

DVE TVORIVO-OBJAVNÉ DIELNE SCHOLA LUDUS: V ROTÁCII A BERMUDSKÝ TROJHOLNÍK A BUBLINKY

Katarína Teplanová

Národné centrum pre popularizáciu vedy a techniky, Centrum VTI SR

Abstrakt. Predmetom príspevku je metodika tvorivo-objavných dielní SCHOLA LUDUS (TOD), dve fyzikálne TOD, hodnotenie na základe realizácií so žiakmi SŠ a odporúčania pre učiteľov. Poznávanie sa realizuje nad relatívne zložitými reálnymi systémami, s podporou náčrtkov. Prezentované TOD sú postavené nad rovnakými exponátmi rôznym témam. Jedna TOD k približovaniu rotácie ako veľkej téme fyziky pre poznanie sveta a ako teoretického základu pre rozvoj moderných technológií. Druhá TOD k približovaniu rozdielu medzi vedeckými prístupmi, popularizáciou vedy a novinárskymi kačicami. V oboch TOD sa stimuluje pro-vedecké poznávanie a učenie je navzájom komplementárne.

Kľúčové slová: tvorivo-objavná dielňa, pro-vedecké učenie, žiacke predkonceptie

1. Tvorivo-objavné dielne SCHOLA LUDUS (TOD)

Tvorivo-objavné dielne SCHOLA LUDUS (TOD) radíme k formám autentického učenia hrou (Teplanová, 2007a), (Teplanová, 20013). Základným predmetom poznávania je spravidla séria „komplexných interaktívnych systémov“, čo tiež znamená, že žiakov nepodceňujeme a ponúkame im dostatočne náročné prípady. Exponáty musia byť tak atraktívne, aby žiakov zaujali a aby sa chceli s nimi hrať. Práca v TOD musí ponúkať žiakom stimuly aj pre školskú fyziku, aj pre ďalšie hlbšie individuálne poznávanie a uspokojivý pocit z vlastného procesu poznávania. Žiaci / študenti / učitelia v TOD pozorujú prejavy exponátov, hľadajú medzi nimi fyzikálne spojitosti, navrhujú a realizujú s nimi experimenty, vytvárajú si z nich vlastné poznávacie prípady. Inštrukcie sú typu „môžeš“. Môžeš sa s exponátmi hrať. Vytvárať z materiálu, ktorý je k dispozícii vlastné prípady. Mapovať si ich. Kresliť a opisovať pozorované javy a vývojové fázy ich procesov. Tvoriť si názory a otázky ako k pozorovaným javom a procesom dochádza a robiť k nim jednoduché pokusy. Porovnávať pozorované javy a procesy navzájom, hľadať podobnosti a odlišnosti v ich prejavoch. Tvoriť si modely a z nich hypotézy, za akých podmienok k procesom dochádza, akým mechanizmom sa procesy realizujú. Realizovať reálne a myšlienkové experimenty, ktoré hypotézy podporia alebo spochybnia. Vytvárať si pre univerzálne javy fyzikálne modely s fyzikálnymi pojmami a osadzovať si ich do . Osadzovať si pôvod

2. Organizácia TOD

Každá TOD je postavená k téme a problému, ktorý sa viaže na kľúčový exponát / interaktívnu demonštráciu. Ku každému kľúčovému exponátu je postavených niekoľko paralelných interaktívnych exponátov. Konceptia TOD využíva cyklus resp. časť z cyklu učenia SCHOLA LUDUS. Priebeh TOD je rozdelený do niekoľkých sekvencií, ktorých striedanie dodáva učeniu a učeniu sa dynamiku.

- Spoločná sekvencia / úvod k téme s navodením problému na základe priamych ukážok a nastolených otázok.
- Hracia sekvencia / žiaci sa cielene, ale spontánne s exponátmi hrajú, pričom si svoje pozorovania zapisujú a načrtávajú do pripravených pracovných listov.
- Spoločná sekvencia, v ktorej dominujú žiacke myšlienky a hypotézy. Jej výsledkom je nepriame usmernenie zo strany učiteľa / mediátora k problému.

