

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky



**Komplexný prístup k jednoduchým
fyzikálnym experimentom**

Dizertačná práca

Autor: Mgr. Viera Biznárová

Školiteľ: prof. RNDr. Peter Lukáč, DrSc.

Školiteľ konzultant: RNDr. Katarína Teplanová, PhD.

Bratislava 2003

Úvod.....	6
I. Súčasný stav problematiky.....	8
I.1 Spôsoby učenia.....	9
I.2 Úrovne poznatkov.....	11
I.3 Kognitívny vývin podľa teórie konštruktivismu	13
I.3.1 Etapy kognitívneho vývinu podľa teórie konštruktivismu.....	13
Hlavné zmeny počas kognitívneho vývinu.....	15
Prechod od etapy konkrétnych operácií k etape formálneho myslenia.....	15
I.3.2 Fázy poznávacieho procesu.....	16
I.4 Reformy školského vzdelávania.....	17
I.4.1 Zmeny vzdelávacích cieľov.....	19
I.4.2 Zmeny obsahu vzdelávania.....	21
I.4.3 Zmeny vyučovacích metód.....	22
I.4.4 Konštruktivistické vyučovacie metódy.....	23
Projekt FAST	24
I.5 Celoživotné neformálne vzdelávanie.....	25
I.5.1 Prepojenie neformálneho a formálneho vzdelávania.....	26
I.5.2 Poznávanie prostredníctvom hry.....	27
I.5.3 Neformálne poznávanie rukami, hlavou a srdcom.....	28
I.5.4 Kritériá pri tvorbe vzdelávacích exponátov, experimentov.....	30
I.5.5 Hodnotenie úspešnosti procesu neformálneho vzdelávania	31
I.5.6 Projekt SCHOLA LUDUS.....	32
II. Cieľ dizertačnej práce.....	34
II.1 Východiskové predpoklady, základné otázky.....	34
Základné otázky.....	34
II.2 Cieľ dizertačnej práce.....	35
III. Orientačný výskum zameraný na používanie a chápanie fyzikálnych pojmov žiakmi základných škôl	
a komplexnosť prístupu žiakov k fyzikálnym procesom	37
III.1 Cieľ orientačného výskumu.....	37
III.2 Vytvorenie výskumného prostredia	
- projekt neformálneho vzdelávania	37
III.2.1 Vzdelávacie ciele projektu Mysli, urob, ukáž.....	38
III.2.2 Metodika realizácie vzdelávacieho projektu.....	39
III.2.3 Časová organizácia projektu.....	39
III.2.4. Prínos projektu neformálneho vzdelávania.....	40
III.3 Opis procedúr a techník orientačného výskumu.....	41
III.4 Výskumná vzorka – žiaci a ich pokusy.....	42
III.5 Prehľad demonštrácií podľa témy.....	44
III.6 Vyhodnotenie žiackych prístupov k prezentácii vlastnej demonštrácie	46
Poukázanie na prípravnú fázu demonštrácie.....	47
Hľadanie podobností a odlišností.....	47
Prepojenie s praxou.....	48
Potreba vysvetliť prezentovaný jav.....	50
III.7 Žiacke vysvetlenia prezentovaných javov.....	51
III.7.1 Predkoncepcie.....	51
III.7.2 Miskoncepce.....	51
III.7.3 Používanie matematického formalizmu.....	52
III.8 Výber oblasti a kľúčových pojmov pre ďalší výskum.....	53

IV. Problémy žiakov pri chápaní základných pojmov mechaniky tekutín v kontexte s výsledkami zahraničného výskumu.....	54
IV.1 Základné problémy žiakov.....	54
IV.1.1 Chápanie pojmu tlak.....	55
IV.1.2 Vnímanie príčiny pohybu tekutín.....	58
IV.1.3 Archimedov zákon.....	60
IV.2 Spôsob zavedenia základných pojmov mechaniky tekutín v učebniciach fyziky.....	61
IV.3 Žiacke modely pojmu tlak podľa Psillosa.....	62
IV.4 Návrh konštruktivistického vyučovacieho postupu podľa Psillosa.....	63
V. Výskum zameraný na komplexnosť prístupu k jednoduchým experimentom orientovaný na budovanie základných fyzikálnych pojmov.....	66
V.1. Cieľ a výskumné otázky.....	66
V.2 Výber kľúčových demonštrácií pre výskum.....	67
V.2.1 Prezentácia 1. demonštrácie v literatúre prístupnej žiakom a učiteľom.....	69
V.2.2 Naša prezentácia 1. demonštrácie a očakávané prístupy žiakov	70
Realizácia demonštrácie – spôsob prvého predvedenia demonštrácie.....	70
Pozorovateľný efekt.....	70
Prvé otázky pozorovateľa.....	70
Prvé odpovede.....	70
Dôslednejšie pozorovanie	70
Čo sme od žiakov očakávali.....	70
V.2.3 Prezentácia 2. demonštrácie v literatúre prístupnej žiakom a učiteľom.....	71
V.2.4 Naša prezentácia 2. demonštrácie a očakávané prístupy žiakov.....	73
Realizácia demonštrácie – spôsob prvého predvedenia demonštrácie.....	73
Pozorovateľný efekt.....	73
Prvé otázky pozorovateľa.....	74
Prvé odpovede.....	74
Dôslednejšie pozorovanie	74
Čo sme od žiakov očakávali.....	74
a) k otázke zhasnutia sviečky.....	74
b) k otázke vystúpenia vodnej hladiny v pohári.....	74
V.3 Výskumná vzorka.....	75
V.4 Výskumná metodika.....	77
V.5 Zistenia.....	78
V.5.1 Prístupy žiakov.....	78
V.5.2 Opisy a vysvetlenia 1. demonštrácie.....	80
Opis	80
Vysvetlenie.....	81
V.5.3 Opisy a vysvetlenia 2. demonštrácie.....	83
Opis.....	83
Vysvetlenie.....	84
V.6 Závery výskumu.....	87
VI. Budovanie základných fyzikálnych pojmov pomocou jednoduchých reálnych demonštrácií.....	89
VI.1 Kedy podložka nespadne?.....	90
VI.1.1 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 7. ročník základnej školy.....	90
Cieľ.....	90
Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny.....	91

VI.1.2 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 2. ročník gymnázia.....	94
Cieľ.....	94
Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny.....	94
VI.1.3 Analýza javu z pohľadu pôsobiacich síl.....	97
VI.1.4 Návrh doplňujúcich demonštrácií.....	100
VI.1.5 Odhad veľkosti pôsobiacich síl (ZŠ).....	101
Aké sily pôsobia na podložku, aké sú ich veľkosti?	101
Aký je tlak vzduchu uzavretého v pohári?.....	105
VI.1.6 Odhad veľkosti tlaku uzavretého vzduchu a veľkostí pôsobiacich síl (gymn.).....	105
Odhad maximálnej hmotnosti podložky, ktorú je možné udržať	108
VI.1.7 Teoretický odhad zmeny objemu uzavretého vzduchu (gymn.).....	108
.....	111
Ďalšie námety.....	113
VI.2 Vytiahni mincu z vody / Prečo voda vystúpi do pohára?.....	116
VI.2.1 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 7. ročník základnej školy.....	116
Cieľ.....	116
Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny.....	116
VI.2.2 Možné návrhy riešenia problému (ZŠ).....	118
VI.2.3 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 2. ročník gymnázia.....	120
Cieľ.....	120
Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny.....	120
VI.2.4 Schematický nákres priebehu demonštrácie	122
VI.2.5 Analýza javu	123
Vplyv teplotných zmien.....	124
Vplyv chemickej reakcie.....	124
VI.2.6 Návrh obmien kľúčovej demonštrácie a doplňujúcich demonštrácií.....	125
Obmeny kľúčovej demonštrácie.....	125
Návrh doplňujúcich demonštrácií.....	126
Záver.....	128
Výsledky dizertačnej práce.....	128
Projekt neformálneho vzdelávania.....	128
Orientačný výskum.....	128
Výskum zameraný na komplexnosť prístupov k jednoduchým experimentom.....	130
Návrh konkrétneho vzdelávacieho postupu.....	131
Záver pre uplatnenie zistení v pedagogickej praxi a pre ďalší výskum.....	131
Zoznam použitej literatúry.....	133
Príloha A.....	139
Evaluácia dotazníka pre tvorbu exponátov v centrách vedy podľa Tulley	139
Literatúra:.....	140
Príloha C.....	141
Zostrih záznamu prezentácií žiackych fyzikálnych demonštrácií.....	141
Príloha D.....	142
Ukážky žiackych fyzikálnych predkonceptíí zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“	142
Sila a pohyb.....	142
vznik bezťažového stavu.....	142
zákon zachovania hybnosti.....	142

Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov.....	142
nafúkanie balóna zvýšením teploty uzavretého plynu.....	142
pokus nafúkať balónik vo fľaši, natiahnutý na jej hrdlo:.....	143
vťahnutie uvareného ošúpaného vajíčka položeného na hrdle fľaše, v ktorej horí papier:.....	143
automatické napájadlo (fľaša s vodou otočená hore dnom, ponorená hrdlom v miske s vodou):.....	143
fúknutie medzi plastové fľaše, resp. balóny, voľne visiace na nitkách (aerodynamický paradox):.....	144
demonštrácie povrchového napätia rozhrania kvapalina – vzduch:.....	144
Elektromagnetické javy	144
domáci elektroskop.....	144
magnetické vlastnosti látok.....	145
Svetelné javy	145
„vodná lupa“ (vrstva vody naliata do preličeného celofánu prichyteného po obvode pohára).....	145
Akustika	145
fúkanie do fľaše čiastočne naplnenej vodou.....	145
Príloha E.....	146
Ukážky žiackych fyzikálnych miskoncepcií	
zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“	146
Sila a pohyb.....	146
zákon zotrvačnosti:.....	146
pohybové zákony:.....	146
otáčavé účinky sily - kladka, kladkostroj:.....	147
deformačné účinky sily.....	147
skladanie síl.....	147
Práca, energia, teplo	147
tepelná vodivosť.....	147
Elektromagnetické javy.....	148
Elektrické pole.....	148
Magnetické pole.....	148
Elektromagnetické javy.....	148
Svetelné javy.....	148
Lom svetla - vrstva vody naliata do preličeného igelitu funguje ako lupa.....	148
Príloha F.....	149
Prehľad zavedenia vybraných pojmov	
mechaniky tekutín v slovenských učebniciach.....	149
F.1 Pojmy tekutina, kvapalina, plyn, tuhá látka	149
3. ročník základnej školy.....	149
6. ročník základnej školy.....	150
7. ročník základnej školy.....	151
1. ročník gymnázia.....	152
2. ročník gymnázia.....	152
F.2 Pojem tlak.....	153
7. ročník základnej školy.....	154
1. ročník gymnázia.....	159
2. ročník gymnázia.....	159
F.3 Pojem sila.....	162
3. ročník základnej školy.....	163

6. ročník základnej školy.....	163
7. ročník základnej školy.....	164
1. ročník gymnázia.....	167
2. ročník gymnázia.....	168
F.4 Literatúra:.....	168
Príloha G.....	170
Návrh štruktúry vyučovacej jednotky „Kedy podložka nespadne?“	170

PRÍLOHY:

A - Evaluačný dotazník pre tvorbu exponátov v centrách vedy podľa Tulley.....	134
B - Metodická brožúrka pre učiteľov k projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ .	136
C - Zostrih záznamu prezentácií žiackych fyzikálnych demonštrácií.....	155
D - Ukážky žiackych fyzikálnych predkonceptíí zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“	159
E - Ukážky žiackych fyzikálnych miskoncepcií zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“	163
F - Prehľad zavedenia vybraných pojmov mechaniky tekutín v slovenských učebniciach..	166
G - Návrh štruktúry vyučovacej jednotky „Kedy podložka nespadne?“	185

Úvod

„Len ak budú ľudia rozumieť svetu okolo seba, alebo ak budú aspoň presvedčení, že by mu porozumeli, keby chceli, budú mať tiež pocit, že môžu svojím rozhodnutím alebo činnosťou niečo zmeniť.“ [1]

Väčšina obyvateľov Európy má k fyzike zdržanlivý vzťah. Súdiac podľa spôsobov, akými je slovo fyzika používané médiami a väčšinou spoločnosti, zdá sa, akoby znamenalo niečo ťažko pochopiteľné, niečo mysteriózne, ak nie priamo nebezpečné.[2, 3]

Pritom kvalita života v rozvinutých krajinách je priamym výsledkom hlbšieho preniknutia do prírodných zákonitostí. Veda pomáha rozvíjať schopnosti kritického myslenia a poskytuje praktické skúsenosti s využívaním dôkazov pri rozhodovaní. Stále väčšie množstvo profesií si vyžaduje pochopenie vedeckých princípov a vo väčšine zamestnaní sa stáva kľúčovou schopnosť riešiť problémy a vedieť sa rozhodnúť. Obzvlášť dôležité sa javí podporiť fyzikálne povedomie mladých ľudí, ktorí prijímajú síce veľké množstvo informácií (najmä prostredníctvom televízie a internetu), zväčša však ide o náhodne pozbierané informácie, ktorým chýba skúsenostné a poznatkové zázemie. Ak chceme zmeniť fyzikálne povedomie verejnosti, je potrebné, aby sa do tejto snahy zapojili školy, vedci, predstavitelia médií, centrá vedy [2].

Zámerom predloženej práce je na konkrétnom príklade rozpracovať metodiku aktívneho poznávania žiakov vychádzajúceho z prirodzenej zvedavosti a záujmu žiakov, postaveného na osobnej konštrukcii poznatku a tým prispieť k zmene fyzikálneho vzdelávania tak, aby:

- žiaci chápali fyzikálne vzdelávanie ako prirodzenú súčasť všeobecného vzdelávania dávajúcu odpovede na otázky bežného života a vytvorili si k nemu pozitívny vzťah;
- sa výsledky fyzikálneho vzdelávania stali pre žiakov účinným nástrojom rozhodovania a riešenia problémov aj mimo oblasti fyziky;
- žiaci vnímali fyzikálne vzdelávanie ako prospešné z hľadiska osobného rozvoja, ako aj z hľadiska svojej profesionálnej prípravy;
- si žiaci prostredníctvom fyzikálneho vzdelávania vytvorili celoživotnú potrebu prírodovedného poznávania;
- aby žiaci fyziku vnímali ako zaujímavú a prospešnú vedu.

Práca je rozčlenená do šiestich kapitol. Prvá kapitola je venovaná súčasným prístupom k vzdelávaniu. Zadefinované sú základné druhy učenia, zvláštna pozornosť je venovaná konštruktivistickej teórii kognitívneho vývinu. Ďalšie časti sú venované súčasným snahám o reformy školského vzdelávania a charakteristike prístupov uplatňovaných v oblasti neformálneho vzdelávania.

V druhej kapitole sú vymedzené východiská, základné otázky a úlohy výskumnej časti dizertačnej práce.

Tretia kapitola je zhrnutím metodiky a výsledkov orientačného výskumu zameraného na zistenie prístupu žiakov základných škôl k jednoduchým fyzikálnym experimentom a na používanie fyzikálnych pojmov pri neformálnej prezentácii vlastných žiackych demonštrácií. Samostatná časť je venovaná projektu neformálneho vzdelávania, prostredníctvom ktorého sme získavali údaje pre orientačný výskum. V závere tretej kapitoly je zdôvodnený výber oblasti fyziky - mechaniky tekutín - pre ďalší výskum zameraný na zistenie komplexnosti prístupu žiakov základných a stredných škôl k jednoduchým experimentom.

Štvrtá kapitola ponúka prehľad ťažkostí žiakov pri chápaní základných pojmov z oblasti mechaniky tekutín podľa výsledkov zahraničných výskumov a našich výsledkov získaných v rámci orientačného výskumu.

V piatej kapitole sú definované ciele a výskumné otázky zamerané na zistenie komplexnosti prístupu žiakov základných a stredných škôl k reálnym experimentom. Samostatná časť je venovaná zdôvodneniu výberu kľúčových demonštrácií, a spôsobu ich prezentácie, opísaný je očakávaný prístup žiakov k vybraným demonštráciám. Nasleduje charakteristika respondentov, opis výskumnej metodiky a prehľad získaných výsledkov.

V šiestej kapitole sú uvedené návrhy na využitie vybraných demonštrácií v školskom vyučovaní. Zvolené metodické spracovanie zohľadňuje výsledky uskutočneného výskumu.

Dizertačná práca bola vypracovávaná ako súčasť projektu KEGA 57/3 „Putovná interaktívna výstava SCHOLA LUDUS - VEDECKÁ HRAČKA '96, tvorivé objavovanie a budovanie základných pojmov“ riešeného Oddelením neformálneho vzdelávania Katedry humanistiky Matematicko-fyzikálnej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave rokoch 1996 - 1998 a projektu KEGA 58/2001 „Rozvoj neformálneho celoživotného vzdelávania formou projektov SCHOLA LUDUS so zameraním sa na učiteľov fyziky ZŠ“ s dobou riešenia 2001 - 2003.

I. Súčasný stav problematiky

Spoločnosť prechádza neustálymi zmenami. Čoraz dôležitejším sa stáva prístup k najnovším informáciám a vedomostiam, schopnosť využívať informačné zdroje a motivácia k učeniu. Očakáva sa, že v budúcnosti budú ľudia konať ďaleko autonómnejšie, na čo sa tiež musia pripraviť. Predpokladom úspešnej transformácie spoločnosti sa tak stávajú zmeny v oblasti vzdelávania. V rámci základného vzdelania sa majú mladí ľudia predovšetkým naučiť, ako sa učiť a osvojiť si pozitívny vzťah k celoživotnému učeniu. Ďalšie vzdelávacie aktivity počas celého života si budú plánovať len vtedy, ak sa budú chcieť učiť.

Ak skúsenosť so vzdelávaním z ranného veku bude neúspešná a osobne negatívna, ľudia nebudú chcieť pokračovať v procese učenia sa. Ak obsah a metódy vzdelávania nebudú brať do úvahy kultúrne perspektívy a životné skúsenosti adresátov, ak vedomosti, zručnosti a odbornosť, ktorú už majú, nebudú citelne zohľadnené, či už z ich osobného hľadiska, alebo z hľadiska pracovného postupu, nebudú sa cítiť motivovaní, aby sa zúčastňovali na ďalšom vzdelávaní. [4]

V súčasnosti sa vo svete rozlišujú tri základné kategórie vzdelávacích aktivít, ku ktorým by mal mať každý jednotlivец prístup počas celého života [podľa 4, 5]:

- formálne vzdelávanie, ktoré prebieha v školách, vo vzdelávacích a tréningových inštitúciách a smeruje k získaniu diplomu alebo certifikátu;
- neformálne vzdelávanie (*non-formal education*) – cielene pripravované a cielene prijímané vzdelávanie, ktoré ale zvyčajne nevedie k získaniu formálneho certifikátu, kvalifikácie; môže prebiehať v škole, na pracovisku, prostredníctvom mimovládnych organizácií, inštitúcií, ktoré boli vytvorené na doplnenie formálneho systému vzdelávania (napr. škôl umenia, záujmových krúžkov) alebo inštitúcií neformálneho vzdelávania (napr. centier vedy, verejných prednášok, múzeí);
- neinštitucionálne vzdelávanie (*informal education*), ktoré je prirodzenou súčasťou každodenného života; nemusí byť nevyhnutne zámerným učením sa a učiaci sa ho nemusia vnímať ani ako príspevok k svojim vedomostiam a zručnostiam.

Vymedzenie pojmov *non-formal* a *informal education* nie je jednotné, pre porovnanie pozri napríklad [6, 7]. V tejto práci budeme používať pojmy formálne, neformálne a neinštitucionálne vzdelávanie v zmysle vyššie uvedených definícií.

