <li>- pri dopade sa môžu <u>zdeformovať</u> – menia rôzne tvar (závisí od materiálu loptičky),</li> <li>- nemusia sa nutne odraziť (od čoho to závisí?),</li> <li>- ak sa odrazia, dosiahnu vždy menšiu výšku ako pred odrazom,</li> <li>- rôzne loptičky skáču inak, ale ani dve na pohľad rovnaké loptičky nemusia skákať naraz – súčasne,</li> <li>- dve <u>rôzne</u> loptičky môžu dopadnúť na povrch <u>naraz</u>, ak sú pustené z malej výšky!!!,</li> <li>- balóny sa zjavne deformujú, loptičky nevidíme, že by sa deformovali,</li> <li>- ...</li> </ul> <p>Všimame si a diskutujeme so žiakmi aj o <u>ich spôsoboch vizuálneho mapovania</u> (či sa zamerali na všetky fázy procesu, alebo sa venovali detailnejšie istej, konkrétnej fáze procesu, ...)</p> <p>Kreslenie jednotlivých prípadov (mapovanie) umožnilo vznik <u>širokej bázy modelov</u>, s ktorými pracujeme v ďalšom.</p>								
Modelovanie	<p><u>Séria PP s cieľom získať prejavy KP za rôznych podmienok:</u>  <b>Hľadáme odpovede na otázky: Ako je možné, že loptičky skáču tak, ako skáču? Je možné, aby sa balón pri dopade deformoval a loptička nie? ...</b></p> <p>Modelovanie prebieha formou diskusie facilitátora so žiakmi nad ich kresbami – modelmi (tie predstavujú série PP, ktoré sú doplnené powerpointovými fotografiami a videami loptičiek a balónov v procese ich pohybu).</p> <p>K modelom môžeme pridať ešte modely:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kresby trajektórie skákajúceho balóna s vodou / loptičky bez možnosti pozerania sa na nákres (žiaci sa sústreďujú očami výlučne na loptičku, ich ruka zároveň ale kreslí balón/optičku počas jeho/jej pohybu) - vzniknú PP dokumentujúce pohyb v priestore (teleso sa pohybuje v priestore, nie v rovine, tvar trajektórie závisí od uhla pohľadu</li> <li>- vyukávanie zvuku nárazu loptičky na stôl (žiaci si zažijú rytmus zvuku loptičky počas procesu skákania) – dokumentujeme si časovú závislosť dopadu/skokov (časové intervaly medzi jednotlivými dopadmi loptičky sa skrácujú a tiež koniec procesu skákania (rytmus sa zdá byť chaotický a je stále rýchlejší, pritom sa ale loptička pohybuje rýchlejšie ako na začiatku procesu)</li> <li>- (kresby loptičiek púšťaných z rôznych výšok - dokumentujúce prejavy rôznych počiatkových podmienok (máme rovnaký charakter priebehu procesu nezávislý od výšky, ale znižuje sa počet skokov s klesajúcou počiatkovou výškou)</li> </ul> <p>Podstatnou náplňou časti Modelovanie je diskusia facilitátora so žiakmi nad ich miskoncepciami (Pozri časť „Didaktické poznámky k realizácii ...“)</p>								
Abstrahovanie	<p><u>Séria paralelných prípadov s cieľom získať princípy fungovania KP:</u>  <b>Hľadáme odpovede na otázky: Ktoré fyzikálne javy sú dôležité a ako sa prejavujú? Ako sa menia fyzikálne veličiny počas procesu?</b></p> <p><u>Alternatíva 1:</u>  Prípad skáčecej loptičky/balóna - žiaci si s pomocou facilitátora kreslia grafy fyzikálnych veličín v závislosti od času pod sebou, x-ová os je čas, y-ová os je:</p> <table border="1" data-bbox="405 1284 2157 1323"> <tr> <td>rýchlosť</td> <td>výška</td> <td>energia</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </table>				rýchlosť	výška	energia	...	...
rýchlosť	výška	energia	...	...					