- Hracia sekvencia / žiaci realizujú vlastné malé experimenty. Aplikované myšlienky si zaznamenávajú do pracovného listu.
- Záverečná spoločná sekvencia / sumarizuje sa myšlienková cesta realizovaného poznávania. Tu je priestor aj pre zavádzanie nových fyzikálnych pojmov, aj pre nastolenie kvalitatívne nových fyzikálnych otázok.

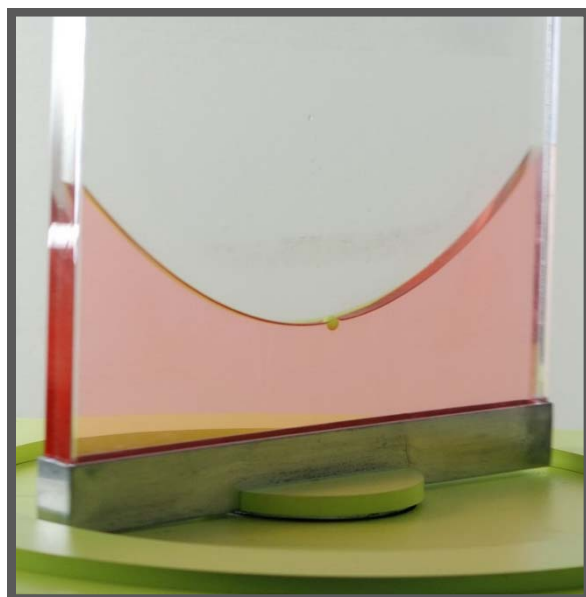
Ešte skôr než nastúpi spoločný úvod, je dôležité nechať žiakom krátky priestor na prvé „voľné stretnutie“ s exponátmi a pomôckami.

Hracie a spoločné, sekvencie sa môžu aj viackrát opakovať. Každá spoločná sekvencia je podporená vizuálne príťažlivou multimediálnou prezentáciou k téme.

Doba trvania jednej TOD závisí na podmienkach. Môže byť 45 minút realizovaná počas vyučovacej hodiny, napr. (Hodosyová, Haverlíková 2005); 90 minút, napr. TOD Kvapky (Teplanová, Matejka, 2007) a nižšie popísané TOD „Bermudský trojuholník a bublinky“ a „V rotácii“, alebo aj 180 minút, napr. v rámci denných táborov (Haverlíková, 2013), či viac.

3. Význam náčrtkov v procese učenia / Prípad úzkeho akvária na rotujúcom tanieri

Relatívne náročný obsah a krátkosť času vymedzená na realizáciu TOD vyžaduje používanie efektívnych mentálnych nástrojov. K nim radíme aj tvorbu náčrtkov (obrázkových poznámok)/obrázkových vtipov, obrázkových modelov). Nižšie uvedený príklad je z prvej sekvencie TOD k exponátu na Obr.1.