Pri formovaní spôsobov poskytovania vzdelávania a všeobecne pri chápaní toho, čo je vzdelávaním, je dosiaľ uprednostňované formálne vzdelávanie. Neformálne vzdelávanie je spoločensky podhodnotené. Nebolo a zväčša ešte stále nie je považované za "skutočné" vzdelávanie, ale len za vyplňanie voľného času, hru. Neinštitucionálne vzdelávanie sa v súčasnom systéme vzdelávania ignoruje. [4] Pritom dynamické spolužitie formálneho, neformálneho a neinštitucionálneho vzdelávania je predpokladom ich dynamického rastu [7]. Neformálne a neinštitucionálne vzdelávanie predstavujú obrovskú rezervu vzdelávania a mohli by sa stať dôležitými zdrojmi inovácií vzdelávacích metód a formálnej výučby [8, 9, 10]. Zavedenie neformálnych vzdelávacích metód do školskej výučby je dôležité i z hľadiska prípravy učiacich sa na proces celoživotného vzdelávania, ktorý sa stáva vzhľadom na rozvoj vedy, techniky a informačných technológií nevyhnutnosťou.

I.1 Spôsoby učenia

Učením sa rozumieme vo všeobecnosti formu činnosti, pri ktorej jednotlivec mení svoje správanie a svoje vlastnosti pod vplyvom vonkajších podmienok a v závislosti od výsledkov konania, pričom je dôležitá relatívna stálosť týchto zmien. [11]

Človek sa v bdelom stave učí takmer neustále, aj bez vlastného úmyslu učiť sa. Ak pri učení chýba úmysel, hovoríme, že ide o neúmyselné, nezámerné, resp. **spontánne učenie sa**.

Pedagogická psychológia definuje učenie užšie - ako **zámerné** a **systematické** nadobúdanie vedomostí, zručností (spôsobilostí) a návykov, ako aj foriem správania a osobných vlastností. [11]

V tejto práci budeme učenie chápať v jeho širšom zmysle.

Spôsob, akým sa jedinec učí, je vonkajším prejavom schopnosti mozgu prenášať informácie.

Podľa [12] ho určuje predovšetkým:

1. spôsob, ktorým jedinec informáciu vníma – môže byť buď abstraktný (rozumové, citové alebo intuitívne vnímanie), alebo konkrétny (pomocou zmyslov – sluchu, zraku, čuchu, chuti a hmatu);
2. spôsob, akým jedinec prijaté informácie usporadúva, spracováva, triedi a používa – môže byť sekvenčný (lineárne, postupné a metodické spracovávanie), alebo náhodný (nelineárne, preskakujúce, rôznorodé spracovávanie informácií s viacnásobným radením dát).

Ako výhodné sa javí určovať štýly učenia v dimenziách konkrétna skúsenosť verus abstraktná konceptualizácia a reflexívne pozorovanie verus aktívna experimentácia [13].

Aj keď niektorí jedinci môžu predstavovať určitý výrazne vyhranený typ, nikto z nás sa neučí výlučne jedným spôsobom. Aj v priebehu individuálneho vývinu sa dominantný kognitívny štýl jedinca mení – postupne sa zvyšuje algoritmická sekvenčná orientácia na úkor heuristickej [11].

V školách sa obyčajne kladie dôraz na výučbu faktov a abstraktnú analýzu. Výskumy však ukázali, že žiaci druhého stupňa základných škôl i stredoškólači uprednostňujú formu konkrétnej skúsenosti a táto preferencia s vekom dokonca narastá. Možným vysvetlením nárastu je kompenzácia zvyšujúcej sa abstraktnosti a náročnosti učiva väčšou konkrétnosťou v procese učenia sa zo strany žiakov [14].

Nikoho nemožno nútiť, aby pracoval štýlom, ktorý mu nevyhovuje a v ktorom sa necíti silný. Napokon aj učitelia pristupujú najtvorivejšie k takému štýlu vyučovania, ktorý im je najbližší, najprirodzenejší, v ktorom sa cítia najistejšie. V procese vzdelávania by mali byť rovnomerne zastúpené všetky zodpovedajúce prístupy a aktivity, aby mali všetci študenti možnosť učiť sa po svojom. Študenti by si tak zároveň precvičovali ostatné štýly, čo by im umožnilo osvojiť si "štýlovú flexibilitu". [12] Striedaním rôznych učebných prístupov sa zároveň dosiahne striedanie činností, pestrosť podnetov a udržanie pozornosti žiakov.

V slovenskej psychologickej literatúre [11, 15] sa najčastejšie rozlišuje päť druhov učenia:

1. **učenie podmieňovaním** - vytváranie dočasných nervových spojov, asociácií;
2. **percepčno-motorické učenie** - zreťazenie motorických úkonov;
3. **verbálne učenie** - pamäťové učenie založené na utváraní medzislovných asociačných spojov na základe priestorovej alebo časovej styčnosti; nie na kauzálnej súvislosti alebo pochopení zmyslu;
4. **pojmové učenie** - osvojovanie si spoločnej odpovede na odlišné podnety, ktoré však popri svojej odlišnosti vykazujú určité spoločné črty;

V rámci pojmového učenia rozlišujeme osvojenie tzv. náukových pojmov, ktoré sú osvojované ako už hotové pojmy a tvorenie skúsenostných pojmov, ktoré pozostáva z vydelenia zhluku predmetov, vzniku zoskupení predmetov na základe objektívnych súvislostí a napokon tvorenia skutočných, úplne rozvitých pojmov [16].

Podľa [11] možno žiakom pojmové učenie uľahčiť predovšetkým:

- redukovaním počtu nepodstatných vlastností;
- zdokonalením identifikovateľnosti relevantných vlastností;
- poskytnutím dostatočného času, aby žiaci mohli zistiť svoj výkon v procese osvojovania si pojmu pri spätnoväzbovej informácii;

- uľahčením kódovania informácií;
- umožnením zaradenia pojmov do poradia, ktoré zodpovedá ich štruktúre.

5. **učenie riešením problémov** - samostatné odhaľovanie vzťahov medzi predmetmi a pojmami alebo princípov (pravidiel); umožňuje jednotlivcovi vyriešiť problém alebo dosiahnuť cieľ navodený životnými okolnosťami.

Počas riešenia problému prechádza žiak stavom neistoty, dilemy, potom po identifikácii problému, ktorý sa má riešiť, nasleduje etapa hľadania faktorov a formulovania hypotéz a etapa overovania, prípadne preformulovania hypotéz.

I.2 Úrovne poznatkov

Už pred začiatkom cieleného vzdelávania majú jednotlivci **predkoncepce** (niektorí autori používajú termín alternatívne koncepcie) – isté naivné schémy vysvetľovania, intuitívne predstavy (čosi, čo sa zvykne nazývať „zdravý sedliacky rozum“). Predkoncepce sa začínajú vyvíjať už od prvého okamihu, kedy začne jedinec interagovať s okolím. Sú to individuálne predstavy utvárané z osobného stanoviska na základe predchádzajúcich skúseností, sú rozumovo podoprené. Môžu byť navzájom nezávislé a nedôsledné, k jednej oblasti života sa môže viazať viacero rôznych predkonceptí.

Hoci predkoncepce nemusia byť v súlade s vedeckým pohľadom na danú oblasť, nemožno ich označiť ako nesprávne. Postačujú na to, aby dávali zmysel prežitému, umožňujú riešiť väčšinu každodenných úloh. Jedinec ich preto považuje za úspešné, a to spôsobuje, že sú mimoriadne odolné voči zmenám, ak sú vystavené bežnému vyučovaniu. [17, 18]

Učením môže žiak získať poznatky rôznej úrovne. Podľa Nachtigalla [17] žiak nadobudol

- deklaratívny poznatok**, ak vie memorovať údaje, pojmy, fakty, definície a vzorce. Takýto druh poznatku si vyžaduje iba istú kapacitu pamäte, nie je dôkazom, že žiak má predstavu o kontexte, v ktorom má memorovaná látka zmysel a akú úlohu zohráva vo vede.
- procedurálny poznatok**, ak má isté zručnosti, schopnosti umožňujúce vykonávať experimenty, manipulovať s dátami, kalibrovať nástroje, robiť výpočty a pod. Takýto poznatok možno získať technickým nácvikom a neznamená, že žiak porozumel, prečo treba postupovať práve takýmto spôsobom. Na vytvorenie a použitie procedurálneho poznatku môžu byť potrebné deklaratívne poznatky.

- c) **kategorizačný poznatok**, ak je schopný zistiť, čo majú rôzne objekty alebo javy vo fyzike spoločné, do akej kategórie patria, k akému pojmu môžu byť priradené, akým zákonom môžu byť klasifikované. Pochopenie fyziky vyžaduje schopnosť dať množstvo javov do konečného množstva kategórií - to robí z fyziky účinný nástroj pre štrukturalizáciu sveta.
- d) **operačný poznatok** (najvyššiu formu poznatku), ak je schopný používať, transformovať a spájať deklaratívne a procedurálne poznatky, konštruovať a rekonštruovať spojenia medzi jednotlivými oblasťami, rozlišovať závažnosť poznatkov, riešiť reálne problémy. Vznik operačného poznatku je podmienený porozumením, pochopením danej oblasti (fyziky), zahŕňa vniknutie do pôvodu daného poznatku - pochopenie, odkiaľ sa berie, z akých základných myšlienok vychádza, čo sa za nimi skrýva, aký je ich význam.

Zavrnutie predkonceptie a jej nahradenie novou predstavou je možné dosiahnuť iba vyvolaním vnútorného konfliktu. Učiteľ preto musí poznať svojich žiakov, ich skúsenosti a predkonceptie, aktuálnu úroveň mentálnych procesov. Musí žiakom pozorne načúvať a v správnom okamihu nájsť tú správnu otázku, situáciu odporujúcu ich skúsenostiam a predstavám. Pri tom všetkom by mal mať učiteľ na pamäti, že cieľom vyučovania (s výnimkou prípravy vedcov) nie je dosiahnutie súčasných vedeckých predstáv, dokonca často ani porozumenie týmto predstavám, ale pomôcť žiakom uvedomiť si ohraničenú platnosť predkonceptí [19] a dosiahnuť istú „cieľovú“ predstavu, ktorá môže byť v budúcnosti na ktoromkoľvek mieste zmenená a ďalej rozvíjaná [18].

Hmlisté, nejasné, neprepojené alebo „mylné“ poznatky sa prejavujú ako **miskonceptie**. Miskonceptie sú deformované myšlienkové štruktúry, ktoré vedú k nesprávnym predpovediam, interpretáciám, vysvetleniam alebo riešeniam problémov v oblasti vedy. Žiak síce vtedy môže používať fyzikálne pojmy, ale argumentuje predkonceptnými mentálnymi štruktúrami.

Na vzniku miskonceptí má nemalý podiel predkladanie „hotových poznatkov“ bez návaznosti na aktuálny stav poznatkov; skutočnosť, že mnohé pojmy vo fyzike pochádzajú z každodenného jazyka, ale vo fyzike majú ohraničený, ostro definovaný zmysel. Miskonceptie môžu tiež vznikať neprípustným zovšeobecňovaním. [17]

Pretrvávaniu miskonceptí nebráni ani vyššie fyzikálne vzdelanie. Mnohí študenti fyziky, ktorí vedú narábať so Schrödingerovou rovnicou, majú miskonceptie súvisiace so zrýchlením [20]. Či sa konkrétna miskonceptia žiaka prejaví, závisí do značnej miery od kontextu riešenej úlohy [21].

I.3 Kognitívny vývin podľa teórie konštruktivismu

Kognitívny vývinom rozumieme podľa Ďuriča [11] vývin schopností, ktoré sa uplatňujú v poznávacích, najmä myšlienkových procesoch a výkonoch, v osvojovaní a využívaní vedomostí a v riešení úloh. Je to teda vývin senzorických procesov a myšlienkových operácií (analýzy, syntézy, porovnávania, abstrakcie a konkretizácie, zovšeobecňovania, indukcie, dedukcie a analógie).

Konštruktivistická teória kognitívneho vývinu je východiskom súčasných reforiem vzdelávania v mnohých krajinách [22]. Jej základom je tvrdenie, že ľudská psychika sa vyvíja v postupných, následných etapách. Jednotlivé etapy môžu trvať u rôznych jedincov rôzne dlho, no ani jednu z nich nemožno preskočiť. [11]

I.3.1 Etapy kognitívneho vývinu podľa teórie konštruktivismu

Zakladateľ konštruktivistického teórie Jean Piaget vydělil (podľa [23, 24, 25]) štyri etapy kognitívneho vývinu jednotlivca, pričom s nástupom novej etapy tá predchádzajúca nezaniká, ale funguje ďalej spolu s novou, t.j. jedinec môže v tom istom čase dosahovať v rôznych oblastiach rôzne úrovne kognitívneho vývinu:

1. Senzomotorická etapa (typická pre vek 0 – 2 roky)
Činnosť sa javí ako čisto reflexná, zameraná na vlastné telo, neskôr na vonkajšie objekty. Postupne sa objavuje prvok účelu. Charakteristické je učenie sa metódou pokus - omyl, kedy sa z náhodných činností posilňujú tie, ktoré vedú k cieľu.
2. Etapa predoperačného myslenia (typická pre vek 2 – 7 rokov), sa rozdeľuje na:
 - *predpojmové subštádium* – jedinec získava schopnosť používať symboly na označovanie, ale ešte nemá schopnosť tvoriť tranzitívne úsudky. Je to obdobie transduktívneho myslenia vedúceho od jedného zvláštneho prípadu k inému.
 - *intuitívne subštádium* – typickým znakom je egocentrizmus a silná centrácia na jediný znak situácie, neuplatňuje sa zachovávanie. Jedinec ešte stále nie je schopný tranzitívneho usudzovania a spätného postupu k východiskovému bodu, sústreďuje sa na jednotlivé štádiá a ignoruje procesy zmeny medzi štádiami; pojmy ešte nie sú sformované, tvoria sa neusporiadané zhľuky predmetov bez vnútorných vzťahov.
3. Etapa konkrétnych operácií (typická pre vek 6/7 – 11/12 rokov)

Vzniká symbolická sústava myslenia viazaná (zatiaľ) na konkrétne skúsenosti, prejavuje sa postupné decentrovanie a zvratnosť myslenia; hlavnou poznávacou štruktúrou je zoskupovanie, radenie predmetov.

Jedinec na tejto úrovni je už schopný:

- vnímať vzťahy medzi predmetmi,
- formulovať hypotézy v neprítomnosti názorných predlôh,
- uvažovať 1 – 2 kroky za rámec prítomnej skutočnosti, ale musí mať túto skúsenosť už zažitú v minulosti.

Utvára sa racionálna kauzalita, ale stále prevláda sklon okolie opisovať, nie vysvetľovať.

Pri riešení problému sa jedinec neusiluje dopredu vymenovať zoznam ovplyvňujúcich faktorov, ale prechádza priamo k činnosti – náhodnému postupu pokus - omyl.

Zovšeobecňovaním na základe konkrétnych alebo bezprostredných znakov sa tvoria komplexy - vytvárajú sa pojmy (myšlienkové koncepty poznávaného javu [11]). Formujú sa pojmy zachovania objemu, dĺžky, hmotnosti, ...

4. Etapa formálnych operácií (typická pre vek od 11/12 rokov)

Vzniká abstraktné myslenie, jedinec je schopný utvárať pojmy nezávislé od fyzickej reality a používať ich, utvára sa hypoteticko-deduktívne myslenie, spontánne sa rozvíja experimentálne myslenie.

Jedinec, ktorý dosiahol úroveň formálnych operácií už je schopný:

- narábať so skutočnými, rozvinutými pojmi s vydelenými podstatnými znakmi,
- uvažovať o výrokoch, o veciach, ktoré nie sú reálne okolo neho,
- formulovať hypotézu bez konkrétnej skúsenosti,
- formálne dokazovať (rozlišuje medzi formou a obsahom),
- správne usudzovať o výrokoch, ktorým neverí,
- uvažovať o skupine možných transformácií (oslobodzuje sa od konkrétnej lokálnej reality),
- vytvárať mrežovo-grupované štruktúry, v ktorých čokoľvek môže byť vzťahnuté k čomukoľvek – to vedie k schopnosti skúšať rôzne kombinácie myšlienok a hypotetických výrokov,
- zameriavať sa na budúcnosť, prestáva byť centrováný na seba a prítomnosť.

Jedinci si spontánne osvojujú myšlienkové nástroje, ktoré im umožňujú rozoznávať implikáciu, disjunkciu, konjunkciu, nezlučiteľnosť a pod., vďaka čomu sa plne zmocňujú experimentálnej metódy. Až zvládnutie spomínaných myšlienkových nástrojov totiž

umožňuje jedincovi vydeliť faktory na základe predtým postavenej hypotézy a experimentálne ich skúmať, pričom bude meniť len jeden z nich a ostatné bude udržiavať konštantné, prípadne dokáže tieto faktory rôznymi spôsobmi kombinovať (bezpečne až vo veku 14/15 rokov). [26]

Piagetovými nasledovníkmi bola vyčlenená ešte

5. Postformálna etapa - jedinec je už schopný ísť na hranicu ľudských poznatkov. Ak jedinec vôbec dosiahne tento najvyšší stupeň kognitívneho vývoja, býva to spravidla až po 21. roku života.

Hlavné zmeny počas kognitívneho vývinu

Medzi hlavné zmeny, ktorými prechádza jedinec počas svojho kognitívneho vývinu, Piaget zaraďoval [26]:

1. prechod od príčinnosti ako subjektívnej skúsenosti (keď sa ešte nerozlišuje vplyv a príčinnosť) k objektivizovanej príčinnosti ako dynamickému vzťahu medzi objektmi a udalosťami, vznik determinizmu;
2. prechod od zanedbávania, neuvedomovania si protirečení, k ich uvedomeniu si a pochopeniu, postupná relativizácia pojmov;
3. prechod od pseudo-empirickej abstrakcie (ako odrazu aktuálnych vlastností objektov), cez reflektívnu abstrakciu vychádzajúcu z koordinácie činností, po empirickú abstrakciu vychádzajúcu z pozorovaných objektov alebo materiálnych aspektov vlastnej činnosti jedinca;
4. prechod k zovšeobecňovaniu – induktívnemu (reprezentujúcemu rozširovanie oblasti aplikácie existujúcej mentálnej štruktúry) a konštruktívnemu (zahŕňajúcemu tvorbu nových štruktúr a obsahov).

Ústrednou hnacou silou týchto zmien je neustále hľadanie, vytváranie rovnováhy a neustály proces asimilácie a akomodácie.

Prechod od etapy konkrétnych operácií k etape formálneho myslenia

V rámci predloženej práce nás najviac zaujíma vývin kognitívnych schopností žiakov druhého stupňa základných škôl a stredoškôľakov, teda jedincov vo veku 11 - 18 rokov.

Na začiatku tohoto obdobia (vo veku 11-12 rokov) sa završuje etapa konkrétnych operácií a jedinec postupne prechádza do etapy formálneho myslenia. Tento prechod možno podľa [26] charakterizovať piatimi transformačnými znakmi. Jedinec získava:

- schopnosť uvažovať o hypotézach – prechod k hypoteticko-deduktívnemu spôsobu uvažovania, ktorý je potrebný pre vedeckú prácu (schopnosť formulovať hypotézu, dedukovať niektoré dôsledky tejto hypotézy, pozorovať jav a sledovať, či sa správa podľa očakávania);
Bez hypotetického myslenia nemá idea overovania žiaden zmysel, preto na úrovni konkrétnych operácií jedinec ešte nemá potrebu overovať svoje tvrdenia.
- schopnosť narábať s výrokovou logikou - jedinec sa stáva schopný uvažovať o platnosti sledu argumentov nezávisle od ich faktického obsahu, začína sa zaujímať o vytváranie logických spojení medzi premisami nezávisle od podstaty výrokov;
- dôsledkom predchádzajúceho posunu získava jedinec schopnosť oddeliť formu od obsahu, je schopný nahradiť konkrétne tvrdenie ľubovoľným znakom symbolickej logiky, podobne je schopný nahradiť znakom konkrétny vzťah medzi výrokmi;
- schopnosť kombinovať operácie - začína sa utvárať kombinatorický systém (kombinácie, variácie, permutácie), ktorý umožňuje kombinovať medzi sebou objekty, faktory alebo tvrdenia, čo v konečnom dôsledku dáva možnosť uvažovať o realite už nie ohraničenej na konkrétne aspekty, ale v zmysle niektorých vybraných alebo všetkých možných kombinácií;
- schopnosť vložiť reálny prípad do súboru všetkých možných prípadov, ktoré môžu logicky vzniknúť. Realita sa stáva špeciálnym prípadom možnosti.