Abstrahovanie (pokračovanie)	<p>Alternatívne môžeme žiakom pripraviť testové úlohy - rôzne časové priebehy rýchlosti, výšky a energie s úlohou: Akej situácii by mohli zodpovedať, resp. s úlohou priradiť jednotlivé grafy istým procesom.</p> <p>Okrem fyzikálnej stránky si žiaci v tejto fáze rozvíjajú svoje zručnosti pri porozumení a tvorbe grafov.</p> <p><u>Alternatíva 2:</u></p> <p>Facilitátor predstaví žiakom stroboskopické snímky skáčucich loptičiek/balónov (zámerne v nesprávnom poradí) ako <u>čierne skrinky</u>, žiaci rekonštruujú proces (snažia sa správne zoradiť snímky), pri rekonštrukcii uvažujú všetky relevantné fyzikálne javy a veličiny.</p>
Zhodnocovanie	<p><b>Vrcholový prípad:</b> Pristávanie vesmírnej sondy obalenej balónmi na Marse</p> <p><b>Hľadáme odpoveď na otázku: Prečo a ako, za akých podmienok?</b></p> <p>Žiakom predstavíme PP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- skákanie loptičky na Zemi</li> <li>- skákanie loptičky vo vode</li> <li>- skákanie loptičky na Marse.</li> </ul> <p>V čom a ako sa líšia tieto procesy? Je skákanie loptičky vo vode a na Marse vôbec možné? (vo vode závisí od hustoty loptičky, na Marse hrá rolu nižšia gravitácia v porovnaní so Zemou). Ak je možné, je pomalšie, či rýchlejšie ako na Zemi?</p> <p>Podporná demonštrácia efektu zníženej gravitácie na videoukážke skáčucich kozmonautov na Mesiaci – skáču pomalšie ale do väčšej výšky)</p>

## Didaktické poznámky k realizácii výtvarno-tvorivo-objavnej dielni „Ako to skáče!?“

### Najčastejšie a opakujúce sa žiacke miskoncepce

#### **K padaniu tenisovej a pingpongovej loptičky pustených naraz z tej istej výšky:**

„Tenisová loptička dopadne sa stôl skôr ako pingpongová loptička, lebo je ťažšia a na ťažšiu loptičku pôsobí väčšia gravitačná sila“

*Je pravda, že tenisová loptička má väčšiu hmotnosť ako pingpongová loptička a tiež je pravda, že na ťažšie teleso pôsobí väčšia gravitačná sila ako na ľahšie teleso. To ale nie je dôvod, prečo tenisová loptička dopadne na stôl z istej výšky skôr ako pingpongová loptička. Na ťažšie teleso musí pôsobiť väčšia gravitačná sila, pretože sa „ťažšie“ priťahuje v porovnaní s ľahšími telesami. Ak chcem pritiahnuť ťažšie teleso musím pôsobiť väčšou silou, aby som ho pritiahol, ináč by zaostávalo za ľahším. Keby som ťahal rovnako veľkou silou na povrázkoch napr. slona a autíčko/bábiku, autíčko/bábiku by som ťahal poľahky, ale so slonom by som nemusel ani pohnúť.*

„Ťažšie teleso pustené z tej istej výšky ako ľahšie dopadne vždy skôr, je jedno aký má tvar a veľkosť“

*Tvar a veľkosť telesa určuje, aký odpor bude klásť vzduch telesu. Hmotnosť telesa zasa určuje, ako dobre sa darí telesu prerážať si vzduchom cestu. Čím má teleso väčšiu hmotnosť, tým lepšie sa mu to darí.*

*Rýchlosť telesa pri voľnom páde sa po čase čo teleso zrýchľuje spravidla ustáli na konštantnú rýchlosť<sup>1</sup>! Ak púšťam dve rôzne loptičky z malej výšky, tá môže byť nedostatočná, aby každá z loptičiek zrýchlila na „svoju“ konštantnú rýchlosť a ľahko sa takto stane, že obidve loptičky dopadnú prakticky naraz. Výsledok sa môže zmeniť, ak loptičky pustím padať z väčšej výšky...*

*Akú úlohu hrá vzduch pri voľnom páde môžeme žiakom demonštrovať na prípade padania kladiva a pierka na Zemi a na Mesiaci. Žiaci na otázku, či na Zemi padne skôr kladivo alebo pierko odpovedajú spravidla správne. Ak sa však pýtame, ako by to dopadlo na Mesiaci, objavujú sa ďalšie miskoncepce.*

„Nepadnú, budú sa vznášať“

*Niektorí žiaci si myslia, že na Mesiaci nie je gravitácia. Môžeme sa ich ale spýtať, či už videli kozmonautov pohybovať sa na Mesiaci. Väčšina žiakov*

<sup>1</sup> Aj rýchlosť padajúcich dažďových kvapiek čo skokana pred otvorením padáka sa po čase ustáli (v prípade kvapky táto rýchlosť závisí od veľkosti kvapky – od veľmi malých rýchlostí až po cca 13 m/s pre prípad veľkých kvapiek dažďa, v prípade skokanov môže byť táto rýchlosť 300 km/hod a viac v závislosti od ich celkového tvaru vrátane končatín).

[http://en.wikipedia.org/wiki/Terminal\\_velocity](http://en.wikipedia.org/wiki/Terminal_velocity)

<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/termv.html>

<http://hypertextbook.com/facts/2007/EvanKaplan.shtml>

*pozná alebo už videla v televízii poskakovať kozmonautov na Mesiaci. Na pripomenutie im môžeme pustiť video z prezentácie a zo sledovaného pohybu kozmonautov prídeme spoločne k tomu, že na Mesiaci je gravitácia, i keď zjavne menšia ako na Zemi (kozmonauti skáču „spomalene“ a do väčšej výšky).*

„Menšia gravitácia spôsobí, že kladivo môže spadnúť neskôr ako pierko“

*Menšia gravitácia spôsobí iba to, že budú všetky telesá padať pomalšie*

Prečo na Mesiaci padajú dve telesá rôznej hmotnosti naraz a na Zemi nie?