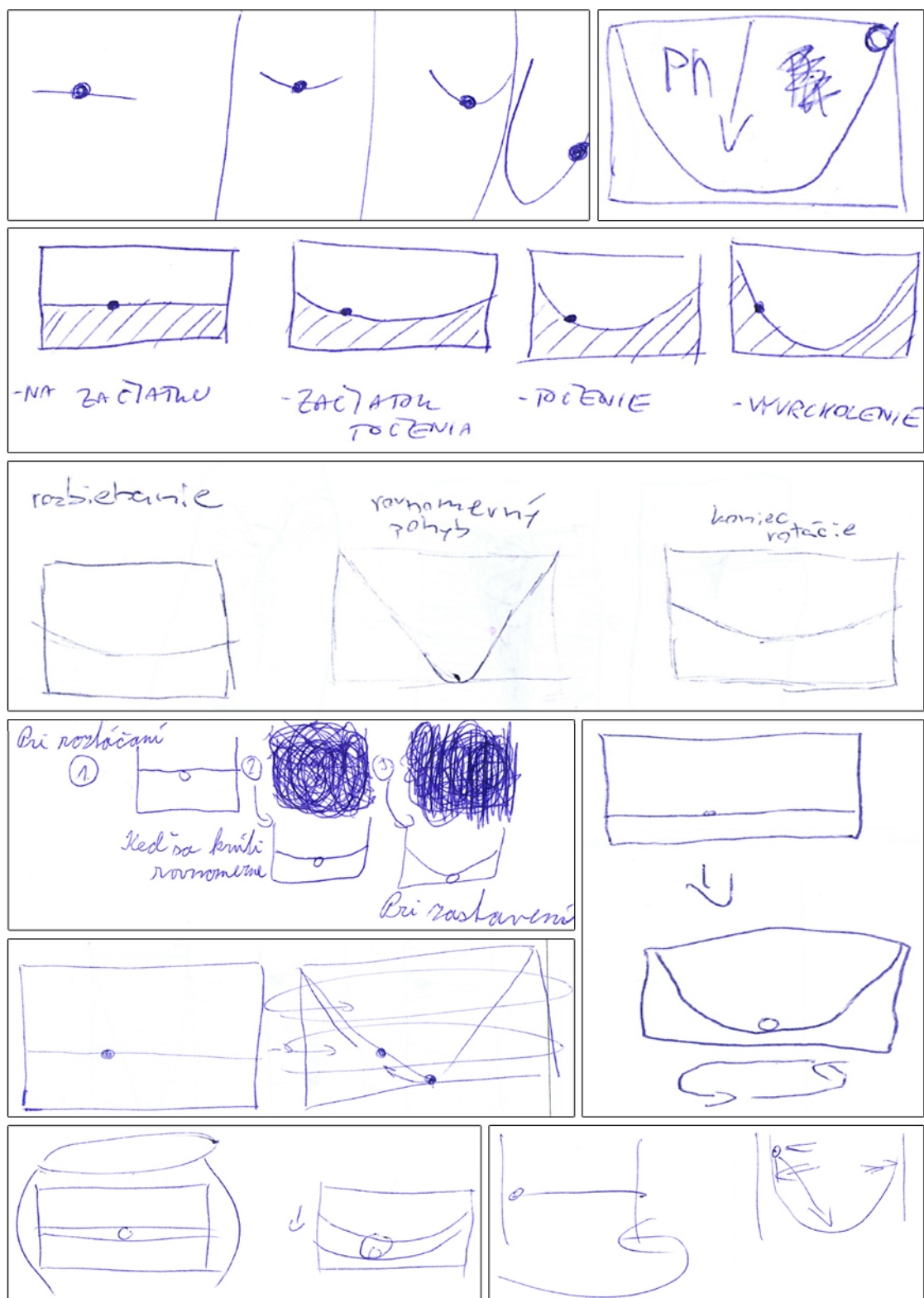


Obr. 1: Úzke akvárium s vodou a loptičkou na rotujúcom tanieri. Rotáciu taniera možno zapnúť gombíkom, vypína sa automaticky. Pozoruje sa meniaci tvar hladiny.

Na začiatku bolo zadanie: Pred začiatkom krútenia je hladina vody v pokoji. *Keď sa tanier silno rozkrúti, voda sa až rozostúpi. Môže pozorovaný jav spôsobiť odstredivá sila? - Môžeš načrtnúť rôzne situácie. Čo sa deje s vodou po zapnutí rotácie/ keď sa tanier krúti rovnomerne / po zastavení rotácie taniera?*

Vytvorené náčrtky (Tab.1) majú síce ďaleko od umeleckej dokonalosti, ich hodnota v procese poznávania je však všeobecne nedocenená.

Tabuľka 1
Ukážky náčrtkov starších žiakov ZŠ a SŠ k exponátu na Obr.1.