Tieto schopnosti sa rozvíjajú postupne a nie každý jedinec ich musí dosiahnuť.

I.3.2 Fázy poznávacieho procesu

Vývin poznávacích procesov a vznik novej kvality poznatku sa podľa teórie konštruktivismu riadi istými všeobecnými mechanizmami vývinu poznania. [23, 24]

Asimilačná koncepcia vzniku poznatkov vychádza z predpokladu, že subjekt poznania je už na začiatku vybavený istými poznávacími nástrojmi - asimilačnými schémami, ktoré sa pod vplyvom vonkajšieho prostredia postupne menia. Proces zmeny asimilačných schém nazval Piaget akomodáciou. Poznávací proces je potom v jeho ponímaní procesom adaptácie - vyrovnávaním sa s prostredím, pričom sa neustále uplatňujú asimilácia a akomodácia. [11, 17, 18, 23]

Asimilácia je mentálna aktivita, ktorou jedinec zahŕňa podnety z okolia alebo vytvorené vlastnou činnosťou do svojich mentálnych štruktúr. Ich zahrnutie je možné, ak sú v súlade

s už jestvujúcou štruktúrou. Tým sa mentálna štruktúra jedinca rozširuje, stáva sa podrobnejšou, vzrastá jej význam.

O pochopení hovoríme, ak jedinec môže dané podnety asimilovať, ak cíti vnímané skutočnosti ako samozrejmé a vidí vzťahy medzi "novým" a skôr vytvorenou mentálnou štruktúrou (štruktúrami) bez narušenia vnútorného súladu. Preto môžeme hovoriť o rôznych stupňoch porozumenia zodpovedajúcich jednotlivým kognitívnym úrovniam (napr. ak vie žiak správne interpretovať Newtonov gravitačný zákon, môžeme to na jeho úrovni pokladať za pochopenie, no z hľadiska teoretického fyzika zaoberajúceho sa všeobecnou teóriou relativity, to pochopením nie je).

Akomodácia je proces, ktorým sa mení jedincova mentálna štruktúra, ako reakcia na interakciu s okolím alebo na rozpor medzi danou a inou mentálnou štruktúrou. Procesom akomodácie sa menia mentálne štruktúry v zhode s vnímanou realitou na úrovni prislúchajúcej aktuálnemu stupňu mentálnych schopností. Tento proces vedie k diferenciacii mentálnych štruktúr.

Mentálny konflikt, nerovnováha nastáva, ak je podnet v rozpore s existujúcou mentálnou štruktúrou, alebo ak si jedinec uvedomí rozpor medzi dvoma existujúcimi štruktúrami. Mentálny konflikt môže byť prekonaný procesom akomodácie, v rámci ktorého je pozmenená, resp. vytvorená nová štruktúra, do ktorej už môže byť podnet asimilovaný. Obnovená vnútorná harmónia trvá, kým sa neobjaví nový mentálny konflikt.

Nerovnováha sa prejavuje, keď sa nestane to, čo sme očakávali. Nemožno ju vyvolať vonkajším poukázaním na protirečenie.

Pri tvorbe poznatku zohráva významnú úlohu sociálna interakcia. Skupina má väčšiu skúsenostnú základňu, skôr sa objaví nesúlad a je menšia pravdepodobnosť, že bude ignorovaný. Preto, ak chceme zmeniť žiacke predstavy, je potrebné nielen vyvolať u žiakov vnútorný konflikt, ale zabezpečiť aj podnetnú atmosféru – poskytnúť žiakom novú skúsenosť, vrátane sociálnej interakcie tak, aby ich existujúci stav neuspokojoval. [18]

I.4 Reformy školského vzdelávania

V 20-tych rokoch 20-teho storočia vznikla v USA pragmatická škola uplatňujúca pri vyučovaní činnosť dieťaťa súvisiacu s jeho skutočnými potrebami a záujmami [27]. 50-te roky priniesli obsahovú modernizáciu jednotlivých vyučovacích predmetov, zahrňujúcu

poznatky zásadné pre rozvoj daného odboru, ukazujúce, akým spôsobom daný odbor ovplyvnil technickú prax a kultúru. V 60-tych rokoch sa začalo presadzovať integrované vyučovanie prírodných vied; pri Medzinárodnom výbore vedeckých spoločností a pri UNESCO vznikli jednotné komisie pre vyučovanie prírodných vied [28]. Ťažisko vzdelávacích činností sa začalo vo svete postupne presúvať od cieľov poznatkových - informatívnych k cieľom činnostným – operačným [29]. 70-te roky boli charakteristické zavádzaním integrovaného prírodovedného vyučovania do škôl. Začala sa rozlišovať zjednotená výučba (vyučovanie fyziky, biológie, chémie, náuky o Zemi a ekológie v rámci predmetu „Science“), koordinovaná výučba (charakteristická prehĺbovaním medzi-predmetových vzťahov samostatných vyučovacích predmetov) a kombinovaná výučba. Posledná tretina 20-teho storočia je tiež charakteristická postupnou stratou monopolu štátu vo vzdelávaní a nárastom počtu a druhov alternatívnych a súkromných škôl [30].

Súčasnú slovenskú školstvo je charakteristické výraznou špecializáciou predmetov a ich obsahu. Nové poznatky sa dlhé roky pridávali aditívnym spôsobom, prakticky bez hlbšieho zdôraznenia súvislostí s predošlými poznatkami, bez vysvetlenia ich významu z hľadiska ďalšieho rozvoja daného odboru [31]. Výrazný je nepomer medzi množstvom poznatkov prezentovaných počas školského fyzikálneho vzdelávania a schopnosťou využiť ich prakticky v reálnych situáciách [29].

Školy predstavujú uzavreté systémy s vnútornými pravidlami, vymedzeným časo-priestorom, obsahom, formou, adresátom a hodnotením. Sú to uzavreté systémy s veľkou zotrvačnosťou, viazané okrem vnútorných pravidiel tiež pravidlami štátu, takže učiteľom ostáva len malý priestor na improvizáciu, inováciu a aktualizáciu. Školskej výučbe chýba prepojenie na súčasnú neustále sa rozvíjajúcu vedu, prax, spoločnosť. [32]

Školy by sa mali otvoriť v zmysle štýlu a charakteru vyučovania - v rešpektovaní prirodzených pohnútok detí učiť sa a spôsobov, akými si deti poznatky vytvárajú, v zmene funkcie učiteľa z „poskytovateľa informácií“ na „partnera, radcu, konzultanta“, v rozšírení možností individuálneho štúdia, v zapojení rodičov a širšieho okolia do života školy. [30]. Výskumy uskutočnené v školách s otvoreným vyučovaním preukázali u žiakov zlepšenie schopností spolupráce, tvorivosti, zvedavosti, kritického myslenia nezávislosti a zlepšenie vzťahu k celoživotnému vzdelávaniu bez toho, aby sa u žiakov zmenšili konkrétnejšie výkonové prírastky. [33, str. 287-289]

Všeobecná kríza vzdelávania sa vo vyučovaní fyziky prejavuje predovšetkým [20]:

- vo vnímaní fyziky študentmi – fyzika je vnímaná ako disciplína, ktorá má na každú otázku jednu jediná správnu odpoveď, ktorú možno získať jediným možným spôsobom (daným v učebnici); je vnímaná ako výsledok úsilia úzkej skupiny geniálnych ľudí; keďže sa nespomínajú neúspešné pokusy, omyly, fyzika je vnímaná ako neomylná, chladná a neosobná;
- neúčinnosťou poznatkov pre žiakov;
- slabým, nefunkčným porozumením základných pojmov, miskoncepciami;
- slabou vierou žiakov vo vlastné poznatky;
- ťažkosťami v komunikácii medzi učiteľom a žiakmi / študentmi;
- spôsobom vedenia vyučovacej hodiny, ktorá je zväčša súborom odpovedí na nepoložené otázky;
- degenerovaním fyziky na vzorce a znenia zákonov.

Snahy o odstránenie týchto nedostatkov sú zrejmé aj v koncepciách novších učebníc v okolitých krajinách [34, 35, 36, 37, 38, 39].

V súčasnosti sa takmer v každej Európskej krajine uskutočňujú alebo pripravujú reformy formálneho vzdelávacieho systému. Zvláštna pozornosť sa pritom venuje prírodným vedám, matematike a technológii, pretože sa ukazuje súvislosť medzi týmito oblasťami a ekonomickou produktivitou. **Reformy sa týkajú zmien vzdelávacích cieľov, ktoré následne vedú k zmene obsahu vzdelávania a spôsobu vyučovania** tak, aby boli bližšie životu študentov. [40]

I.4.1 Zmeny vzdelávacích cieľov

Vyučovanie fyziky, rovnako ako vyučovanie iných predmetov, spočívalo doteraz najmä v odovzdávaní poznatkov žiakom. Doterajší dôraz na poznatky je potrebné presunúť na iné aspekty, ktoré budú s najväčšou pravdepodobnosťou viac potrebné pre život a prácu ľudí v budúcnosti. Aktuálnou témou súčasnosti je zmena priorit vzdelávacích cieľov.

Ciele fyzikálneho vzdelávania možno podľa [41] rozdeliť do troch skupín:

1. Ciele v poznávacej oblasti:

- ovládnutie vybranej sústavy vedomostí (ovládnutie pojmov, vzťahov medzi fyzikálnymi objektmi, poznanie fyzikálnych zákonov a teórií, zoznámenie sa s prvkami histórie fyziky, ovládnutie vyjadrovacích prostriedkov fyziky);
- rozvíjanie poznávacích schopností (zoznámenie sa so základmi metodológie vedeckého poznávania, spoznanie metód a prostriedkov vedeckého poznávania – indukcie, dedukcie, analýzy, syntézy, abstrakcie, idealizácie, tvorby hypotéz).

Ciele v poznávacej oblasti možno podľa B.S.Blooma ďalej deliť podľa úrovne osvojenia do šiestich kategórií: znalosť (zapamätanie), porozumenie (pochopenie), aplikácia, analýza, syntéza a hodnotiace posúdenie [29].

2. Ciele v psychomotorickej oblasti – operačné ciele:

- utváranie intelektuálnych spôsobilostí (získavanie informácií pozorovaním - pripraviť pozorovanie, opísať jav, zaznamenať informácie, analyzovať, spracovať a vyhodnotiť ich; získavanie informácií experimentálnou činnosťou - zostaviť experimentálne zariadenie, merať vybrané fyzikálne veličiny);
- utváranie manuálnych zručností (používanie meracích prístrojov, zostavenie aparátúr, ...).

3. Ciele v emocionálno-vôľovej (afektívnej) oblasti:

- formovanie emocionálnych, vôľových, mravných, estetických stránok osobnosti a utváranie vzťahu k predmetu, k okoliu, k spoločnosti a k práci.

Napĺňanie afektívnych cieľov - prežívanie údivu, zvnútornenie skúsenosti, uvedomenie si mentálneho konfliktu, nespokojnosť s aktuálnym stavom - posúva jedinca k získavaniu nových poznatkov. Bez rozvíjania afektívnej oblasti nie je možné vytvoriť trvalý pozitívny vzťah k vzdelávaniu. [20]

Naopak nízke sebahodnotenie žiakov v poznatkovej oblasti a nadmerný stupeň strachu vedie k dezorganizácii správania a v dôsledku toho k poklesu podielu kognitívneho riadenia. Prejavuje sa v chaotickom myslení, znížení výkonu pri riešení problému, blokoch v myslení, zníženej pohotovosti, celkovo zhoršuje proces učenia. [42]

Odstránenie strachu z chyby dovoľí žiakom, aby o svojich názoroch otvorene diskutovali, aby chybu chápali ako sprievodný prirodzený jav na ceste za poznaním. To vedie ku schopnosti korigovať svoje názory, k rozvíjaniu kritického sebahodnotenia. [43]

Súčasným trendom všeobecného vzdelávania je postupné zvyšovanie významu cieľov v oblasti postojov, osobnostných črt, hodnôt a motivácie a v oblasti komunikácie, organizácie a administratívy. [44]

V budúcnosti možno predpokladať rastúcu potrebu práce v tímoch, aktívneho vyhľadávania a spracúvania, analýzy a vyhodnocovania mnohých informácií, schopnosť navrhovať riešenia, prezentovať ich, diskutovať o nich, analyzovať iné názory, porovnať ich so svojimi a hodnotiť. Možnosť, ako na to dnešných žiakov pripraviť, je podmienená aj zmenou obsahu vzdelávania - redukciou doterajšieho množstva pojmov a zákonov, ktoré sú do štúdia zaradené a zavedením nových metód práce. [45]

I.4.2 Zmeny obsahu vzdelávania

V slovenskom školstve nadobudli jednotlivé školské predmety podobu "miniaturizovaných" vied. Zväčša márne sa volá po výbere učiva a po primeranom spôsobe jeho podávania, po operacionalizácii informácií do činností žiakov [46]. Učebné texty sú prehustené a jazyk učebníc je neprimeraný z hľadiska poznania a rozumovej vyspelosti žiakov [42]. Veda je prezentovaná ako súbor dogiem. Obraz vedy je skreslený – vytratila sa jej procesuálna stránka a ľudský faktor.

Osobitným problémom je transformácia nových vedeckých poznatkov do školskej fyziky. Fyzika prichádza so stále novými poznatkami, ale vzdelávací obsah školskej fyziky sa nijako podstatne nemení [29]. Je potrebné, aby sa nové partie zavádzali s menším časovým odstupom ako tomu bolo doteraz, v prvom kroku ako nezáväzných doplnkových učebných materiálov [47]. Nejde však len o pridávanie nových poznatkov. Zavádzanie nových učebných celkov si súčasne vyžaduje racionálne preusporiadanie, modifikáciu a redukciu starého učiva. Až potom možno pričleňovať učivo nové.

V súčasnej školskej fyzike sú pojmy a príslušné vzťahy najprv zavádzané a až v ďalšej fáze napĺňané vecným obsahom a rozvíjané v aplikáciách. Prvou etapou by však mal byť rozvoj obsahovej a operačnej stránky pojmov a vzťahov, v prvej aproximácii aj pomocou neštandardných pojmov hovorového jazyka, až potom by malo nasledovať zavádzanie kanonizovaných pojmov, a to v maximálne zúženom rozsahu. [43] Systematická výučba základných pojmov rešpektujúca možnosti a potreby žiakov vyžaduje viac času ako tradičný prístup. To nevyhnutne vedie k potrebe výberu tém, ktoré budú v učebných programoch rozobrané podrobne a kde žiaci dostanú reálnu šancu pochopiť základné pojmy [48]. Je nutné definovať kľúčové pojmy prírodných vied (napr. zmena, energia, entropia, chaos) a tie systematicky rozvíjať od prvých intuitívnych predstáv cez základné vlastnosti látok, javy

a procesy, až k rozvinutým pojmom [49, 50]. Tento postup sledujú viaceré novšie vzdelávacie koncepcie [napr. 51, 52].

Snahy o zmenu obsahu fyzikálneho vzdelávania sú vo svetovom meradle charakteristické posunom dôrazu z „čistej vedy“ ku komplexnejšej oblasti aplikácie. Dôraz sa kladie na praktický kontext s väzbou na každodenný život. Tradičný prístup požadujúci najprv pochopenie princípu až potom sa odvolávajúci na aplikáciu sa obracia, východiskom vyučovania sa stávajú témy vyberané pre ich zaujímavosť a závažnosť z pohľadu mladých ľudí. Tiež je zrejmý posun od prezentácie vedy ako odľudštenej pravdy k opisu vedy ako výsledku práce mnohých reálnych ľudí. [53]

Zmena obsahu, nové vzdelávacie technológie a vonkajšie informačné zdroje vyžadujú pristúpiť k zmene vyučovacích metód.

I.4.3 Zmeny vyučovacích metód

”Nadmerná predčasná abstrakcia, učenie bez porozumenia, pamäťová reprodukcia bez osobného vzťahu, zaujatie a tvorivosti prináša výsledky protikladné vytýčeným vzdelávacím cieľom.” [46] Východiskom k zmene súčasného stavu vzdelávania je predovšetkým prezentácia učiva na aktuálnej úrovni žiackych skúseností, psychického života, poznatkových schém, potrieb, záujmov a prežívania. Dôležité preto je, aby učiteľ pri výbere vyučovacích metód vychádzal z poznania svojich žiakov. Aby to bolo možné, musí v triede vytvoriť atmosféru, v ktorej žiaci nemajú obavy klásť otázky a prezentovať svoje (aj nehotové) názory. Vytvorenie takéhoto prostredia je prvým krokom ku kognitívnemu vývinu.

Výučba fyziky by sa mala stať dobrodružstvom poznávania, pretože nachádzanie vnútorného šťastia z úspechu produktívneho myslenia a konania je najlepším hnacím motorom pre činnosť v celom živote. [43, s. 196]

Do popredia sa celosvetovo dostávajú vyučovacie metódy postavené na aktívnom poznávaní. Naplňajú potrebu hry, experimentovania, objavovania a riešenia problémov. Pokiaľ žiaci majú získať skutočné vedomosti, potrebujú byť aktívne zapojení do vzdelávacieho procesu, potrebujú byť počas získavania vedomostí v kontakte s ostatnými a hlavne musia si sami vytvoriť vlastný záver zo svojich osobných skúseností. [54]

Zároveň by sa na vyučovaní mali rozvíjať metódy práce, ktoré budú žiaci potrebovať vo svojom budúcom živote, ako aj schopnosť komunikovať. Umožňuje to predovšetkým využívanie skupinového vyučovania, keď majú žiaci v malých skupinách napr. analyzovať hotový experiment, navrhnúť nový experiment, navrhnúť technické zariadenie, navrhnúť teóriu niektorých javov. [45, 55]

Rozvoj vzdelávacích metód postavených na aktívnom poznávaní viedol k tvorbe principiálne nových vzdelávacích materiálov, napríklad [51, 56, 57] a kurzov prípravy a ďalšieho vzdelávania učiteľov.

I.4.4 Konštruktivistické vyučovacie metódy

Konštruktivismom je inšpirovaných viacero súčasných inovačných vyučovacích metód. Vo všeobecnosti ich charakterizuje spoločná štruktúra vyučovacieho procesu [58]:

1. Zorientovanie sa - žiaci dostanú príležitosť vytvoriť si motiváciu pre učenie sa danej oblasti / témy;
2. Vylákane, vytiahnutie predstáv - žiaci si ujasnia svoje predstavy o téme vyučovania (prostredníctvom skupinových diskusií, tvorby tematických plagátov...);
3. Reštrukturovanie predstáv - jadro konštruktivistického vyučovania, pozostáva z viacerých stupňov:
 - vyjasnenie a výmena názorov / predstáv* - žiaci si vyjasnia svoje názory v kontraste s názormi ostatných, resp. s názormi prezentovanými učiteľom;
 - konštrukcia nových predstáv* - na základe predchádzajúcich diskusií a demonštrácií žiaci zistia, že existuje viacero spôsobov, ako možno daný jav interpretovať;
 - prehodnotenie nových predstáv* - buď experimentálne alebo myšlienkovy (zvážením dôsledkov) sa môžu žiaci pokúsiť nájsť najlepší spôsob testovania alternatívnych predstáv (na tomto stupni ešte žiaci môžu cítiť nespokojnosť s novoexistujúcimi predstavami);
4. Aplikácia predstáv - žiaci dostanú príležitosť využiť novovytvorené predstavy v rôznych situáciách - známych aj netradičných;
5. Revidovanie - žiaci sú vyzvaní, aby si prostredníctvom porovnania svojich názorov na začiatku a na konci hodiny spätne premietli, ako sa ich predstavy zmenili.