„Gravitácia je iba na Zemi a spôsobuje ju atmosféra“

*Žiaci spravidla nevedia, že príčinou gravitácie je teleso, čiže hmotnosť. Čím má teleso väčšiu hmotnosť, tým väčšie gravitačné pole vytvára okolo seba. Okrem Zeme, ktorej gravitáciu „cítíme“ vždy a všade, každý z nás vytvára svoje vlastné gravitačné pole, ktoré je veľmi slabé v porovnaní so zemským. To je dôvod, prečo medzi sebou nepozorujeme efekt vzájomného gravitačného priťahovania sa.*

*Diskutovaný a neskôr na videu prezentovaný prípad padania kladiva a pierka na Zemi a na Mesiaci má v žiakoch vyvolať otázku, čím zásadným sa líši Mesiac od Zeme, a tak ich nasmerovať k príčine rozdielu v padaní dvoch rôznych telies pustených z rovnakej výšky – a to k vzduchu resp. k atmosfére. Atmosféra Zeme kladie každému telesu pri jeho pohybe odpor. A čím má teleso väčšiu hmotnosť, tým lepšie sa mu darí prerázať si cestu vzduchom. Na Mesiaci, ktorý nemá vlastnú atmosféru, padajú telesá prakticky bez odporu, a teda dopadnú na povrch naraz (ak sú pustené naraz z rovnakej výšky).*

### **Keby skákala loptička na Marse...:**

„Na Marse nie je gravitácia“

*Pozri vyššie prípad Mesiaca.*

### **K deformácii loptičiek a balónov pri dopade na stôl:**

„Loptičky sú tvrdé, preto sa nedeformujú, balóny sú mäkké a deformujú sa“

*Ak nevidím deformáciu voľným okom, znamená to, že sa nemôže diať? Ľudské oko má svoje obmedzenia. Deformácia loptičky je tak rýchly proces, že naše zrakové vnímanie ho nestihne zaregistrovať.*

*Prípád s balónmi naplnenými vodou (žiaci si sami skúšajú a kreslia.) deformáciu zviditeľňuje. K prípadu s loptičkami máme pre žiakov k dispozícii spomalené videá interakcie loptičiek s tvrdým povrchom – tu už deformáciu vidno, aj keď sa deje v rôznych fázach procesu (závisí to od pružnosti dopadajúceho telesa): deformácia sa môže diať práve pri náraze (prípád golfovej loptičky) ale aj po náraze – pri vzd'áľovaní sa loptičky od tvrdého povrchu (prípád pingpongovej loptičky).*

*Vždy je nutné upozorniť žiakov aj na to, že aj stôl sa zároveň pri tomto procese deformuje.*

### **Žiacke dôvodenie prípadu dvoch rovnakých loptičiek pustených naraz z rovnakej výšky**

Prečo 2 pingpongové loptičky pustené naraz z tej istej výšky na stôl neskáču rovnako (spolu) až do konca?

- „Nemuseli byť pustené presne naraz (i keď sa zdalo, že áno)“
- „Nemuseli byť pustené presne z tej istej výšky (i keď sa zdalo, že áno)“
- „Jedna loptička môže byť trochu väčšia (ťažšia) ako druhá (i keď na pohľad vyzerajú rovnako)“
- „Hrúbka materiálu loptičky nemusí byť všade konštantná“
- „Je rozdiel či loptička dopadne na spoj materiálu alebo mimo spoja“
- „Závan vzduchu môže ovplyvniť pohyb jednej z loptičky viac“
- „Stôl nemusí byť vodorovný“
- „Stôl má nerovný povrch, sú na ňom nerovnosti - špiny, diery, ...“
- „Pružnosť stola je rôzna v mieste spojov dreva a mimo nich“

*Prípád dvoch rovnakých loptičiek veľmi dobre demonštruje komplexnosť reálnych, aj keď zdanlivo jednoduchých procesov. Proces skákania dvoch rovnakých loptičiek neprebíha učebnicovo – ideálne, ale naopak, so všetkými jemnými odlišnosťami v počiatočných podmienkach (ktorých väčšinu okom ani nezaregistrujeme) ALE prejavujúcimi sa v prebiehajúcom procese stále vo väčšej a väčšej miere<sup>2</sup>.*

---

<sup>2</sup> V teórii chaosu sa citlivá závislosť vývoja systému na počiatočných podmienkach, ktorých malé zmeny môžu mať za následok veľké odchýlky v ďalšom jeho priebehu, ustálila pod názvom „efekt motýľích krídel“  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Butterfly\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Butterfly_effect)