Hneď prvou výhodou tvorby náčrtkov je, že do práce sa zapoja spravidla všetci žiaci, pričom sú „nútení“ sústredene a intenzívne sledovať prebiehajúci proces, zamyslieť sa nad zadaným, či pozorovaným prípadom a zachytiť jeho charakteristiky. Výsledkom tejto individuálnej činnosti je, že v krátkom čase máme k dispozícii rôzne žiacke pohľady. Spravidla každý žiacky náčrtok vyjadruje istý postreh, významný detail, *nevedomelú vedeckú predkoncepciu* či *miskoncepciu*:

Proces v akváriu má svoje vývojové fázy. Mení sa tvar povrchu hladiny. Na vodu „pôsobí“ tlak / sila. Poloha loptičky počas rovnomerného krútenia je / nie je v osi. Systém je poháňaný zvonka, medzi rýchlosťou systému a tvarom hladiny existuje závislosť. A pod.

Získané náhľady spolu ponúkajú jedinečný základ k *tematizácii* prejavov dynamického systému a pozorovaného procesu. Žiaci obrázky porovnávajú, pričom si aktívne ujasňujú *fakty k veci* dôležité v ďalšom pre formulovanie problému a, čo je mimoriadne dôležité, odfiltrávajú si prvotné miskoncepce! Stupňuje sa zvedavosť: od pohľadu / otázky typu „kto čo ako zachytil“ k pohľadu „čo všetko v tom hrá úlohu“:

Aký tvar má naozaj hladina vody počas rotácie? Stačí sa zaujímať len o hladinu? Voda v akváriu prúdi! Aké sily ťhnú vodu od osi do strán? Je to naozaj odstredivá sila? Akú úlohu zohrávajú pri formovaní vody steny akvária? Keď sa ustáli krútenie stien, ustáli sa aj tvar vodného telesa a poloha loptičky v rotácii? Ale, poloha loptičky v rotácii závisí od jej počiatočnej polohy, keď sa akvárium začalo krútiť! Zdá sa, že ustálenú polohu loptičky nemožno presne predvídať. Atd'.

(Poznámka: Pre vytvorenie kvalitatívnej predstavy o pohybe vody po spustení rotácie si môžeme akvárium pomyselne rozdeliť na dlhé bunky rovnobežné s osou rotácie. Voda a vzduch v bunke ďalej od osi je pozdĺž celej výšky vystavená väčšiemu momentu síl než voda a vzduch v bunke bližšie k osi. Ďalej môžeme úvaha zredukovať na „nízke bunky“ – úvaha smeruje k modelu pohybu telies na rotačnom tanieri (viď. ďalej), alternatívne k jednoduchému hydrodynamickému modelu, v ktorom sa ale hromadí voda pri stene (čiže predstava je nedostatočná, voda musí stúpať.)

Do procesu tematizácie je veľmi pravdepodobne zainteresovaný každý žiak už tým, že predmetom poznávania je aj jeho náčrtok. Podľa teórie učenia SCHOLA LUDUS [Teplanová, 2007b]) predstavuje tematizácia štádium učenia sa, bez ktorého nie je možné dosiahnuť skutočné, uvedomelé učenie sa. Je to štádium, v rámci ktorého sa učiacemu vynorí problém. Je prirodzeným predstupňom k uvedomelému učeniu.

K rozvoju zručnosti rýchlo a výstižne zachytiť detail a podstatu procesu, kresliť náčrtky, modely a pod. bola vyvinutá v spolupráci s britským výtvarníkom Ianom Keeblom špeciálna výtvarná TOD (Teplanová, 2007c).