Východiskom konštruktivistického vyučovania je učiteľovo poznanie predkonceptí žiakov k preberanej téme. Na základe predkonceptí učiteľ volí experimenty tak, aby boli pre žiakov výzvou. Samotné experimentovanie však nestačí, konštrukcia nového pojmu je podmienená sociálnou interakciou – diskusiou žiakov, vzájomným porovnávaním predstáv. [19]

V druhej polovici 20-teho storočia sa popri konštruktivizme stalo alternatívou dovtedy celosvetovo prevládajúceho autoritatívneho, na učiteľa zameraného vyučovania **učenie objavovaním** (anglicky "discovery learning"). Táto metóda vychádza zo základného predpokladu, že žiak môže objaviť a dokázať správnosť vedeckých poznatkov vlastnou

prácou, abstrahovaním zo špeciálnych prípadov. Predpokladá tiež, že testovanie hypotéz a interpretácia týchto testov sú natoľko priamočiare a jednoduché, že ich možno vyžadovať už od žiakov nižších ročníkov základných škôl*. Vo svojej pôvodnej podobe učenie objavovaním podceňovalo význam sociálnej interakcie*⁽ a podporovalo predstavu, že vedecké metódy poznávania sú induktívne [22].

Projekt FAST

Konstruktivistickú teóriu poznávania s integrovaným vyučovaním fyziky, biológie, chémie, geografie, meteorológie a ekológie v sebe spája projekt FAST - „Program základných prístupov vo vyučovaní prírodných vied“, ktorý sa od školského roku 1993/94 uplatňuje aj na Slovensku. Je určený žiakom nižších tried 8-ročných gymnázií (11 - 14 rokov). [59]

Program FAST vychádza z teórie, že najlepším spôsobom, ako pomôcť žiakom budovať svoje vedomosti, je poskytnúť im autentické vedecké a technologické skúsenosti [60]. Žiaci pracujú v zámerne sa meniacich skupinách na „technologických“ a „vedeckých“ problémoch a na základe rôznosti svojich schopností a záujmov sa pri práci dopĺňajú. Riešenie praktických úloh poskytuje žiakom možnosť vzájomného kontaktu, ako aj priestor pre individuálne premýšľanie a spoločné diskusie. Záujem žiakov je sústredený na anomálie a odporujúce si, nečakané javy [54], čím sa využíva hnacia sila mentálneho konfliktu pre rozvoj poznávania.

V rámci projektu FAST sa pristúpilo k zjednodušeniu pojmového aparátu. Vychádza sa z pojmov, ku ktorým možno dospieť pozorovaním, meraním a jeho spracovaním, experimentálnou činnosťou. Pri zavádzaní abstraktných pojmov sa volí cesta modelujúca historický postup poznávania [61]. Medzi najdôležitejšie pojmy sú zaradené pojmy ako sila, hustota, skupenstvo látok, tlak, práca a energia [54].

V rámci vyučovania podľa projektu FAST predstavuje učiteľ vedúceho výskumného tímu, ktorého úlohou je podnecovať činnosť žiakov predkladaním problémov. Pomáha žiakom vyhodnocovať pokusy, usmerňuje ich pri tvorbe hypotéz a ich overovaní.

Hoci na začiatku práce stoja učiteľove otázky, jadro práce spočíva na žiakoch. [60] Žiaci sa učia vidieť problém, hľadať si cestu k jeho riešeniu, zovšeobecňovať riešenie a matematicky ho modelovať (najčastejšie pomocou grafu, ktorý je považovaný za primeraný a názorný spôsob matematického zovšeobecňovania fyzikálnej reality pre danú vekovú kategóriu) [61].

* Podľa teórie konstruktivismu ale začínajú žiaci narábať s hypotézami - tvoriť ich a overovať až okolo 12-teho roku života.

* * Žiak nemôže tvoriť poznatky v izolácii, nemôže rozvíjať svoje predstavy a schopnosť ich jazykového vyjadrenia nezávisle od učiteľa a ostatných žiakov.

Postupnosť organizovaných skúseností zabezpečuje využiteľnosť pojmov, pomôcok a techník z predošlého učiva v každej novej oblasti aplikácie.

Uplatňujú sa projektové úlohy, ktoré sa vyznačujú širším a komplexnejším zadáním a ich riešenia majú divergentný charakter. Postupne sa náročnosť projektových úloh zvyšuje, vyžadujú sa viaceré spôsoby riešenia - výpočtom, meraním hodnôt fyzikálnych veličín, zostrojením grafov, zostrojením technického zariadenia, vypracovaním dokumentácie. Prostredníctvom riešenia projektových úloh sa žiaci učia získavať informácie z rôznych zdrojov. Práca v tímoch vedie žiakov k deľbe práce, k zodpovednosti, učí ich viesť diskusiu. Voľnejší prejav, rozprávanie o svojej práci odhaľuje spôsob myslenia a hĺbku ovládania učiva. Prínosom je tiež potešenie žiakov z nových nápadov a narušenie stereotypu vo vyučovaní. [55]

V súlade s teóriou konštruktivismu, ktorá predpokladá, že najlepšie sa človek učí v konfrontácii s inými názormi, keď o svojich názoroch hovorí a vysvetľuje ich, kladie sa v projekte FAST dôraz na komunikáciu medzi žiakmi počas práce v skupinách i počas prezentácie získaných výsledkov ostatným žiakom a to ako v ústnej, tak aj v písomnej podobe.

I.5 Celoživotné neformálne vzdelávanie

Paralelne so školskými reformami sa začala v 60-tych rokoch 20-teho storočia rozvíjať oblasť neformálneho vzdelávania.

Neformálnym vzdelávaním rozumieme vzdelávanie, ktorého prvoradým cieľom nie je bezprostredné cieľavedomé zvýšenie kvalifikácie, získanie známky, vysvedčenia či dekrétu o absolvovaní štúdia, ale uspokojenie z poznávania, napĺňanie vlastných vnútorných záujmov a potrieb. Neformálne vzdelávanie sa deje na báze dobrovoľnosti, na základe vlastného presvedčenia. [5] Pôvodne sa neformálne vzdelávanie rozvíjalo v takzvanom voľnom čase mimo školy.

Ešte v roku 1986 sa radilo výlučne medzi mimoškolské činnosti a zahŕňalo [62]:

- činnosť klubov a spoločností;
- masovokomunikačné prostriedky,
- múzeá a centrá vedy;
- populárno-vedecké výstavy,
- výskumnú a projektovú prácu;

- predmetové olympiády, súťaže a vyhľadávanie talentov;
- návštevy, exkurzie a tábory.

Vo vyspelých krajinách sa neformálne vzdelávanie považuje za neoddeliteľnú súčasť celoživotného vzdelávania a stáva sa uznávaným komplementom školského vzdelávania [4, 7].

Vo svete sa neformálne aktivity ponúkajúce poznanie v interdisciplinárnom kontexte prostredníctvom hry a zábavy pre najširšiu verejnosť, ako aj pre školy, tešia veľkej popularity. Medzi takéto aktivity patria najmä interaktívne vzdelávacie výstavy, dni vedy a techniky, vedecké festivaly, vedecké cirkusy a vedecké divadlá. Ich veľká popularita ukazuje, že významná časť verejnosti každého veku hľadá priamu skúsenosť s vedou, „prežitie“ vedy zábavnej a zaujímavej [63, 64].

Neformálne vzdelávanie sa systematicky rozvíja v centrách vedy. Prvé účelové centrum vedy vzniklo v roku 1969 v San Franciscu. V roku 1999 ich už bolo vo svete vyše 1 170 a ich počet stále rastie [65]. Centrá vedy sa profilujú ako inštitúcie pre principiálne nový druh vzdelávania so stálym profesijným zázemím. Ich prednosťou je otvorenosť pre informačné vstupy, neformálnosť, prístupnosť pre širokú verejnosť, interaktívnosť, sloboda pre tvorca i adresáta, možnosť dotýkať sa vecí a hrať sa, vtiahnutie do deja, prekvapenie. [66]

Narastajúci význam centier vedy viedol v roku 1991 k vzniku združenia ECSITE (European Collaborative for Science, Industry and Technology Exhibitions), ktoré vytvára platformu pre rozvoj a výmenu výstav centier vedy v Európe, ale tiež pre vzájomnú výmenu skúseností a poznatkov o správaní a učení sa návštevníkov na výstavách. Toto združenie vydáva vlastný časopis a každoročne organizuje odborné konferencie. *

Centrá vedy urýchľujú transformáciu súčasných vedeckých poznatkov verejnosti a školám.

I.5.1 Prepojenie neformálneho a formálneho vzdelávania

Centrá vedy sú nápomocné pri naplňaní vzdelávacích cieľov formálneho školského vzdelávania; a to ako v kognitívnej oblasti – poskytnutím priamej možnosti spoznať čo sa deje, ako sa to deje a prečo; tak aj v psychomotorickej a azda najvýraznejšie v afektívnej oblasti, ktorá je školským vyučovaním často zanedbávaná. Povzbudzujú záujem a nadšenie, vyvolávajú „hľad po poznávaní“. Ich činnosť tak vedie k hlbšiemu pochopeniu vedy a jej významu verejnosťou. [67, 68]

* V USA vznikla ASTC - Association for Science and Technology Centres už v roku 1973. Jej záber je však širší, zahŕňa aj zoológické záhrady, akváriá a prírodné parky.

Bezprostredná podpora školského vzdelávania sa uskutočňuje prostredníctvom exponátov a špeciálnych programov a podporných materiálov pripravovaných pre školské návštevy [8, 69]. Tieto buď priamo korešpondujú so školskými osnovami alebo približujú najnovšie poznatky vedy, ktoré sa ešte neodrazili v učebných osnovách. Mnohé z centier vedy vyvíjajú špeciálne vzdelávacie programy pre učiteľov z praxe a spolupracujú s univerzitami pri príprave študentov - budúcich učiteľov i v pedagogickom výskume. Umožňuje to skutočnosť, že neformálne vzdelávanie vo všeobecnosti poskytuje (na rozdiel od pevných školských osnov) podstatne väčšiu voľnosť pre tvorcov vzdelávacích koncepcií a experimentálny priestor s prakticky okamžitou spätnou väzbou. Veľká pozornosť sa venuje otázkam efektívneho využitia neformálneho vzdelávania pre budúcnosť, pri vzbudzovaní záujmu o vedu a technológiu, pre podporu chápania vedy verejnosťou [70]. Použitie sprievodných textov exponátov (v písomnej podobe, v podobe videoukážky alebo ústnej inštrukcie animátora) prispôbených rôznej úrovni veku a vzdelania adresáta - rovnako, ako v prípade školských experimentov, poskytuje príležitosť pre výskum v oblasti chápania javov, pojmov, postupov jednotlivými skupinami adresátov [68]. Do popredia sa dostáva výskum procesu tvorby nových poznatkov [6, 71, 72], ktorý je umožnený mimo iného aj tým, že prístupy k učeniu prijaté centrami vedy vychádzajú z konštruktivistickej teórie kognitívneho vývinu [73] a teórie mnohorakej (multiplikačnej) inteligencie.

V centrách vedy sa vyvíjajú netradičné vzdelávacie postupy, materiály a hodnotiace kritériá, ktoré je podľa nás možné uplatniť aj v rámci školského vzdelávania.

I.5.2 Poznávanie prostredníctvom hry

Medzi základné formy poznávania uplatňované v neformálnom vzdelávaní patrí hra.

Už Ján Ámos Komenský objasnil mnohostranné možnosti využitia hry pri výchove detí a mládeže – považoval ju za prirodzený prejav detskej aktivity, pričom hlavnú funkciu hry videl v poskytovaní radosti a uspokojenia a v rozvíjajúcom vplyve na poznanie. Hra je v súčasnosti chápaná ako vrodená špecifická metóda učenia sa dieťaťa. Pri hre je zdôrazňovaná dôležitosť hry samej o sebe a prežívanie stavu príjemnosti; výsledok činnosti je pre hrajúceho sa druhořadý. [11] A hoci je hra hlavnou činnosťou v detstve, jej význam nezaniká ani v mladosti a dospelosti [74].

Z hľadiska poznávania sú najvýznamnejšími funkciami hry systematická explorácia – skúmanie všetkého nového, neobvyklého, vyhľadávanie nových neznámych situácií; symbolizácia – uskutočňovanie náznakových činností a sociálny kontakt pri hre – dodržiavanie istých

pravidiel, vzájomné rešpektovanie a spolupráca. Tieto funkcie sú ešte výraznejšie v prípade didaktickej hry, ktorej cieľom je zábavnou formou rozvíjať poznávacie procesy a intelektové schopnosti dieťaťa, rozširovať jeho poznatky. [11]

Významu hry vo vzdelávaní bola venovaná aj časť konferencie SCHOLA LUDUS: Veda a verejnosť [75]. Účastníci brainstormingu sa zhodli na tom, že hra sa vytratila zo školského vzdelávania najmä preto, že:

- pri hre nie je možné žiaka číselne hodnotiť – hra ako nástroj poznávania nie je vhodná na klasifikáciu, nanajvýš je možné pozorovať skupinu hráčov, pokúsiť sa identifikovať ich záujmy, prístupy a pod.
- efekt z hry je nepriamy a obyčajne sa neprejaví bezprostredne počas hernej situácie, ale až v budúcnosti.

Problémy s využívaním hry vo vyučovaní súvisia tiež s tým, že:

- hru nie je možné prikázať, ani si ju vynútiť [11];
- aby hra splnila svoj účel, je potrebný istý čas, hra sa nesmie prerušiť [76].

Je potrebné vytvoriť podmienky, aby sa hra stala súčasťou poznávacieho procesu aj v školách. Podľa [76] je v tomto zmysle prvoradé:

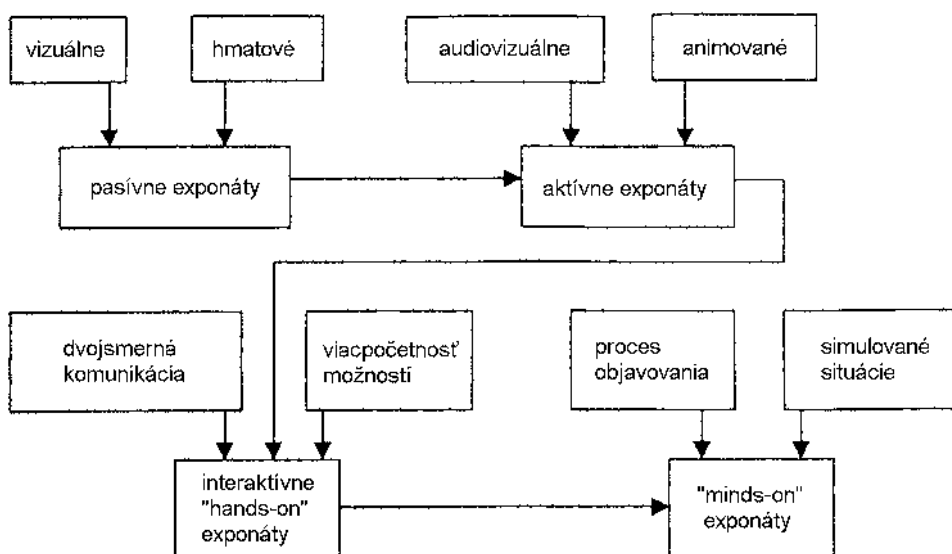
- organizovať špeciálne kurzy pre edukátorov, v ktorých sa sami znovu naučia hrať a vzdelávacie hry pripravovať;
- zabezpečiť vhodné prostredie pre mimoškolské i školské hranie (hračky, hry, interaktívne výstavy, programy a pod.) s obsahom, ktorý má vedecký základ;
- pripravovať také hry, ktoré dávajú zmysel a hodnotnú náplň mladým ľuďom.

I.5.3 Neformálne poznávanie rukami, hlavou a srdcom

Hra je východiskom poznávania aj v centrách vedy. A keďže pre vlastnú konštrukciu poznatku je nevyhnutné poskytnúť učiacemu sa široké spektrum skúseností od pozorovania, cez jednoduchú manipuláciu s objektmi až po vlastné experimentovanie, nadobúda „hra“ s exponátmi rôzne podoby. V centrách vedy sa môžu návštevníci stretnúť s rôznymi exponátmi, ktoré možno z pohľadu spôsobu ich fungovania rozdeliť podľa [77] na:

- **pasívne** – pôsobiace vizuálne alebo prostredníctvom hmatu, ale v podstate nepracujúce;
- **aktívne** – pohyblivé, alebo pracujúce rovnakým spôsobom vždy, keď sa s nimi narába;

- **interaktívne** – vytvárajúce dialóg s návštevníkom tým, že s nimi možno narábať rôznymi spôsobmi, alebo prostredníctvom otázok, ktoré si pri tejto činnosti návštevník kladie; väčšinou sú to „**hands-on**“ exponáty, pri ktorých je interakcia prvotne vyvolaná manipuláciou rukami - priamym narábaním s exponátom, pričom výsledok tejto činnosti vyvoláva otázky;
- „**minds-on**“ – kladú návštevníkom otázky, iniciujú proces objavovania, pri ktorom môžu návštevníci prekonávať hranice času a priestoru v simulovaných situáciách; minds-on exponáty nemusia byť nutne hands-on (môžu mať napríklad podobu myšlienkových experimentov).

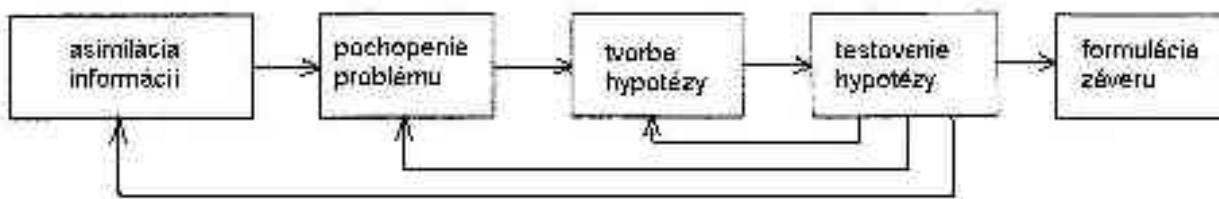


Obrázok 1: Druhy exponátov podľa S. Ghoseho.

Minds-on exponáty sú charakteristické tým, že poskytujú možnosť získať poznatky procesom vlastného objavovania. Učiaci sa nemá akceptovať stanovisko uvedené v texte (resp. v zmysle prenosu do školskej praxe návod učiteľa) bez toho, aby si ho overil. Naopak, žiada sa od neho, aby sám objavil riešenie pomocou opakovaného experimentu, či už reálneho alebo modelového.

Pri minds-on exponáte / experimente by mal učitelia sa prejsť nasledujúcimi fázami:

1. prijatie (asimilácia) informácií
2. pochopenie problému
3. tvorba hypotézy
4. testovanie hypotézy
5. dosiahnutie záverov



Obrázok 2.: Schéma uvažovania návštevníka pri interakcii s "minds-on" exponátmi.

Počas testovania hypotézy vo štvrtom kroku návštevník často zistí, že jeho hypotéza je nesprávna a vracia sa k tretiemu kroku – vytvára si novú hypotézu a testuje ju. Môže sa tak vrátiť niekoľkokrát. Niekedy sa musí vrátiť k druhému alebo aj prvému bodu, aby lepšie porozumel problému.

Minds-on exponáty vychádzajú z presvedčenia, že dôležitá nie je len odpoveď sama o sebe, ale aj proces objavovania odpovede, ktorý zanecháva trvalú stopu v mysli učiaceho sa. Inými slovami, je to metóda vedy a nie samotný výsledný poznatok vedy, ktorý charakterizuje skutočný minds-on exponát. Preto je dôležité, aby učitelia sa porozumeli každej otázke, a aby exponát sám viedol k objavovaniu odpovede systematickým hľadaním, nie metódou „pokus–omyl“. Aj v prípade, že učitelia sa nájdu odpoveď empirickým spôsobom, mali by porozumieť krokom, ktoré k odpovedi viedli. [77]

Príkladom aplikácie minds-on prístupu v školskom vzdelávaní na úrovni základnej školy je napríklad kurz prírodovedy ATLAS [57].

V neformálnom vzdelávaní sa zdôrazňuje skutočnosť, že všetky exponáty / experimenty by mali byť zároveň „**hearts-on**“ - mali by pôsobiť na emocionálnu zložku osobnosti návštevníka, a to nielen vzhľadom, formou, ale aj obsahom, svojím posolstvom. Mali by vyvolávať v návštevníkovi uspokojenie, radosť, prípadne odhodlanie pristúpiť k zmenám.

I.5.4 Kritériá pri tvorbe vzdelávacích exponátov, experimentov

Pri výbere exponátu / experimentu pre aktívne poznávanie sa zohľadňujú nasledujúce kritériá [68, 78, 79]:

- bezpečnosť; odolnosť;
- atraktivnosť, prekvapivosť, faktor novosti (aby upútal pozornosť a zanechal výraznú stopu v pamäti);
- fyzická, intelektuálna a emocionálna prístupnosť a primeranosť;
- vedecký kontext, odraz modernej vedy a technológie;
- kultúrny a spoločenský kontext (v bezprostrednej komunite, v celospoločenskom dopade);

- sprostredkovanie vedeckých postupov, dôraz na cesty poznávania;
- možnosť alternatívnych prístupov k pochopeniu exponátu;
- potenciál vyvolať medzi učiacimi sa diskusiu.

Tieto aspekty sa odrážajú aj v dotazníku pre tvorcov exponátov v centrách vedy [78], ktorý umožňuje hodnotenie exponátu už v štádiu jeho prípravy a podľa nás môže slúžiť aj na posudzovanie výberu a príprave demonštrácií a experimentov pre školské vyučovanie. Nami upravená verzia dotazníka je uvedená v prílohe A.

Podľa nášho názoru vzdelávanie postavené na základe vyššie uvedených kritérií umožňuje naplniť nové požiadavky kladené na členov modernej spoločnosti.

I.5.5 Hodnotenie úspešnosti procesu neformálneho vzdelávania

Neformálne vzdelávanie sa rozvíjalo za odlišných podmienok, odlišnými metódami a s odlišným cieľom ako formálne vzdelávanie. Z toho tiež vyplynulo odlišné hodnotenie jeho výsledkov.

Podľa R. L. Gregoryho [3] by kritériami hodnotenia úspešnosti procesu neformálneho vzdelávania mohli byť nadobudnuté schopnosti:

1. **predpovedať vývoj, prekvapenie z vývoja** – ak pripravíme súbor situácií na predpovedanie, správna predpoveď bude znakom porozumenia, o čo ide. Chybná predpoveď, resp. prekvapenie nad vývojom javu dá učiacemu sa (návštevníkovi / žiakovi) informáciu, že situáciu plne nepochopil. Tak sa z chybných predpovedí môže naučiť uvedomovať si predpoklady, z ktorých vychádzal a poopraviť svoje mentálne modely danej situácie. Predpovedanie a prekvapenie podporujú zvedavosť, sú podnetom pre kladenie otázok, signalizujú potrebu ďalšieho experimentovania alebo zmeny pohľadu na jav.
2. **vidieť analógie** – ak niekto rozumie napríklad rezonancii, vidí podobnosti a zhodnosti medzi navonok rozdielnymi javmi a objektmi, ako napríklad hudobné nástroje, ladiaci okruh rádia, pozícia spektrálnych čiar vytvorená rezonanciou vnútri atómu. Je dôležité poskytovať učiacemu sa (návštevníkovi / žiakovi) veľa príkladov navonok rôzne vyzerajúcich javov, aby sme mu umožnili objavovať ich spoločné základné princípy.
3. **nachádzať riešenia a vyplňať medzery** – obe tieto schopnosti vyžadujú viac alebo menej hlboké porozumenie podstaty problému. Príkladom môže byť schopnosť doplniť alebo vymyslieť skrytú časť mechanizmu (čiernej skrinky).
4. **porozumieť vtipu** – schopnosť vidieť a tvoriť k veci vtipy je jasným dôkazom porozumenia.

5. **vidieť malé efekty** – uvedomenie si významu malých účinkov alebo javov ukazuje, že sú vnímané ako významné pre daný jav, hoci nie sú výrazné pre zmyslové vnímanie.
6. **vidieť „nič“** – pochopenie dôležitosti skutočnosti, že sa „nič“ nestalo. Len ak situáciu chápeme, môžeme si uvedomiť, čo by sa mohlo stať za iných podmienok (čo by mohlo byť alternatívou skutočnosti, že sa nič neudialo).

Kritériá hodnotenia úspešnosti procesu neformálneho vzdelávania navrhnuté R.L. Gregorym síce neumožňujú objektívnu číselnú klasifikáciu dosiahnutých výsledkov, sú však podľa nás veľmi dobrým indikátorom pochopenia použiteľným aj vo formálnom vzdelávaní.

I.5.6 Projekt SCHOLA LUDUS

Pôvodný slovenský projekt neformálneho vzdelávania SCHOLA LUDUS vznikol v roku 1990. Je určený najširšej verejnosti so zvláštnym zreteľom na školy a rodiny. V rámci projektu sa pripravujú a realizujú pôvodné vzdelávacie programy, vyvíjajú alternatívne koncepcie, metodiky a materiály prírodovedného (najmä fyzikálneho) vzdelávania, podporuje sa ďalšie vzdelávanie učiteľov, pripravujú pedagógovia neformálneho vzdelávania.

Projekt SCHOLA LUDUS je komplexný program po stránke poznávacej (komplexný prístup k javom), po stránke vzdelávacích metód i foriem [80]. Medzi hlavné aktivity určené žiakom základných a stredných škôl, patria interaktívne vzdelávacie výstavy, vzdelávacie filmy, predstavenia vedeckej show a krúžky - tvorivé dielne.

Oproti zaužívanému spôsobu chápania školskej demonštrácie a školského pokusu, ktorého cieľom je „najlepšie, najviditeľnejšie, jednoznačne“ demonštrovať vybraný jav, v prístupe uplatňovanom v SCHOLA LUDUS sa kladie dôraz na:

1. reálny jav ako komplexný proces

Východiskom poznávania je jav blízky každodenným skúsenostiam avšak s istým momentom prekvapenia proti očakávaniam žiakov / návštevníkov. Dôležitým kritériom pri výbere konkrétneho javu je zaujímavosť z pohľadu učiaceho sa. Dôraz sa kladie na uvedomenie si podmienok, za ktorých jav nastáva, stanovenie parametrov určujúcich priebeh javu, vývojové fázy procesu, kritické situácie, ktoré menia charakter procesu.

2. nástroje poznávania (metódy a zručnosti)

Problém je formulovaný spôsobom provokujúcim k poznávaniu, hľadaniu riešenia, experimentovaniu umožňujúcemu aktívnu konštrukciu poznatkov.

Prvým krokom procesu poznávania zo strany žiakov / návštevníkov je ich vlastný opis. Pre učiteľa / mediátora je východiskom názor - koncepcia žiakov.

Keďže problém je postavený na reálnej (relatívne zložitej) situácii; až v procese poznávania sú za účelom sledovania vplyvu jednotlivých faktorov cielene „pripravované“ jednoduchšie, idealizované situácie.

Významnou je diskusia učiacich sa navzájom, resp. diskusia učiaceho sa s mediátorom o možných spôsoboch interpretácie pozorovaných javov, počas ktorej si diskutujúci majú možnosť hlbšie uvedomiť svoje predstavy a ich ohraničenia.

Snahou je podporiť uvedomovanie si dynamiky procesu v závislosti na mikro- a makro-procesoch.

3. pojmy

Snahou je podporovať tvorbu a napĺňanie viacerých fyzikálnych pojmov súčasne, vidieť ich v súvislostiach, uvedomovať si, v čom sa líšia – podporovať diferenciaciu pojmov; resp. v čom sú si podobné – podporovať rozširovanie pojmových tried. Napomáha tomu uplatňovanie paralelnej metódy [81].

4. aplikácie

Výsledkom poznávania by mala byť schopnosť uplatniť novozískané poznatky (v súčinnosti s predchádzajúcimi) na ďalších prípadoch rôznej náročnosti, postavených v rôznom kontexte.

Aktivity projektu vytvárajú experimentálnu základňu pre výberové prednášky a tvorivé dielne pre študentov FMFI UK, semináre pre učiteľov z praxe, tvorbu vzdelávacích materiálov a pedagogický výskum.

V rámci vedeckej činnosti sa pozornosť venuje otázkam kognitívnej vedy, otázkam koncepcnej zmeny v rámci prírodovedného vzdelávania [napr. 50, 82] a rozvoju alternatívnych vzdelávacích postupov; na úrovni jednotlivca rozvoju poznávacích schopností a schopnosti samostatného hodnotenia a rozhodovania [napr. 83].

Rozpracovaná je „paralelná metóda“ učenia sa a vyučovania [80, 81], vyvíjajú sa diagnostické testy umožňujúce zisťovanie predkonceptí a miskoncepcií žiakov, ktoré by zároveň mali žiakom slúžiť ako prostriedok poznávania.

II. Cieľ dizertačnej práce

II.1 Východiskové predpoklady, základné otázky

Žiaci prichádzajú do škôl s istými fyzikálnymi predkonceptami, ktoré vyplývajú z ich predchádzajúcich skúseností a zodpovedajú stupňu ich mentálneho vývoja. Tieto predkoncepty však školské osnovy, vyučovacie metódy a učebné materiály väčšinou ignorujú. Školská fyzika nezodpovedá schopnostiam, záujmom a potrebám žiakov. Žiakom sú predkladané „hotové“ nové pojmy, ktoré väčšina žiakov prijíma pasívne, bez skutočného porozumenia, takže nadobudnuté poznatky sú vo veľkej miere formálne.

Zmenu smerom ku skutočnému pochopeniu fyzikálnych pojmov a používaniu vedeckých postupov môže vyvolať vhodné usmernenie žiakov zo strany učiteľa, ktoré rešpektuje proces postupnej individuálnej konštrukcie poznatkov – vychádza z predchádzajúcich osobných skúseností žiakov, stavia na ich vlastnej experimentálnej práci a paralelne, vo vzájomnej súčinnosti, rozvíja systematické budovanie teoretických poznatkov a komplexný prístup k problémom. K základným predpokladom úspechu patrí aj neformálny záujem žiakov o fyziku. Vzťah žiakov k fyzike a jej chápanie je možné zlepšiť zavádzaním neformálnych metód vzdelávania do školskej výučby fyziky.

Základné otázky

Zaujímá nás:

- či majú žiaci potrebu rozumieť fyzikálnym javom, akú dôležitosť kladú podmienkam, za ktorých jav nastáva (pomôckam, príprave demonštrácie, aktuálnym fyzikálnym parametrom), či a ako prezentujú ťažkosti, s ktorými sa počas experimentovania stretli, otázky, ktorými sa zaoberali;
- aký jazyk používajú žiaci pri opise a vysvetľovaní demonštrácií - bežný každodenný, alebo fyzikálne pojmy, definície, poučky z učebníc; ako používajú fyzikálne pojmy, či im rozumejú;
- čo považujú žiaci za príčiny pozorovaného javu a na základe čoho ich určili; či dokážu pozorovať a uvedomiť si jednotlivé súčasne prebiehajúce javy alebo následnosť javov, do akej miery sú schopní odhaliť kauzálne súvislosti v rámci komplexného procesu.

II.2 Cieľ dizertačnej práce

Cieľom predloženej dizertačnej práce bolo vytvoriť podmienky, ktoré umožnia vybrať oblasť fyziky, o ktorú majú žiaci prirodzený záujem; v rámci tejto oblasti identifikovať koncepčné a prístupové problémy, ktoré bránia efektívnemu pochopeniu školskej fyziky a na ich základe navrhnúť neformálny vzdelávací postup, ktorý podporí budovanie základných fyzikálnych pojmov s funkčným uplatnením poznatkov v bežnej praxi.

Konkrétne:

1. Postaviť vzdelávací projekt neformálneho typu pre žiakov základných škôl, ktorý bude vychádzať z osobnej skúsenosti učiacich sa a podporovať aktívne poznávanie. Jeho prvky majú byť okamžité, bez zvláštnych nárokov na vybavenie školy, aplikovateľné do školskej praxe.
2. Vypracovať základnú metodiku výskumu a v rámci realizácie konkrétneho projektu neformálneho vzdelávania uskutočniť orientačný výskum zameraný na chápanie fyziky, využívanie fyzikálnych pojmov žiakmi základných škôl a ich prístupy k problémom. Podľa možnosti identifikovať intuitívne predstavy (predkonceptie) žiakov o fyzikálnych javoch a ich mylné predstavy (miskonceptie).
3. Na základe výsledkov orientačného výskumu vybrať oblasť fyziky, o ktorú majú žiaci prirodzený záujem a v rámci tejto oblasti
 - a) spraviť prehľady
 - zavedenia vybraných kľúčových fyzikálnych pojmov v slovenských učebniciach fyziky;
 - pedagogického výskumu týkajúceho sa vyučovania vybraných pojmov;
 - b) porovnať problémy žiakov našich škôl pri chápaní vybraných pojmov s problémami, ktoré boli identifikované v zahraničnej literatúre
4. Na konkrétnych demonštráciách z vybranej oblasti uskutočniť výskum zameraný na zistenie úrovne žiackych poznatkov a ich funkčnosti (ako žiaci a študenti pristupujú k fyzikálnym problémom).
 - a) Prezentovať vzorkám žiakov základných a stredných škôl reálne demonštrácie, ktoré majú opísať a vysvetliť.
 - b) Na základe opisu v demonštráciách prebiehajúcich dejov a spôsobu vysvetľovania ich príčin v závislosti na fyzikálnych podmienkach analyzovať fyzikálny náhľad žiakov - spôsob a úroveň ich uvažovania, používanie a chápanie vybraných fyzikálnych pojmov.

- c) Rovnaké pokusy paralelne rozoberať na seminároch s vysokoškolskými študentmi a učiteľmi fyziky základných a stredných škôl s cieľom porovnať fyzikálne prístupy učiteľov a žiakov.
5. Na základe výsledkov výskumu navrhnúť konkrétny neformálny vzdelávací postup, ktorým by bolo možné napĺňať súčasné požiadavky fyzikálneho vzdelávania [3, 4] a ktorý by vo svojom dôsledku viedol:
- k zlepšeniu vzťahu žiakov k fyzike ako predmetu – k ich väčšej otvorenosti prijímať fyziku ako oblasť, ktorá je hravá i zaujímavá zároveň;
 - k lepšiemu fyzikálnemu náhľadu žiakov – pochopeniu fyzikálnych zákonitostí;
 - k vytváraniu predpokladov pre efektívnejšie osvojovanie si vedeckých poznatkov a postupov v škole i v ďalšej budúcnosti.

Súčasťou návrhu majú byť metodické ukážky alternatívnych vzdelávacích postupov umožňujúcich nenásilne priviesť žiakov k objavovaniu prírodných zákonitostí, rozvíjať u žiakov schopnosť samostatného poznávania a podporiť komplexný prístup k riešeniu problémov.

III. Orientačný výskum zameraný na používanie a chápanie fyzikálnych pojmov žiakmi základných škôl a komplexnosť prístupu žiakov k fyzikálnym procesom

III.1 Cieľ orientačného výskumu

Orientačný výskum bol zameraný na zistenie komplexnosti prístupu žiakov k fyzikálnym javom a úrovne chápania základných fyzikálnych pojmov. V jeho rámci sme sledovali:

- a) predkonceptie a miskonceptie žiakov o fyzikálnych javoch a pokúsili sa dedukovať príčiny ich vzniku;
- b) potrebu žiakov rozumieť predvádzaným javom;
- c) dôležitosť, ktorú žiaci prisudzujú podmienkam, za ktorých jav nastáva;
- d) či a ako žiaci prezentujú ťažkosti, s ktorými sa stretli pri príprave demonštrácií; otázky, ktorými sa zaoberali;
- e) kontext, do ktorého žiaci demonštrácie zaraďujú.

III.2 Vytvorenie výskumného prostredia - projekt neformálneho vzdelávania

Ako východisko orientačného výskumu bol postavený projekt neformálneho vzdelávania „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“. V rámci tohto projektu si žiaci druhého stupňa základných škôl a nižších ročníkov osemročných gymnázií po celý rok pripravovali vlastné fyzikálne demonštrácie a na záver roka zrealizovali spoločnú výstavku. Záznamy z výstaviiek tvorili hlavný zdroj informácií pre orientačný výskum.

Od navrhovaného projektu neformálneho vzdelávania sa zároveň vyžadovalo, aby napomáhal školské vyučovanie fyziky, a to:

- a) priamym pôsobením na žiakov:
 - podnecovaním zvedavosti, zvyšovaním záujmu o fyziku a aktívne poznávanie vôbec;
 - pestovaním základných poznávacích návykov, vytvorením potreby systematického hľadania;
 - rozvíjaním experimentálnych zručností;
- b) prostredníctvom učiteľov:

- poskytnutím možnosti zisťovať skutočné predstavy žiakov o jednotlivých fyzikálnych javoch – ich predkoncepcie a miskoncepce;
- ponúknutím súboru pokusov umožňujúceho rozvíjať postupy budovania abstraktných fyzikálnych pojmov, ktoré posilnia vhodné intuitívne predstavy žiakov o fyzikálnych javoch a eliminujú chybné predstavy;
- podporou zmeny vyučovacích metód tak, aby vychádzali z rešpektovania aktuálneho stavu žiackych vedomostí a schopností, aby podporovali aktívne poznávanie, tvorivé a kritické myslenie žiakov a napomáhali rozvoj komunikačných schopností žiaka.

III.2.1 Vzdelávacie ciele projektu **Mysli, urob, ukáž**

Okrem získania výskumného materiálu pre orientačný výskum cieľom projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ bolo podporiť záujem žiakov o fyziku; hravou formou podporiť systematickú tvorivú prácu žiakov; naučiť žiakov klásť si otázky pátrajúce po príčinách, samostatne i v skupinách hľadať na ne odpovede, a tak budovať a rozširovať vlastné poznatky; rozvíjať vynaliezavosť, zručnosť, kritické myslenie, schopnosť komunikovať a prezentovať výsledky svojej práce.

Zvláštnym cieľom bolo podporiť u žiakov schopnosť prezentovať vlastný spôsob práce – od postavenia problému až po jeho riešenie, podporiť neformálne vyjadrovanie, používanie skutočne prijatých pojmov. Dôležitou požiadavkou k dosiahnutiu tohto cieľa bolo vytvorenie uvoľnenej, emocionálne pozitívnej atmosféry motivujúcej k tvorivej činnosti.

Už samotný názov projektu upozorňoval žiakov, aby venovali pozornosť všetkým fázam poznávacieho procesu:

MYSLI - nielen „Čo a akou formou prezentovať?“, „Aké pomôcky použiť?“, ale položiť si aj otázku „Prečo práve toto? Prečo práve takto?“ – nájsť problém, vysloviť hypotézu a navrhnúť spôsob, ako ju možno overiť, interpretovať výsledok pokusu, predpovedať výsledok pri zmenených podmienkach a pod.

UROB - navrhnúť plán činnosti a činnosť dotiahnuť do konca – pripraviť demonštráciu, zostaviť pomôcky, odskúšať, pozmeniť, vylepšiť, zopakovať ...

UKÁŽ - prezentovať výsledky svojej práce v triede alebo na verejnej výstavke – opísať pokus, jeho prípravu, vysvetliť základné princípy, na ktorých je založený, poukázať na konkrétne technické riešenie, prekonané ťažkosti, možné vylepšenia; uviesť príklady z bežného života; v diskusii vedieť argumentovať, uznať názor, riešenie iných a pod.

III.2.2 Metodika realizácie vzdelávacieho projektu

Učitelia sa o možnosti zapojenia do projektu dozvedeli z Učiteľských novín a na metodických seminároch pre učiteľov poriadaných v rámci Projektu SCHOLA LUDUS.