4. Dve TOD pre malé pilotné programy SEE Science

V rámci pilotného programu pre nadnárodný projekt SEE Science, ktorý je zameraný na podporu inovácií budovaním kapacít centier vedy v Juhovýchodnej Európe, boli pripravené dve motivačno-stimulačné TOD: „V rotácii“ a „Bermudský trojuholník a bublinky“. Obe boli realizované nad šiestimi rovnakými interaktívnymi exponátmi:

1. Valec s vodou, bublinkami a lodičkou na hladine. Na dne valca je otvor, cez ktorý sa krútením kľuky vháňajú z kompresora bublinky. Lodička sa potopí.
2. Valec s vodou, na dne ktorého je turbína. Kľukou je možné roztočiť a udržiavať vír.
3. Úzke akvárium s vodou a loptičkou na rotujúcom tanieri. Rotáciu taniera možno zapnúť, vypína sa automaticky. Pozoruje sa hladina.
4. Silný prúd vzduchu, do ktorého sa vkladajú stuhy na testovanie prúdnic a lopty rôznej kvality, ktoré sa držia v prúde, rotujú v ňom, oscilujú, vibrujú.
5. Saponátové blany na väčších rovinných rámoch v tvare kruhu a hviezdy so zameraním sa na procesy vo vnútri blany, tečenie, prúdenie, vírenie.
6. Rotujúci tanier na ktorý sa ukladajú alebo vpúšťajú telieska. Tanier možno zapnúť a vypnúť.

Obe TOD sa líšili témou, cieľom, kľúčovými pojmami, kľúčovou úlohou a problémom, otázkami a úlohami.

4.1 TOD „V rotácii“

Cieľ TOD: Priblížiť adresátom rotačný pohyb ako veľkú tému pre fyziku, jej význam pre poznávanie sveta, aj osobne a ako teoretický základ pre rozvoj moderných technológií.

Ústredný problém: Rotačný pohyb, jeho vznik, udržiavanie a zánik.

Kľúčový problém: Pustiť koliesko na rotujúcom tanieri tak, aby „rotovalo a pritom stálo na mieste“. K dispozícii je viacero koliesok s rôznym tvarom, veľkosťou, hmotnosťou, povrchom. Namiesto profesionálneho rotačného taniera možno použiť napr. otočný podnos. (Obr.2a,b,c)

Kľúčové fyzikálne pojmy: uhlová rýchlosť, obvodová rýchlosť, moment zotrvačnosti, moment hybnosti, moment sily; odstredivá sila, trenie.

Otázky / úlohy k paralelným exponátom / prípadom:

- Objaviť podobnosť medzi pohybom autíčok na rotujúcom tanieri a pohybom vody, ktorá sa nachádza v úzkom akváriu na rotujúcom tanieri. Aké sily vynášajú telesá od osi rotácie?
- Hľadať pôvod momentu síl pôsobiaci na loptu v prúde vzduchu.
- Pozorovať turbulencie na tenkej blane. Ako môže v tenkej blane dochádzať k rotačnému pohybu?
- Rozkrútiť vír, udržiavať rovnaký „lievik“ a určiť, kde začína a kde končí vír. Akú má uhlovú rýchlosť a či má dobrý význam diskutovať pri víre o momente zotrvačnosti.
- Závery ku každému paralelnému prípadu vzťahovať ku kľúčovému prípadu.



Obr.2a,b: Experimentovanie nad kľúčovým exponátom TOD V rotácii.

Obr. 2c Obrázok vznikol spojením sekvencia 430 fotozáznamov v intervale 3,3 ms
(autor Zelenák 2013)

4.2 TOD „Bermudský trojuholník a bublinky“

Cieľ TOD: Na príklade údajného miznutia lodí a lietadiel v oblasti takzvaného Bermudského trojuholníka poukázať na rozdiel medzi vedeckými prístupmi, popularizáciou vedy a novinárskymi kačicami a rozvíjať u adresátov kritické myslenie.

Kľúčový problém: Fáma o miznutí lodí a lietadiel v oblasti Bermudského trojuholníka.

Kľúčové otázky:

- Ako sú podložené tvrdenia o miznutí lodí a lietadiel?
- Môže sa loď prepadnúť do bubliny (podľa známej hypotézy o metánových bublinách)?
- Menia bubliny hustotu vody?

Kľúčový exponát: Valec s vodou, loďkou, otvorom v dne a kľukou na vháňanie bublín.