Prihlásení záujemcovia obdržali v prvom ročníku projektu brožúrku [Príloha B], ktorá obsahovala námety – čo, ale najmä ako možno s deťmi robiť – spracované tak, aby žiakom ponúkli nielen základný pokus (demonštráciu) a jediná ”správnu cestu” k jeho realizácii, ale aj dostatok priestoru na vlastné tvorivé experimentovanie. Jednotlivé námety boli doplnené otázkami zameranými nielen na „čistú fyziku“, ale aj na vlastné (veľmi jednoduché) technické riešenie, s ktorým fyzika bezprostredne súvisí a na ktoré súčasná školská fyzika často zabúda. Tieto otázky sme sa snažili postaviť tak, aby v sebe neobsahovali priamočiary návod na riešenie, ale provokovali žiakov k obmieňaniu demonštrácie, vyzývali k vyskúšaniu rôznych materiálov a postupov, k zamysleniu nad výhodami a nevýhodami uvažovaného, resp. realizovaného riešenia. V brožúrke tiež boli ponúknuté ukážky pracovných listov, ktoré by mohli žiakom pomôcť pri zaznamenávaní priebehu práce a jej výsledkov.

V ďalších dvoch ročníkoch boli pre učiteľov okrem brožúrky k dispozícii aj videozáznamy demonštrácií prezentovaných na záverečných výstavkách predchádzajúceho ročníka.

Žiaci si počas školského roka doma na základe dobrovoľnosti pripravovali fyzikálne demonštrácie podľa vlastného výberu, ktoré potom priniesli do školy a predviedli v triede. Ostatní žiaci sa mohli pýtať nielen na vysvetlenie demonštrovaného javu, podmienky jeho existencie, ale aj na technickú realizáciu a jej možné alternatívy. Úlohou učiteľa bolo (nepriame) usmerňovanie diskusie v triede a v prípade záujmu žiaka aj konzultácie k problémom, s ktorými sa stretol počas prípravy demonštrácie.

Ku koncu školského roku žiaci spolu s učiteľom pripravili výstavku demonštrácií prístupnú aj ostatným žiakom školy, rodičom, prípadne širšej verejnosti. Výstavky – ich celková atmosféra i prezentovanie jednotlivých pokusov žiakmi, ktorí ich pripravili – sa zaznamenávali na video. Videozáznam dostali k dispozícii účastníci i ďalší záujemcovia o projekt.

III.2.3 Časová organizácia projektu

Projekt „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ prebiehal v organizovanej podobe v školských rokoch 1996/97, 1997/98 a 1998/99 podľa nasledovného harmonogramu.

Informovanie učiteľskej verejnosti o projekte	september
Predbežné prihlasovanie záujemcov	november
Distribúcia brožúrky s metodickým materiálom záujemcom o projekt – učiteľom (v ďalších ročníkoch rozšírené o videozáznam z predchádzajúceho ročníka)	priebežne
Mimoškolská príprava demonštrácií, prezentovanie a diskusie v triede	priebežne, počas celého školského roka
Záväzné prihlášky účastníkov	marec
Miestne výstavy, natáčanie videozáznamov	máj - jún
Technické spracovanie videozáznamov	júl - september
Distribúcia videozáznamu účastníkom uplynulého ročníka	október

Hoci projekt „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ už nie je jednotne organizovaný vo svojej pôvodnej podobe, na všetkých zúčastnených školách za viac-menej zachovaných podmienok pokračuje ďalej. Učitelia počas roka častejšie zadávajú žiakom dobrovoľné domáce úlohy experimentálneho charakteru, konajú sa prehliadky žiackych pokusov. Podobné aktivity sa rozšírili aj do ďalších škôl.

III.2.4. Prínos projektu neformálneho vzdelávania

Diskusie s učiteľmi, ktorých žiaci sa zapojili do projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“, potvrdili, že účasť na projekte je prínosom pre žiakov i učiteľov. Podporuje záujem detí o fyziku. Dáva priestor aj žiakom, ktorí o ňu na vyučovaní neprejavujú veľký záujem, ktorí patria skôr medzi slabších žiakov. Pomáha im nájsť cestu k vlastnému poznávaniu fyziky. Účasť na projekte zároveň podporuje tvorivosť a rozvoj kritického myslenia.

Na rozdiel od bežného vyučovania, ktoré nedáva žiakom dostatočný priestor, aby zvažovali výpovednú hodnotu svojich výrokov, v rámci projektu dostávajú príležitosť na základe úvah, opakovaných pokusov a diskusií v triede korigovať svoje predstavy, opraviť svoje tvrdenia.

Učitelia prostredníctvom projektu spoznávajú svojich žiakov v nových situáciách, získavajú nový pohľad na ich vedomosti a schopnosti. Pomocou vysvetlení, kedy žiak vysvetľuje demonštráciu inému žiakovi, má učiteľ možnosť spoznať myslenie detí, porozumieť, ako žiaci chápu doterajšie učivo. Analýza videozáznamov demonštrácií umožňuje učiteľovi objavovať žiacke predstavy a domnienky a zároveň poskytuje nepriame návody, ako ich využiť - na ktoré predstavy detí možno nadviazať pri zavádzaní nových pojmov, ktoré väzby treba posilniť, na ktoré rozpory s bežným vnímaním treba upozorniť.

Ako vedľajší, ale veľmi užitočný, produkt učitelia môžu získať nenáročné, často veľmi nápadité učebné pomôcky.

III.3 Opis procedúr a techník orientačného výskumu

Východiskom pre orientačný výskum chápania základných fyzikálnych pojmov a ich používania pri vysvetľovaní pozorovaných javov bol videozáznam prezentácií žiackych pokusov. V treťom ročníku projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ sme okrem priamych komentárov k pokusom zaznamenávali aj odpovede žiakov na doplňujúce otázky. Z dôvodov časovej náročnosti sme preto v treťom ročníku obmedzili počet zaznamenávaných pokusov (pozri tab. 1., str. 41). Doplnkovým zdrojom informácií boli rozhovory so žiakmi a učiteľmi.

Videozáznamy sú archivované aj v digitálnej podobe [Príloha C]. Jednotlivé demonštrácie sú označené poradovým číslom záznamu, ročníkom školskej dochádzky žiaka, ktorý danú demonštráciu prezentoval, tematickým okruhom, ktorý demonštrácia približuje a doplnené poznámkami k zatriedeniu demonštrácií podľa nami sledovaných kritérií.

Pre účely výskumu boli komentáre žiakov k jednotlivým demonštráciám spracované do písomnej podoby, ktorá sa používala na ďalšie spracovanie.

Spôsob archivácie umožnil opakovane sa k žiackym demonštráciám vracat' a analyzovať komentáre žiakov podľa rôznych hľadísk.

Zaznamenané demonštrácie sme najprv roztriedili podľa obsahového zamerania demonštrácií do tematických okruhov uvedených vo vzdelávacom štandarde z fyziky pre základnú školu [84]. Uplatnili sme pritom triedenie podľa dominantného javu, väčšinou identifikovaného aj samotnými žiakmi. (Napriek tomu, že žiaci opisovali reálne komplexné procesy, v zhode s našimi očakávaniami si pri vysvetľovaní sa sústredili obyčajne na jeden čiastkový jav, ktorý považovali za najdôležitejší alebo najvýraznejší.) V rámci tohto členenia sme zvlášť vydelili demonštrácie predvedené žiakmi, ktorí sa ešte demonštrovaným javom v škole nezaoberali.

Okrem toho sme sledovali:

- upozornenia na praktické využitie predvedeného javu;
- predvedenia alternatívnych spôsobov demonštrovania vybraného javu;
- porovnania priebehu demonštrovaného javu za rôznych podmienok;
- používanie fyzikálnych pojmov;
- výskyt znení fyzikálnych zákonov;
- uvádzanie matematických vyjadrení demonštrovaných závislostí.

Žiaci v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli urob, ukáž“ komentovali svoje samostatne vybrané a pripravené demonštrácie a nie príklady z učebnice, čo umožnilo zisťovať predkonceptie a miskonceptie a všímať si, či žiaci hľadajú a uvedomujú si podmienky, ktoré demonštrovaný jav determinujú.

III.4 Výskumná vzorka – žiaci a ich pokusy

Orientačný výskum bol zameraný na žiakov vo veku od 10 do 14 rokov. Z hľadiska vývinu kognitívnych schopností sa v tomto veku završuje etapa konkrétnych operácií (7/8 - 10/11 rokov) a nastupuje etapa formálnych operácií (11/12 - 14/15 rokov), čo je charakteristické postupným prechodom od praktickej činnosti k myšlienkovým operáciám, ktoré sú spočiatku viazané na predmety, prechodom od riešenia problémov metódou pokus-omyl k riešeniu systematickým sledovaním jednotlivých ovplyvňujúcich faktorov a utváraním hypoteticko-deduktívneho myslenia.*

Do orientačného výskumu boli zapojené mestské i vidiecke školy, ktoré sa zúčastnili projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“. Počas troch ročníkov projektu sa doň zapojilo celkovo 277 žiakov tretích až deviatych ročníkov z 11 základných škôl a 2 osemročných gymnázií – ZŠ Pankúchova v Bratislave, Súkromné gymnázium Mercury Bratislava, ZŠ na Ul. Československej brigády v Liptovskom Mikuláši, ZŠ na Duklianskej ulici v Bánovciach nad Bebravou, ZŠ v Oravskom Veselom, ZŠ v Nedožeroch - Brezanych, ZŠ v Čároch a šesť škôl Púchovského okresu, pre ktoré usporiadalo spoločnú prehliadku Centrum voľného času na ulici Športovcov (ZŠ Mládežnícka, ZŠ Gorazdova, ZŠ Slovanská, ZŠ Komenského v Púchove; ZŠ v Beluši a osemročné gymnázium v Púchove). Z tohto počtu sa 46 žiakov zúčastnilo dvoch ročníkov a dvaja žiaci všetkých troch ročníkov projektu. Zaznamenali sme celkom 461 demonštrácií (z toho 451 fyzikálnych) vrátane ich sprievodnej slovnej prezentácie žiakmi, ktorí ich pripravili. Prehľady za jednotlivé ročníky sú uvedené v tabuľkách 1. a 2.

* bližšie pozri I.3 Kognitívny vývin podľa teórie konštruktivizmu, str.11-13

Tab.1.

Počty zapojených škôl, žiakov a zaznamenaných demonštrácií v jednotlivých ročníkoch projektu.

	1996/97	1997/98	1998/99	spolu
Počet zapojených škôl	4	13	11	13
Počet zúčastnených žiakov	49	186	90	325
Počet zaznamenaných demonštrácií	99	228	134	461

Nižší počet zaznamenaných demonštrácií v treťom ročníku projektu bol spôsobený vyššou časovou náročnosťou z dôvodu, že okrem snímania vlastnej prezentácie demonštrácií sa uskutočnili s účastníkmi aj doplňujúce rozhovory s cieľom lepšie pochopiť niektoré žiacke vyjadrenia.

Tab.2.a

Počty žiakov jednotlivých ročníkov ZŠ a nimi predvedených pokusov v jednotlivých ročníkoch projektu.

navštevovaný ročník	1996/97		1997/98		1998/99		spolu	
	počet žiakov	počet pokusov v	počet žiakov	počet pokusov	počet žiakov	počet pokusov v	počet žiakov	počet pokusov
tretí	-	-	2	1	-	-	2	1
štvrtý	1	8	1	1	1	2	3	11
piaty	14	18	-	-	-	-	14	18
šiesty	7	19	73	85	5	4	85	108
siedmy	24	48	67	93	58	85	149	226
ôsmy	3	6	41	47	20	32	64	85
deviaty	-	-	2	1	6	11	8	12
spolu	49	99	186	228	90	134	325	461

Pre účely ďalšieho výskumu sme vyradili demonštrácie javov nespádajúcich do oblasti záujmu fyziky (deväť demonštrácií šiestich žiakov). Okrem toho sme v ďalšom texte vzhľadom na nízky počet zapojených žiakov (dvaja, resp. traja) z analýzy vynechali demonštrácie predvedené žiakmi tretích a štvrtých ročníkov základnej školy. Demonštrácie piatakov a deviatikov sme aj napriek pomerne nízkemu počtu zúčastnených žiakov (štrnásť, resp. osem) do prehľadových tabuliek zahrnuli kvôli možnosti sledovať trendy vo vývoji sledovaných prvkov.

Tab.2.b
Počty žiakov jednotlivých ročníkov ZŠ a nimi predvedených pokusov zaradených do orientačného výskumu.

navštevovaný ročník	1996/97		1997/98		1998/99		spolu	
	počet žiakov	počet pokusov v	počet žiakov	počet pokusov	počet žiakov	počet pokusov v	počet žiakov	počet pokusov
piaty	14	18	-	-	-	-	14	18
šiesty	7	18	71	83	3	3	81	104
siedmy	23	47	67	92	57	84	147	223
ôsmy	3	6	41	46	20	32	64	84
deviaty	-	-	2	1	6	11	8	12
spolu	47	89	181	222	86	130	314	441

V ďalších prehľadoch je teda východiskovým súborom 441 demonštrácií 314-tich žiakov.

III.5 Prehľad demonštrácií podľa témy

Demonštrácie si žiaci pripravovali väčšinou voľne - podľa vlastného výberu. (Len na jednej zo škôl sa učiteľ dohodol so žiakmi na spoločnej téme, ku ktorej každý žiak pripravil svoju demonštráciu – v rámci prvého ročníka venovali záverečnú výstavku mechanickým vlastnostiam kvapalín, v druhom ročníku ťažisku a v treťom ročníku akustike.)

Prehľad počtov demonštrácií v členení podľa tematických okruhov vzdelávacieho štandardu [84] fyziky pre základné školy uvádzajú tabuľky 3.a, 3.b.

Tab. 3. a,b

Tematické rozdelenie demonštrácií v jednotlivých ročníkoch projektu

a) predvedených žiakmi, ktorí už prezentovanú oblasť v škole preberali

	1996/97		1997/98		1998/1999		spolu	
	počet	% z 89	počet	% z 222	počet	% z 130	Počet	% z 441
Meranie fyzikálnych veličín	3	3,4%	11	45,0 %	3	2,3%	17	3,9%
Sila a pohyb	7	7,9%	40	18,0 %	16	12,3%	63	14,3%
Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov	32	36,0%	48	21,6 %	47	36,2%	127	28,8%
Práca, energia, teplo	-		2	0,9%	6	4,6%	8	1,8%
Elektromagnetické javy	7	7,9%	45	20,3 %	13	10,0%	65	14,7%
Stavba látok	2	2,2%	4	1,8%	1	0,8%	7	1,6%
Svetelné javy	5	5,6%	-		3	2,3%	8	1,8%
Zvuk a jeho šírenie	-		-		-		-	
Astronómia	-		-		-		-	
Energia v prírode, technike a spoločnosti	-		-				-	

b) predvedených žiakmi, ktorí ešte prezentovanú oblasť v škole nepreberali

	1996/97		1997/98		1998/1999		spolu	
	počet	% z 89	Počet	% z 221	počet	% z 130	Počet	% z 440
Meranie fyzikálnych veličín	-		-		-		-	
Sila a pohyb	4	4,5%	7	3,2%	1	0,8%	12	2,7%
Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov	14	15,7%	21	9,5%	-		35	7,9%
Práca, energia, teplo	3	3,4%	9	4,1%	2	1,5%	14	3,2%
Elektromagnetické javy	3	3,4%	5	2,3%	1	0,8%	9	2,0%
Stavba látok	-		-		-		-	
Svetelné javy	4	4,5%	8	3,6%	4	3,1%	16	3,6%
Zvuk a jeho šírenie	1	1,1%	5	2,3%	32	24,6%	38	8,6%
Astronómia	-		-		-		-	
Energia v prírode, technike a spoločnosti	-		6	2,7%	1	0,8%	7	1,6%
demonštrácie javov nespádajúcich do učiva fyziky na ZŠ	11	12,4%	48	21,6 %	16	12,3%	75	17,0%

Žiaci najčastejšie predvádzali demonštrácie zamerané na:

- mechanické vlastnosti kvapalín a plynov – 36,7% z celkového počtu 441 demonštrácií;
- silu a pohyb – 17,0% z celkového počtu demonštrácií;
- elektromagnetické javy - 16,8% z celkového počtu demonštrácií.

Jedinou nezastúpenou oblasťou bola astronómia.

17,0% demonštrácií sa týkala aj javov, ktorými sa fyzika na základnej škole nezaobrá. Najčastejšie išlo o demonštrácie vlastností povrchovej vrstvy kvapaliny a kapilarity (celkovo 5,4%), kmitania, tepelnej vodivosti, dôsledkov Bernoulliho rovnice, odstredivej sily a zákona zachovania hybnosti.

Niektoré pokusy sa týkali viacerých oblastí fyziky a boli preto zahrnuté do viacerých kategórií.

V 57,8% všetkých predvedených demonštrácií (t.j. v 255 demonštráciách) sa žiaci sústredili výlučne na javy, o ktorých sa už učili na hodinách fyziky. Vo zvyšných 42,2% všetkých predvedených demonštrácií (t.j. v 286 demonštráciách) sa žiaci venovali aj javom, s ktorými sa zatiaľ v škole nestretli.

III.6 Vyhodnotenie žiackych prístupov k prezentácii vlastnej demonštrácie

Výhodou využitia projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ pre skúmanie žiackych predkonceptí a chápania fyzikálnych pojmov je, že žiaci sú na výstavke - prehliadke vlastných demonštrácií - v principiálne inej pozícii ako na vyučovaní. Hovorí o tom, čo ich nejakým spôsobom zaujíma, k čomu majú vzťah. Nie sú skúšaní - počas výstavky neodpovedajú na otázky učiteľa, ale na otázky svojich rovesníkov, či dokonca mladších detí, ktorým musia vysvetliť svoj pokus. To vyžaduje, aby pri opise a vysvetleniach prebiehajúcich javov používali nielen fyzikálne pojmy, ale sa ich aj pokúsili vysvetliť v bežnom každodennom jazyku. To umožňuje sledovať a vyhodnotiť, nakoľko žiaci rozumejú pozorovaným javom, ako používajú pojmy školskej fyziky, či tieto pojmy správne pochopili, alebo ich používajú len formálne, bez predstavy, čo sa za nimi skutočne skrýva, pretože

- ich zavedenie bolo predčasné (bez dostatočných predchádzajúcich skúseností) alebo
- v rámci výučby neboli dostatočne prepojené s existujúcimi skúsenosťami žiakov.

Vo videozáznamoch nevystupuje učiteľ. V každom prípade je však prejav žiakov ovplyvnený osobnosťou učiteľa, jeho spôsobom práce, prístupom k žiakom. Naznačuje, do akej miery sú žiaci zvyknutí pracovať samostatne a

- a) poukazovať na cestu, ktorou sa k výsledku dopracovali;
- b) zaoberať sa alternatívnymi riešeniami, resp. ukázať rovnaký princíp na rôznych situáciách;
- c) hľadať prepojenia s praxou;
- d) demonštrované javy samostatne vysvetľovať.

Poukázanie na prípravnú fázu demonštrácie

Počas všetkých troch ročníkov projektu sa jasne ukázalo, že žiaci nie sú zvyknutí poukazovať na cestu, ktorou sa k výsledku dopracovali. Iba jediný žiak vo svojom komentári (1999/28*) poukázal na to, že pri príprave demonštrácie hydraulického lisu používal inak zhotovený piest ako na záverečnej výstavke, vysvetlil rozdiely medzi nimi a povedal, čo ovplyvnilo jeho rozhodnutie, ktorý piest napokon použije. Ostatní žiaci na výstavných prezentáciách len jedno hotové riešenie - to, ktoré považovali za najlepšie a nijak jeho prípravu nekomentovali. Ak sa aj žiaci museli počas prípravy demonštrácie rozhodovať medzi rôznymi alternatívami, neupozornil na tieto momenty, neuviedli, čo ovplyvnilo ich výber, rozhodovanie. Podelili sa tak len o časť poznatku, ktorý svojou prácou získali. Neuvedená časť sa pravdepodobne nestala uvedomelou zložkou ich skúseností.

Hľadanie podobností a odlišností

Napriek príkladom z brožúry „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“, ktorú mali učitelia k dispozícii, celkovo len v 24 prípadoch (5,4%) boli demonštrované javy predvedené dvomi a viacerými alternatívnymi spôsobmi.

rôzne spôsoby vytvárania pretlaku vzduchu - 1997/63, 85; 1998/88; kartézski potápači - rôznych spôsobov vytvárania pretlaku, rôznych tvarov telies - 1997/74; 1999/85; závislosť hydrostatického tlaku od hĺbky - balón na dne a na bočnej stene nádoby - 1997/78; fúknutie medzi voľne visiace fľaše, medzi listy papiera - 1997/90; zotrvačnosť telies - 1998/79; podtlak vo fľaši vtiahne vajce, balón - 1998/95; rôzne druhy barometrov - 1998/98; magnetické hry 1998/108; Segnerovo koleso 1998/122; poloha ťažiska a rovnovážna poloha - 1998/185,186,188,191, 197; teplotná dĺžková rozťažnosť pevných látok - 1998/198, hydraulický lis - rôzne piesty - 1999/28, 75; demonštrácia pôsobenia tlakovej sily v pevných látkach a v kvapalinách - 1999/60, zvuková - tlaková vlna rozhybe papier, sfúkne sviečku - 1999/117; prenos zvuku pevnou látkou - 1999/120

* rok zaznamenania demonštrácie / poradové číslo demonštrácie v danom roku

Pri opise týchto demonštrácií sa však žiaci nesústredili na porovnanie jednotlivých alternatív. Len ich ukázali vedľa seba.

V 20 demonštráciách (4,5%) bolo predmetom demonštrácie porovnávanie vlastností rôznych materiálov alebo rôznych tvarov telies.

vzlínavosť rôznych druhov papiera - 1997/15, 1999/86; povrchové napätie - rôzne veľký pohár prikrytý gázou - 1997/70; prečo sa stavajú oblúkové mosty - 1998/32; závislosť odporovej sily od tvaru telesa - 1998/90; obtekanie telies 1998/118; elektrostatické priťahovanie soli, strúhanky, cukru - 1998/92, 171; porovnanie pružnosti rôznych profilov - 1998/97; cievka a cievka s polovicou závitov v opačnom smere - 1998/132; porovnanie hustoty dreva z rôznych stromov - 1998/154; tepelná vodivosť rôznych materiálov - 1998/155; udržím v sitku vodu - rôzne husté sitká - 1998/173; vajíčko s pevným a pohyblivým vnútrom - 1998/180; hra na rôzne druhy fliaš - 1999/2; závislosť trecej sily od druhu podložky - 1999/46,47; závislosť deformačných účinkov sily od veľkosti styčnej plochy - 1999/53; sviečka ako hojdačka - 1999/59; tlak v pevnej látke a v kvapaline - 1999/60; šírenie zvuku vzduchom a pevnými látkami - 1999/120, porovnanie výšky tónu rôzne hrubých a rôzne napätých strún - 1999/133

Hoci viaceré ďalšie demonštrácie ponúkali jednoduchú možnosť na experimentovanie a sledovanie vplyvu zmeny parametrov na priebeh javu (zmenšiť/zväčšiť nádobu, meniť množstvo vody, dať do jednej fľaše dvoch rôznych „potápačov“ - ktorý kedy začne klesať, meniť polohu fľaše a pod.) žiaci, a teda pravdepodobne ani ich učители, tieto výzvy nevyužili.

Prepojenie s praxou

V 63 prípadoch (14,3%) žiaci predviedli model technického zariadenia alebo poukázali na praktické využitie demonštrovaného javu.

vodné hodiny - 1997/28; 1998/107; kompas - 1997/42, 47; 1998/53, 110, 218; hydraulický lis 1997/58; 1998/8; 1999/28; barometer - 1998/98, 138; 1999/97; pružinová váha - 1998/102; model žmýkačky - 1999/80; napájadlo - 1997/97; 1998/72; krmidlo - 1997/99; elektromagnet - 1998/3, 77; ponorka - 1998/7, 36, 131, 1999/82; raketový pohon - 1997/19; ventilátor - 1998/15; diskoblikač - 1998/16; prečo sa stavajú oblúkové mosty - 1998/32; rozhlasový prijímač - 1998/37; vysielaciačka - 1998/38; stúpanie teplého vzduchu (poukázanie na let balóna) - 1998/40; váha na listy - 1998/63; aerodynamický paradox - 1998/71; elektromotor - 1998/75; testovanie pružnosti - 1998/97; elektronický merač hladiny slanej vody - 1998/99; časovač - 1998/106; elektrický zvonček - 1998/115; bimetalický pásik - 1998/117; princíp optického vlákna - 1998/127; model fungovania pľúc - 1998/133; vodováha - 1998/151; prúdenie vzduchu v uzavretej miestnosti - 1998/156; autičko na elektromotor - 1998/158; nezahrievajte magnety - 1998/164; fotoaparát - 1998/220, 1999/57; periskop - 1998/221;

zdroj elektrického napätia - 1998/228; 1999/14, 103, 104; kladkostroj - 1999/10; generátor striedavého prúdu - 1999/26; elektrický teplomer - 1999/35; Davyho pokus - 1999/36; vodný žeriav - 1999/42; indikátor prechodu el. prúdu - 1999/64, testovanie elektrickej vodivosti - 1999/67; princíp činnosti elektromera - 1999/93; tlaková sonda - 1999/96; pokovovanie elektrolýzou - 1999/105; fonendoskop - 1999/121

Relatívne nízke percento odkazov na praktické využitie demonštrovaných javov svedčí o skutočnosti, že žiaci nevnímajú fyziku ako predmet s priamym praktickým využitím, neuvedomujú si prepojenie preberaných javov s každodenným životom - so zariadeniami a technologickými postupmi, ktoré inak bežne využívajú.

Hoci sme deti vyzývali na prípravu hračiek, iba 14 z celkových 441 demonštrácií (3,2%) žiaci predstavili ako hračky:

magnetické hry - 1997/23; 1998/2, 108, 209; hra na istú ruku - 1997/38; 1998/44, 176, 225; 1999/101; hľadanie správnych dvojíc - 1998/101, 177; autíčko na elektromotor - 1998/158; zábavné nesplniteľné úlohy súvisiace s polohou ťažiska - 1998/179; vzlietnutie vrtuľky - 1999/22

Tab. 4

Prehľad počtov demonštrácií, pri ktorých žiaci prezentovali alternatívne demonštrácie, porovnávali vlastnosti materiálov alebo upozornili na praktické využitie – podľa ročníka školskej dochádzky žiakov

	5. ročník		6. ročník		7. ročník		8. ročník		9. ročník		Spolu	
	18 demonštrácií		104 demonštrácií		223 demonštrácií		84 demonštrácií		12 demonštrácií		441 demonštrácií	
	z toho		z toho		z toho		z toho		z toho		z toho	
alternatívne prevedenie demonštrácií	1	5,6%	3	2,9%	13	5,8%	7	8,3%	-		24	5,4%
porovnanie rôznych materiálov, rôznych tvarov telies	1	5,6%	5	4,9%	11	4,9%	3	3,6%	-		20	4,5%
upozornenie na využitie v praxi, model zariadenia	-		19	18,3%	22	9,9%	18	21,4%	4	33,3%	63	14,3%
demonštrácia hry/hračky	-		8	7,8%	1	0,4%	5	6,0%	-		14	3,2%

Potreba vysvetliť prezentovaný jav

Zvlášť sme sledovali, či žiaci cítia potrebu prezentovaný jav vysvetliť. Podľa konštruktivistickej teórie kognitívneho vývinu na úrovni konkrétnych operácií prevláda sklon pozorované javy opisovať, nie vysvetľovať. S prechodom na úroveň formálnych operácií (nastupuje okolo 11/12 roku života) sa rozvíja potreba pozorovaným javom porozumieť a vysvetliť ich. Aj tento prvok sme preto sledovali zvlášť u žiakov každého ročníka.

V tabuľke 5 je uvedený prehľad počtov demonštrácií, ktoré žiaci komentovali len opisom prebiehajúceho javu. Osobitne je uvedené zastúpenie len opisom komentovaných demonštrácií javov, o ktorých sa žiaci už v škole učili a osobitne zastúpenie len opisom komentovaných demonštrácií javov, o ktorých sa žiaci ešte na hodinách fyziky neučili.

Tab. 5
Pomer (resp. percentuálne zastúpenie) demonštrovaných javov, ktoré boli len opísané, k celkovému počtu demonštrovaných javov v jednotlivých ročníkoch projektu

	1996/97			1997/98			1998/99			spolu		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
piataci	-	11/18	61,1%	-	-	-	-	-	-	-	11/18	61,1%
šiestaci	3/3	5/15	44,4%	11/23	18/60	35,0%	0/1	0/2	0,0%	14/27	23/77	35,6%
siedmáci	4/42	2/5	12,8%	6/57	7/35	14,1%	8/42	12/42	23,8%	18/141	21/82	17,5%
ôsmaci	2/6	-	33,3%	3/31	3/15	13,0%	8/24	2/8	31,3%	13/61	5/23	21,4%
deviataci	-	-	-	-	1/1	100%	4/11	-	36,4%	4/11	1/1	41,7%

A – pre demonštrácie javov, o ktorých sa žiaci už učili

B – pre demonštrácie javov, o ktorých sa žiaci ešte neučili

C – pre všetky demonštrácie predvedené žiakmi daného ročníka

Výsledky pre piaty a deviaty ročník nemožno vzhľadom na nízky počet zapojených žiakov (14, resp. 8) považovať za reprezentatívne. Naznačujú však, že predpoklad, že najmladší účastníci projektu ešte nemajú potrebu predvádzaný jav vysvetľovať, je správny. Uspokojuje ich úspešné predvedenie demonštrácie a jej stručný opis - aké pomôcky použili, čo možno pozorovať. Šiestaci už vplyvom vyučovania fyziky majú snahu pozorované javy aj vysvetliť, výrazne sa to však prejavuje až u siedmakov. Aj napriek malej vzorke možno usudzovať, že u deviatakov zastúpenie demonštrácií, ktorých komentár pozostával len z opisu pomôcok a priebehu pozorovaných javov, opätovne vzrastá, čo možno pravdepodobne pripísať zníženej

motivácii v závere posledného roku dochádzky do základnej školy, ale aj vývinovým zmenám spojeným s vrcholiacim obdobím puberty (zvýšené sebazporovanie a sebahodnotenie, strach pred zlyhaním). Podrobnejší výskum by si žiadala otázka, či tento jav nie je spôsobený aj prevažujúcim spôsobom vyučovania, ktoré neaktivizuje žiakov, nepodporuje ich kreativitu a samostatné hodnotiace myslenie.

Z porovnania zastúpenia len opísaných demonštrácií spomedzi javov už preberaných (A) a ešte nepreberaných (B) možno usúdiť, že šiestaci sa častejšie pokúšajú o vysvetlenie javov, o ktorých sa v škole ešte neučili. Domnievame sa, že je to dôsledok prevládajúceho spôsobu vyučovania, kedy žiaci nemajú priestor na vlastné hľadanie vysvetlení, ani na vlastnú reformuláciu vysvetlenia daného učiteľom. U starších žiakov nie je možné usúdiť, či má predchádzajúca školská skúsenosť vplyv na snahu o podanie vysvetlenia demonštrovaného javu.

III.7 Žiacke vysvetlenia prezentovaných javov

Niektoré demonštrácie pripravili nezávisle od seba mladší aj starší žiaci, čo je dôkazom, že aj zdanlivo jednoduché pokusy môžu mať dobrý obsah pre žiakov s rôznou skúsenosťou a rôznymi poznatkami. Súčasne, rovnaké pokusy v prevedení mladších a starších žiakov umožňujú sledovať posun v ich vedomostiach a vyjadrovaní.

III.7.1 Predkonceptie

Pokusy žiakov vo veku 9 - 11 rokov o vysvetlenie javu, ak sa vyskytli, boli zväčša intuitívne, postavené na vlastnej alebo prenesenej (privlastnenej) skúsenosti. Žiaci používali jednoduchý, bežný jazyk. To nám umožnilo sledovať fyzikálne predkonceptie.

Ukážky predkonceptíí zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ sú uvedené v Prílohe D.

III.7.2 Miskonceptie

U starších žiakov (12 - 15 rokov) sme pozorovali vytrácanie prirodzenej zvedavosti. Pravdepodobne pod vplyvom školského vyučovania sa síce pokúšali vysvetľovať pozorované javy, ale nemali vnútornú potrebu pátrať po ich príčinách. Uspokojili sa príliš rýchlo

s formálnou odpoveďou bez toho, aby ju kriticky zhodnotili. Chýbal im systematickejší fyzikálny prístup, vytrvalosť a dôslednosť.

Formálnosť získaných poznatkov sa prejavuje najmä tým, že žiaci ich nevedia v praxi správne používať a nie sú schopní primerane opísať a vysvetliť aj jednoduché javy. Aj napriek školskej výučbe fyziky si mnohí žiaci uchovávajú svoje pôvodné predstavy. Pôvodné predstavy žiakov a formálne poznatky prežívajú vedľa seba, zväčša bez vzájomných väzieb, často sa zmiešavajú s nesprávnymi, resp., nedostatočne pochopenými fyzikálnymi pojmami, čo podporuje vznik mylných predstáv – fyzikálnych miskoncepcií.

Príklady miskoncepcií z oblasti mechanických vlastností kvapalín a plynov sú podrobnejšie rozoberané v kapitole IV. Ukážky miskoncepcií z ostatných oblastí fyziky zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ sú uvedené v Prílohe E. Ako najvýraznejšie sa prejavili ťažkosti žiakov s chápaním a používaním pojmu zotrvačnosť. Pomerne časté je tiež používanie slov „ľahší / ťažší“ v prípade porovnávania hustoty telies.

V treťom ročníku projektu, kedy sme okrem záznamu žiackych komentárov k vlastným demonštráciám uskutočnili aj niekoľko doplnkových interview, sa ukázalo, že hoci sa viaceré žiacke komentáre javili ako správne, žiaci nie všetkým použitým pojmom správne rozumejú. V budúcnosti preto považujeme za potrebné uskutočňovať a zaznamenávať aj interview s jednotlivými žiakmi.

III.7.3 Používanie matematického formalizmu.

Matematické vyjadrenie závislostí fyzikálnych veličín alebo demonštrovaných fyzikálnych zákonov uviedli len traja žiaci:

- „V hydraulickom lise môžem použiť dva piesty, pri ktorých pri malom pieste pôsobí o dosť menšia sila ako pri veľkom, pričom je rovnaký tlak. Keďže viem, že tlak je F/S a pokiaľ pôsobím na voľnú hladinu telesa v uzavretej nádobe, tak tlak je vo všetkých miestach rovnaký.“ - 7. ročník (1999/28) - správne uvedený vzťah pre výpočet veľkosti tlaku, ak poznáme veľkosť sily pôsobiacej kolmo na plochu piestu.
- „Ďalší pokus je na hydraulický lis. Tuná je menšia plocha a keď sa to stlačí, tak sa to musí stlačiť menšou silou a tuto je väčšia plocha, tak sa to stlačí väčšou silou. Je na to taká rovnica, že $S_1 \cdot F_1 = S_2 \cdot F_2$ “ - 7. ročník (1997/58) - hoci pozorovanie je opísané správne (menšiu plochu stačí stlačiť menšou silou) matematické vyjadrenie dôsledkov Pascalovho zákona je chybné. Zrejme chýba prepojenie medzi analytickým vzťahom a jeho slovným vyjadrením.

- „Vieme, že keď sú váhy vo vodorovnej polohe, tak platí $F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$, pričom a_1 a a_2 sú dĺžky ramien ... keď sa kovy ohrievajú, začnú sa rozpínať ... teraz sa predĺži táto jedna páka, časť páky, jedno rameno. Uvidíme, že vlastne potom to bude väčšie rameno, takže klesne toto závažie na zem, dole.“ - 8. ročník (1998/198) - správne analytické vyjadrenie momentovej vety - rovnosti otáčavých účinkov pôsobiacich síl na dvojramennú váhu v rovnovážnej polohe.

III.8 Výber oblastí a kľúčových pojmov pre ďalší výskum

Skúsenosti z projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ ukázali, že žiaci pri pokusoch o vysvetlenie demonštrovaného fyzikálneho javu:

- nie sú zvyknutí pozerat' na demonštrované javy ako na procesy;
- nie sú zvyknutí zaoberat' sa podmienkami, pri ktorých fyzikálne javy nastávajú;
- sústredia sa len na jeden čiastkový jav, resp. pojem, čím uniká komplexná podstata fyzikálneho procesu;
- často používajú definície a tvrdenia z učebnice bez ich funkčného porozumenia.

Žiaci si najčastejšie vyberali demonštrácie javov súvisiacich s mechanickými vlastnosťami kvapalín a plynov (pozri tabuľku 3. na strane 43). Kvapaliny sú žiakom blízke z každodennej skúsenosti, mechanika tekutín je podnetná a zároveň dostupná pre vlastnú experimentálnu činnosť. Ukázalo sa však, že žiaci majú s opísaním a vysvetlením javov z tejto oblasti ťažkosti, nemajú ujasnené základné pojmy. Často sa objavujú miskoncepce súvisiace s pojmi tlak (hydrostatický tlak, atmosférický tlak, tlak v kvapaline vyvolaný vonkajšou silou), tlaková sila, vztlaková sila; s chápaním príčin zmeny tlaku, pohybu kvapalín, s chápaním Pascalovho a Archimedovho zákona.

V ďalšom výskume sme sa preto zamerali na oblasť mechanických vlastností tekutín.

IV. Problémy žiakov pri chápaní základných pojmov mechaniky tekutín v kontexte s výsledkami zahraničného výskumu

V rámci orientačného výskumu sa ukázalo, že žiakov najviac zaujímajú javy súvisiace s mechanikou kvapalín a plynov. Preto sme sa v ďalšom zamerali na identifikáciu hlavných problémov žiakov spojených s chápaním základných fyzikálnych pojmov z tejto oblasti a výsledky súvisiaceho zahraničného výskumu.

Otázke vyučovania mechaniky tekutín sa dlhodobo venuje skupina vedená profesormi Psillosom a Kariotoglom z Pedagogickej fakulty Aristotelovej Univerzity v Tesalonikách v Grécku. Zamerali sa na chápanie základných fyzikálnych pojmov v oblasti mechaniky tekutín - najmä pojmu tlak, ktorý považujú za kľúčový pri opisovaní, skúmaní a vysvetľovaní javov v tekutinách. V posledných rokoch sa sústredili na navrhnutie vyučovacieho postupu, ktorý by rešpektujúc poznatky konštruktivistickej teórie kognitívneho vývinu, viedol k lepšiemu pochopeniu javov v tekutinách a priblíženiu predstáv žiakov k vedeckým modelom týchto javov.

IV.1 Základné problémy žiakov

Podľa Psillosa [85, 86] mnohí žiaci 2. stupňa:

- nemajú ujasnený pojem tekutina ako zjednocujúcu kategóriu pre kvapaliny a plyny (pre niektorých je to kvapalina, pre iných skupenstvo látky medzi kvapalným a pevným);
- vôbec nerozlišujú, alebo rozlišujú len nedostatočne kľúčové pojmy tlak a tlaková sila; nevnímajú rozdiel medzi tlakom ako stavovou veličinou a tlakovou silou ako veličinou popisujúcou vzájomné pôsobenie; často tlaku pripisujú vektorové vlastnosti;
- závislosť tlaku od hĺbky kvapaliny uplatňujú správne len pokiaľ odpovedajú na priamu otázku v jednoduchom kontexte;
- pri vysvetľovaní príčin pohybu tekutín používajú jednu z dvoch dominantných koncepcií:
 - a) tekutina sa hýbe, aby vyplnila prázdno;
 - b) tekutina sa hýbe, ak vytvoríme tlak.