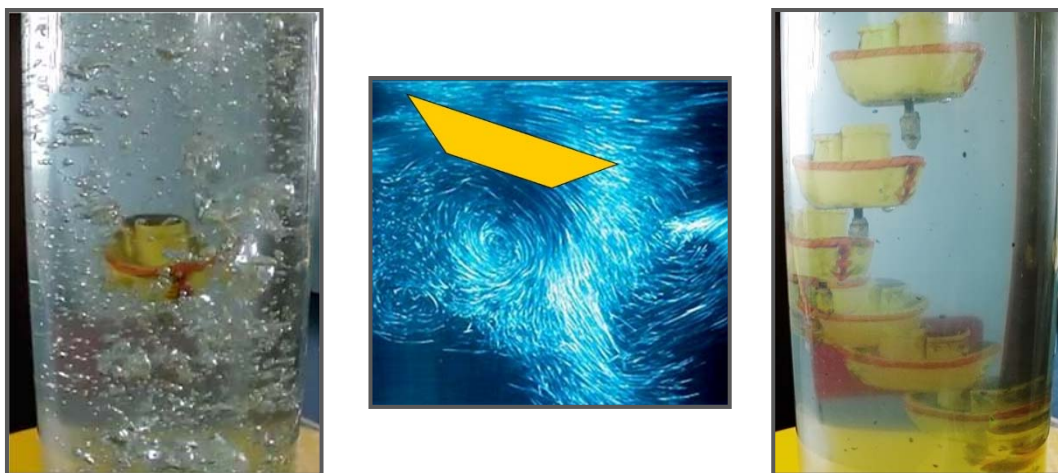
Kľúčové fyzikálne pojmy: hustota, povrchové napätie, viskozita, Archimedov zákon, prúdenie a vnútorné trenie; obtekanie, vírenie a vytlačanie

Kľúčová fyzikálna úloha: V rámci možností preveriť hypotézu, podľa ktorej bolo náhle miznutie

lodí a lietadiel zapríčinené veľkými bublinami metánu (May, Monaghan, 2003). (Poznámka: Autori vytvorili túto originálnu hypotézu v rámci výskumu rizika pre plávajúce objekty ako sú naftové plošiny, rybárske člny a pod. v Severnom mori a nie pre miznutie objektov v Bermudskom trojuholníku, kde sú veľké bubliny metánu nepravdepodobné.)

Otázky / úlohy k paralelným exponátom / prípadom:

- Je lopta v prúde vzduchu dobrým modelom bublinky v prúde vody?
- V čom je mechanizmus vzniku turbulencií za bublinkami podobný mechanizmu vzniku víru vo valci s turbínou, či v tenkej blane? A pod.
- Mohli loď strhnúť víry okolo bubliny, ktoré vzniknú potom, čo bublina vytlačí hladinu? (Okolo vytlačenej bubliny vzniká priepasť. Pokiaľ sa loď do nej dostane a zaleje ju voda z rozpadávajúcej sa hladiny nad bublinou, loď sa potopí. Demonštráciu si možno vyrobiť aj vo vani, keď sa pri dne praskne veľký balón (Obr.4).



Obr.3 a-c: K TOD Bermudský trojuholník a bublinky.

3a: V bublinkách je loďka potopená,

3b (obrázok-model): na lokálnych turbulenciách sa prevaľuje.

3c: Keď sa prívod bubliniek po dostatočne dlhom čase zastaví, loďka stúpa po špirále.

Loďka sa nepotápa len z dôvodu menšej hustoty. Pozorovaním zistíme, že lodička sa v bublinkách nielen potopí (Obr.3a), ale aj nepravidelne prevaľuje zo strany na stranu (3b). Bublinky sú rôzne veľké. Obzvlášť väčšie bublinky majú nepravidelné tvary. Deformované sú zdola. Pohybujú sa nepokojne. Nestúpajú zvislo hore. Zaujímavé je, že keď už valcom prejde „dostatočne veľa bubliniek“, možno pozorovať, jemné usmernené unášanie bubliniek – bublinky akoby stúpali po špirále. A keď bublinky prestaneme vpúšťať do valca, loďka stúpa po špirále (Obr.3c). Novými otázkami sú: Ako vzniká vo valci usporiadané prúdenie? Na stúpajúce bubliny sa môžeme pozerať aj ako na fyzikálne telesá, ktoré sú obtekané kvapalinou. Za každým telesom - bublinou vznikajú turbulencie (van Dyke, 1982). Keď sa malé víry stretnú, prenikaním turbulencií do seba vznikajú väčšie, až sa v ohraničenom priestore vytvorí jedno silnejšie turbulentné prúdenie. Súčasne, za pohybujúcimi sa bublinkami vznikajú ďalšie malé víry.



Obr.4 Experiment. Zdroj: video <http://www.youtube.com/watch?v=eD7onTMVXfl> z 2.9.2012.

5. Hodnotenie TOD a odporúčanie pre

Učítelia si mohli z oboch ponúkaných tém pre TOD vybrať. Deväť učiteľov z desiatich si vybralo „Archimedov zákon“, pretože téma je v učebných osnovách, kým rotácia tam nie je! Atmosféra tvorivo-objavných dielní silne závisí od učiteľa/mediátora a žiakov/účastníkov TOD. Niektorí učítelia považovali tému o Bermudskom trojuholníku k Archimedovmu zákonu vopred za zbytočnú. V rámci realizácie oboch tvorivo-objavných dielní SCHOLA LUDUS sa má cez poznávanie vybraných reálnych komplexných procesov stimulovať pro-vedecké myslenie žiakov a múdrosť k vede. Nutnou podmienkou k naplneniu tohto cieľa je pre fyziku nadšený, tvorivý učiteľ. Pre učiteľa je dôležité sledovať myšlienkový proces žiakov, akceptovať ich koncepcie a usmerňovať ich ku kľúčovému problému a kľúčovým otázkam. Tu sú veľkou pomôckou žiacke protokoly, spracované po absolvovaní TOD a opäť nákresy.

Pre učiacich je najťažšie prejsť od vlastnej naratívnej predstavy do fyzikálneho modelu s fyzikálnymi pojmami, ktoré ešte nie sú dobre osvojené. Je nepravdepodobné, že žiaci si v rámci jednej TOD vytvoria predstavy, ktoré by zodpovedali vedeckým modelom a toto sa od TOD neočakáva. Rozvíja sa zručnosť pozorovať procesy a zachytávať podstatné črty a detaily procesu, zdieľať ich, argumentovať, tvoriť otázky, tvoriť hypotézy, experimentovať. Aj počas jednej dielne je ale možné sledovať nárast záujmu žiakov o vec, zapájanie sa do diskusie a kvalitatívny posun v nazeraní na problém.

Dielňa je účinnejšia, keď sú účastníci na tému TOD vopred pripravení. Účinok dielne sa ešte umocní, keď po absolvovaní TOD vyzve učiteľ žiakov k spracovaniu protokolu, z ktorého získa informácie o tom, ako žiaci porozumeli téme a jednotlivým komplexným prípadom.

Spravidla je nutné k prípadom sa vrátiť a spoločne a opakovane si ich so žiakmi rozoberať. Keďže z podstaty reálnych systémov sa komplexné prípady dotýkajú vždy viacerých fyzikálnych javov súčasne, jeden systém možno využiť k rôznemu učivu. Významnou hodnotou z takéhoto učenia potom je, že reálne procesy sú od začiatku vnímané v ich komplexnosti. Žiakom treba aj explicitne zdôrazniť, že nadobudnuté poznatky a pro-vedecké zručnosti nie sú izolované: „Je úžasné, že fyzici dokázali zo zložitej reality vyabstrahovať podstatné javy. Je na nás, aby sme ich dokázali vnímať, pracovať s nimi a rozvíjať ich nad reálnymi systémami vo vzájomných súvislostiach.“

Obe TOD, „V rotácii“ aj „Bermudský trojuholník a bublinky“, boli realizované mediátormi mimo školy, v trvaní 90 minút. V ďalšom sa počíta s tým, že TOD si budú, na základe poskytnutých materiálov, realizovať aj samotní učítelia. Materiály k obojmu TOD budú dostupné na www.scholaludus-online.sk.

Pre hlbšie poznávanie komplexných systémov a postupné budovanie fyzikálneho obrazu sveta, sa na základe TOD vyvíjajú takzvané *čierne skrinky SCHOLA LUDUS* (Teplanová, Zelenák, 2013).

Aplikované komplexné prípady patria aj pre odborníkov medzi ťažké a otvorené. Napriek tomu si myslíme, že pre žiakov stredných škôl sú primerané a, pokiaľ chceme zvrátiť stav záujmu žiakov o fyziku, sú aj nutné. TOD je jednou časťou cesty ako to dosiahnuť.

Literatúra

van Dyke, 1982: Milton: An album of fluid motion, Stanford University

HAVERLÍKOVÁ, V. sept.2013. *Summer Camps SCHOLA LUDUS: Experimentáreň*. In. 10th International Conference on Hands-on Science, 1. – 5.7.2013, Košice, Slovensko (v tlači)

HODOSYOVÁ, M - HAVERLÍKOVÁ, V. 2005. *Tvorivo-objavné modelovanie fyzikálnych javov*. In: Matematika, informatika, fyzika, Roč. 19, č. 35 (2010), 55-60

MAY, D. A. - MONAGHAM, J. J. 2003. *Can a Single Bubble Sink a Ship?* American Journal of Physics, Volume 71/ 2003

TEPLANOVÁ, Katarína. 2007a. *Ako transformovať vzdelávanie. Stratégie a nástroje SCHOLA LUDUS na komplexné a tvorivé poznávanie a učenie*. 1. vyd. Bratislava. MPC, 2007. 120 s. ISBN 978-80-8052-287-2

TEPLANOVÁ, Katarína. 2007b. *Vývojové štádiá učenia sa*. In: *Ako transformovať vzdelávanie. Stratégie a nástroje SCHOLA LUDUS na komplexné a tvorivé poznávanie a učenie*. 1. vyd. Bratislava. MPC, 2007, s.15-16. ISBN 978-80-8052-287-2

TEPLANOVÁ, K. 2007c. *Výtvarná tvorivo-objavná dielňa SCHOLA LUDUS*. In: *Ako transformovať vzdelávanie. Stratégie a nástroje SCHOLA LUDUS na komplexné a tvorivé poznávanie a učenie*. 1. vyd. Bratislava. MPC. 2007. kap.7.3, s.89-94. ISBN 978-80-8052-287-2

TEPLANOVA, K. - MATEJKA, M. 2007. *Creative-Discovery Workshop on Droplets and Dripping*. In: *Frontiers of Physics Education, GIREP-EPEC Conference 2007, Selected Contribution, Opatija. 2007*, s. 158-171. Dostupné na <http://www.scholaludus.sk>.

TEPLANOVA, K. 2013. *Veda do škôl, cesta k vede*. In: e-Zborník z konferencie Čaro vedy sa začína v škole. Prírodné vedy v slovenskom školstve a ich budúcnosť. Bratislava. RAABE a PriF UK. 2013. (v tlači). Dostupné na: <http://www.scholaludus.sk>.

TEPLANOVA, K. - ZELENÁK, M. 2013. *Nové formy popularizácie vedy: Poznávacie e-prípady SCHOLA LUDUS*. In: 20. konferencia slovenských fyzikov 2013. Bratislava, .2.-5.9.2013 (v príprave).

RNDr. Katarína Teplanová, PhD.

NCPVaT CVTI SR, Lamačská cesta 8/A, 811 04 Bratislava, SR

e-mail: kteplanova@nexta.sk, telefón: +421 2 5477 1205