Za základný problém pri chápaní javov v tekutinách považujú Psillos a Kariotoglou nejasnené a fyzikálnemu chápaniu nezodpovedajúce predstavy žiakov o tlaku, nedostatočné rozlišovanie medzi pojmami tlak a tlaková sila.

Medzi tlakom a tlakovou silou je úzky vzťah, ale majú viacero rôznych charakteristík. Tlaková sila je aditívna veličina, vyjadrujúca interakciu dvoch telies, tlak je stavová veličina definovaná v bode. Niektoré javy možno ľahšie interpretovať pomocou tlaku (napr. hydraulické brzdy), niekedy je vhodnejšie uvažovať o silách (napr. plávanie a potápanie telies). Tlak a tlaková sila sú kľúčové pojmy mechaniky tekutín a ich rozlíšenie si vyžaduje radikálnu reorganizáciu štruktúry žiackych poznatkov [87].

Podobné ťažkosti s rozlišovaním pojmov sa vyskytujú aj v iných oblastiach fyziky – napr. medzi pojmami energia a práca, resp. teplo [88], teplota a teplo, hustota a hmotnosť, napätie a prúd [89, 90, 91]. Tlak, podobne ako teplota je stavová veličina definovaná v bode a nezávislá od množstva vody. Tlaková sila, podobne ako teplo, je procesná veličina vyjadrujúca vzájomné pôsobenie, dej.

Zisťovali sme, či sa problémy popísané v zahraničnej literatúre [85, 86] prejavujú aj v komentároch - opisoch a vysvetleniach žiackych demonštrácií zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“.

IV.1.1 Chápanie pojmu tlak

Z celkového počtu 64 žiakov, ktorí pri opise a vysvetľovaní svojich demonštrácií použili pojem tlak, resp. tlaková sila, 29 žiakov (45,3%) tieto dva pojmy dostatočne nerozlišovalo. Používali slovné spojenie „pôsobí tlak“, prisudzovali tlaku smer a pod. Napríklad:

- „Voda vyteká preto, lebo vzduch pôsobí tlakom na hladinu vody.“ - 7. ročník (1998/70)
- „...zdola pôsobí zvislo nahor atmosferický tlak“ - 7. ročník (1998/84)
- „... tlak, ktorý pôsobí vo fľaši sa rovná tlaku, ktorý pôsobí opačným smerom v pohári“ - 7. ročník (1999/31)

18 žiakov (28,1%) používalo vo svojich opisoch a vysvetleniach slovné spojenia „je tam tlak“ alebo „pôsobí tlaková sila“, na základe čoho možno usudzovať, že v predstavách týchto žiakov sú pojmy tlak a tlaková sila pravdepodobne diferencované. Nemožno to však tvrdiť s istotou, pretože nie všetci títo žiaci použili vo svojich komentároch oba pojmy. Navyiac sa ukázalo, že správne vysvetlenie jedného pokusu bez následného hlbšieho rozhovoru nemožno považovať za dostatočný dôkaz diferencovaného chápania uvedených pojmov. Podobne ako

poukázali Psillos a Karitoglou v [86], niektorí žiaci používajú v jednej situácii slovné spojenie „je tam tlak“ a v inom prípade, najmä pokiaľ ide o teleso ponorené do kvapaliny alebo vytekanie kvapaliny z nádoby, používajú spojenie „pôsobí tlak“. (Žiakov, ktorí používali obe spojenia, sme zaradili do vyššie uvedenej skupiny nerozlišujúcej pojmy tlak a tlaková sila.)

Na základe komentárov ďalších 17 žiakov (26,6%) nie je možné určiť, či rozlišujú medzi pojmami tlak a tlaková sila. V ich komentároch sa pojem tlak vyskytol len v podobe „predvediem pokus na tlak“, „zmenil sa tlak“ a pod.

Okrem zamieňania pojmov tlak a tlaková sila sme zaznamenali aj používanie pojmu tlak v zmysle pretlak (prípadne stlačený vzduch). Napríklad:

- „*Keď stlačím piest na striekačke, tak vo fľaške vznikne tlak...*“ - 7.ročník (1999/74)
- „*...fľaša sa bude zahrievať, vznikne tam tlak. Tlak musí niekde unikať, tak minca nadskočí.*“ - 7. ročník (1999/87)

Namiesto pojmu podtlak, používajú niektorí žiaci pojem vzduchoprázdno. Napríklad:

- „*...keď budem vytláčať z fľaše vzduch ... vzniká vo fľaši vzduchoprázdno.*“ – 7. ročník (1999/88), podobne 1997/97, 1998/148,149

Pre niektorých žiakov je problematický aj pojem atmosférický tlak, ktorý používajú na označenie akéhokoľvek tlaku vzduchu. Napríklad:

- „*V pohári je menší atmosférický tlak ako okolo.*“ - 8. ročník (1998/30)
- „*Nafúkame si balónik, zapcháme si to trubičkou tenučkou, pustíme ho do vody a vidíme, že atmosférický tlak (v zmysle tlak vzduchu v balóne) je silnejší ako hydrostatický tlak a čím pôjdeme nižšie, tak sa nám bude dokazovať, že hydrostatický tlak je čím ideme nižšie, silnejší ako atmosférický.*“ (bublínky prestanú unikať) - 8. ročník (1999/100), podobne 1997/88
- zatvorená fľaša s vodou, pri dne fľaše je diera - „*teraz je vo fľaši rovnováha medzi atmosférickým a hydrostatickým tlakom. Keď však fľašu otvoríme, voda začne z fľašky vytekať, pretože atmosférický tlak sa zväčší a začne tlačiť na hladinu vody.*“ - 8. ročník (1999/15); keď je ale fľaša uzavretá a voda už nevyteká, tlak vzduchu vo fľaši je menší ako atmosférický (tlak v mieste otvoru - rovný súčtu tlaku vzduchu uzavretého vo fľaši a príslušného hydrostatického tlaku - je rovný tlaku okolitého vzduchu - atmosférickému tlaku)

V učebnici fyziky pre 7. ročník základných škôl [92] sa štruktúre kvapalín, molekulovému pôsobeniu a prenosu sily v kvapalinách nevenuje žiadna pozornosť. Z toho vyplývajúce nejasnosti v chápaní pôvodu tlaku a tlakovej sily v kvapalinách sa prejavili aj pri vysvetľovaní pokusov, kedy žiaci vytvárali v časti „aparatury“ podtlak a vplyvom tlakovej sily vonkajšieho vzduchu dochádzalo k pohybu kvapaliny. Pri vysvetľovaní situácie prevládla vonkajšia podobnosť s pôsobením ťahovej sily v prípade tuhých látok. Napríklad:

- „... sviečka potrebuje na horenie kyslík, spotrebuje ho, vzniká tam podtlak a ten nasaje vodu.“ - 7. ročník (1997/68), podobne 1998/144
- „Keď cez rúrku vysajem vzduch, v pohári vznikne podtlak a z banky sa bude nasávať voda.“ - 7. ročník (1997/72)
- „...podtlak vtiahne vodu do pohára.“ - 6.ročník (1998/96),
- „Zápalka spáli oxid uhličitý, vznikne podtlak a ten vcucne vajíčko (uvarené na tvrdo a ošúpané) do fľaše.“ - 6. ročník (1998/208), podobne 1997/69

Objavili sa aj problémy s používaním Pascalovho zákona, ktorý žiaci chápu izolovane od hydrostatického tlaku. Napríklad

- „Pokiaľ pôsobím na voľnú hladinu telesa v uzavretej nádobe, tak tlak je vo všetkých miestach rovnaký.“ - 7. ročník (1999/28);
- „Keď otočím fľašu (s mnohými otvormi v hornej časti) a potlačím, bude striekať rovnako, pretože keď pôsobí na kvapalinu rovnaký tlak, tak vo všetkých miestach vzniká rovnaká sila.“ - 7. ročník (1997/55, podobne 1999/76);
- „...voda strieka zo všetkých strán rovnakou silou a rovnakým tlakom. Tento pokus je založený na Pascalovom zákone, ktorý hovorí, že pôsobením vonkajšej tlakovej sily na voľnú hladinu v uzavretej nádobe vznikne vo všetkých častiach kvapaliny rovnaký tlak.“ - 7. ročník (1998/49).

Žiaci sa v úvode tematického celku Mechanika kvapalín venujú najprv Pascalovmu zákonu [92, str. 81]: „Pôsobením vonkajšej tlakovej sily na voľnú hladinu kvapaliny v uzavretej nádobe vznikne vo všetkých miestach kvapaliny rovnaký tlak.“. Následne sa žiaci učia o hydrostatickom tlaku vyvolanom gravitačným poľom Zeme. Zo spojenia týchto dvoch poznatkov vyplýva, že ak na voľnú hladinu kvapaliny pôsobíme silou, tlak vo všetkých miestach kvapaliny vzrastie o rovnakú hodnotu. Táto skutočnosť je však v učebnici fyziky uvedená len poznámkou menším písmom: „...Často sa uplatňuje oboje silové pôsobenie a potom celkový tlak v kvapaline $p = p_1 + p_h$.“

Vyššie uvedené citáty ukazujú, že žiaci si tento záver sami bez pomoci učiteľa, resp. učebného textu neuvedomia a vnímajú oba javy - závislosť hydrostatického tlaku od hĺbky a zvýšenie tlaku pôsobením vonkajšej tlakovej sily na voľnú hladinu kvapaliny - separovane. Azda najjasnejšie sa tento problém prejavil u ôsmaka, ktorý tvrdil, že v otvorenej nádobe tlak vzrastá s hĺbkou, kým v uzavretej nádobe je tlak v každom bode rovnaký (1999/15).

V alternatívnej učebnici fyziky pre 7. ročník základných škôl [93, str. 36] je Pascalov zákon zaradený až v závere tematického celku venovaného mechanike tekutín a je uvedený v znení: „Keď na povrch kvapaliny tlačíme, tlak vo všetkých jej miestach vzrastie rovnako.“

IV.1.2 Vnímanie príčiny pohybu tekutín

V učebných osnovách základnej školy nie je otázka prúdenia tekutín zahrnutá, žiaci sa ňou konkrétne nezaobierajú. V rámci preberania Pascalovho zákona sa síce stretávajú s vytekaním kvapaliny z nádoby, príčina pohybu kvapalín vo všeobecnosti však nie je vysvetlená, ostáva v intuitívnej rovine. Jedným z dôsledkov tohto stavu je, že hoci vedomosti, ktoré by žiaci mali získať o hydrostatickom tlaku sú dostačujúce na to, aby vedeli vysvetliť, prečo je hladina vody v spojených nádobách rovnako vysoko (resp. prečo, ak by sme použili dve nemiešateľné kvapaliny s rôznou hustotou, sa ustáli hladina v ramene, do ktorého sme naliali kvapalinu s väčšou hustotou, nižšie) pre žiakov nie je jednoduché nájsť toto vysvetlenie samostatne.* Napríklad:

- „Princíp spojených nádob je založený na tom, že dole je spoločný tlak. Z oboch miest pôsobí rovnaký tlak, preto sa táto hladina vyrovnáva.“ - 7. ročník (1997/60), zamieňanie pojmov tlak a tlaková sila, zamieňanie príčiny a dôsledku. Rozdielna výška hladín v oboch „ramenách“ spojenej nádoby spôsobuje, že v pravej a ľavej časti spojovacej časti nádoby je v rovnakej výške nad dnom rôzny tlak. Rozdiel tlakových síl následne vyvoláva pohyb tekutiny a vyrovnanie hladín. Až v stave rovnováhy sú hydrostatické tlaky prislúchajúce stĺpcom vody v jednotlivých ramenách rovnaké.
- „Spojené nádoby... keď vlejeme vodu do jedného z otvorov (ramien), tak by sa mala hladina vyrovnat“ - 8. ročník (1999/98). Na otázku prečo sú hladiny v spojených nádobách rovnako vysoko, žiak ale nevedel odpovedať. Na otázku, čo by sa stalo, keby na chvíľu bola hladina v jednom ramene vyššie, už odpovedal, že by na ňu pôsobila gravitačná sila a hladiny by sa vyrovnali, aby sa vyrovnal hydrostatický tlak.

* V klasickej učebnici fyziky pre 7. ročník základných škôl [92] nie je spojeným nádobám venovaná pozornosť, v alternatívnej učebnici [93] sa uvádza príklad U- trubice, ktorej jedno rameno je naplnené vodou a druhé ortuťou, spolu so stručným vysvetlením nerovnej výšky hladín v rovnovážnom stave.

- Dve nádoby prepojené hadičkou, v jednej je slaná zafarbená voda, v druhej čistá voda; na začiatku pokusu je hadička uzavretá, hladiny sú rovnako vysoko. „... keď odopchám hadičku, bude zafarbená slaná voda prechádzať do obyčajnej. Je to preto, že slaná voda má väčšiu hustotu ako sladká, obyčajná.“ - 7. ročník (1999/3). Na otázku prečo pri týchto spojených nádobách neplatí, že hladiny sú rovnako vysoko, žiak nevedel odpovedať. Na otázku, či na začiatku pokusu mohol byť na oboch koncoch hadičky rôzny tlak, odpovedal: „Nie.“ Až keď sme sa v rozhovore sústredili na závislosť tlaku od hĺbky a hustoty kvapaliny, napokon došiel k správne mu záveru.

Keďže žiaci nevedia vysvetliť rovnakú výšku hladín v U-trubici naplnenej vodou, nerozumejú ani zložitejším prípadom spojených nádob - nevedia vysvetliť ani princíp prečerpávania vody z vyššie položenej nádoby do nižšie položenej nádoby pomocou hadičky. Napríklad:

- „Voda preteká, lebo vo väčšej fľaši je väčší tlak ako v menšej, a tým sa hladina vody vyrovnáva.“ - 7. ročník (1998/51); tlak nezávisí od veľkosti nádoby
- „Keď sa naleje voda, pôsobí na ňu atmosférický tlak. Čím je voda vyššie, tým je tam menší atmosférický tlak.“ - 7. ročník (1998/120), aj keď atmosférický tlak s výškou klesá, nie je to dôvod, aby voda začala pretekať hadičkou do nižšie položenej nádoby.

Pri skúmaní vytekania kvapaliny z otvoru v stene nádoby si žiaci väčšinou všimajú len pôsobenie tlakovej sily na voľnú hladinu kvapaliny, keď fľašu stlačia, resp. iným spôsobom vyvolajú zvýšenie tlaku vzduchu nad hladinou. Pôsobenie vzduchu s atmosférickým tlakom na voľnú hladinu kvapaliny, resp. v mieste otvoru však už zanedbávajú – neuvažujú o ňom, alebo naň aspoň neupozorňujú. Napríklad:

- „Keď nalejem vodu do lievika, stlačí sa vzduch vo fľaši, bude tu väčší tlak, ten prejde do tejto fľaše a tým pádom vzduch bude tlačiť na kvapalinu a kvapalina vyjde z nádoby.“ - 7. ročník (1997/59)
- „Vzduch, ktorý je v nádobe (cez uzáver nádoby s vodou prechádza tenká hadička siahajúca až do kvapaliny), budem zohrievať. Plyny majú tú vlastnosť, že sa rozpínajú. Tak plyn sa bude rozpínať a bude tlačiť na kvapalinu a kvapalina vystrekne von.“ - 7. ročník (1997/62)
- „Vo fľaši mám dieru vo vrchnáčku, aj zospodku. Keď zapchám prstom dieru zvrchu, tak mi voda nevyteká, ale keď pustím, tak mi voda vyteká. Je to preto, že hydrostatický tlak je menší ako atmosférický, ktorý nám pôsobí zvrchu.“ - 7. ročník (1998/143)

- „Do fľašky sme si urobili dieru. Teraz (zatvorený vrchnák, diera otvorená, voda nevyteká) je vo fľaške rovnováha medzi atmosférickým a hydrostatickým tlakom. Keď však fľašku otvoríme, voda začne z fľašky vytekať, pretože atmosférický tlak sa zväčší a začne tlačiť na hladinu vody.“ - 8.ročník (1995/15)

Vo všetkých uvedených prípadoch pôsobí na kvapaliny vo výtokovej rúrke / v mieste otvoru tlakovou silou vonkajší vzduch. Táto tlaková sila je menšia ako tlaková sila (spôsobená hydrostatickým tlakom zväčšeným o tlak vzduchu nad kvapalinou) ktorá pôsobí opačným smerom. Žiaci by si mali uvedomovať, že rozdiel týchto tlakových síl spôsobuje pohyb tekutiny v smere väčšej z tlakových síly (výtok kvapaliny z nádoby, alebo prienik vzduchu do nádoby).

Menej časté sú opačné prípady, kedy žiak síce uvažuje o vplyve vonkajšieho vzduchu, zanedbáva však vplyv vzduchu uzavretého v nádobe:

- prikrytie sviečky horiacej uprostred misky s vodou pohárom otočeným hore dnom – „Voda sa dostane dovnútra, pretože hydrostatický tlak je v tomto prípade menší ako atmosférický tlak.“ - 7. ročník (1998/47)

IV.1.3 Archimedov zákon

V rámci uskutočneného orientačného výskumu sa ukázalo, že žiaci si plne neuvedomujú obsah Archimedovho zákona. Vedia uviesť jeho znenie tak, ako je uvedené v učebnici, no v praxi často zabúdajú, že Archimedov zákon hovorí nielen o existencii, ale aj o veľkosti vztlakovej sily. Preto za dôkaz platnosti Archimedovho zákona považujú aj demonštrácie samotnej existencie vztlakovej sily. Napríklad:

- (dve závažia visia na nitkách upevnených na okrajoch ceruzky, ceruzka je vo svojom strede zavesená na slučke - rovníramenné váhy) „...závažia sú v rovnováhe. Teraz dám tie závažia do pohárov prázdnych a do jedného pohára budem pomaly liať vodu. Ako vidíme, tak ceruzka sa nahla. To nám dokázalo, že Archimedov zákon je platný. Teleso ponorené do kvapaliny je nadľahčované silou, ktorá sa rovná tiaži kvapaliny telesom vytlačenej.“ - 7. ročník (1999/8, podobne 1998/201, 1998/202).

Dokonca aj v prípade, keď žiak odmeral tiaž telesa a veľkosť výslednej sily, ktorá naň pôsobí po ponorení do kvapaliny, už nehľadal súvis medzi rozdielom týchto dvoch síl a tiažou vytlačenej kvapaliny - 7. ročník (1999/56)

Mnohí žiaci nechápu pôvod vztlakovej sily. Nevnímajú vztlakovú silu ako prejav gravitačnej sily pôsobiacej na kvapalinu. Neuvedomujú si, že vztlaková sila závisí od vlastností

kvapaliny, gravitačného poľa a veľkosti ponorenej časti telesa, nie od hustoty ponáraného telesa. Napríklad:

- „...vztlaková sila závisí od hustoty kvapaliny a hustoty telies“ - 7. ročník (1997/48)

Vyskytuje sa tiež nesprávne pochopenie podmienky plávania telies:

- „Teleso môže plávať na hladine tak, že gravitačná sila je menšia ako vztlaková sila. Tak nám teleso pláva na hladine a neponorí sa.“ - 7. ročník (1999/61); keď už teleso pláva na hladine (nevynára sa), je ponorené práve toľko, že naň pôsobiaca vztlaková sila je v rovnováhe s tiažou telesa.

IV.2 Spôsob zavedenia základných pojmov mechaniky tekutín v učebniciach fyziky

Zo zahraničnej komparatívnej štúdie šiestich reprezentatívnych učebníc fyziky (jednej americkej, štyroch anglických, používaných aj v iných krajinách a jednej gréckej [94]) vyplynulo, že vo všetkých sledovaných učebniciach základného kurzu fyziky (pre 2. stupeň základných škôl, resp. nižšie stredné školy) je pojem tlak zavedený na príklade tuhých telies ako podiel sily a plochy, na ktorú táto sila pôsobí. Až potom nasleduje štúdium tlaku v kvapalinách.

Pri uplatnení tohto postupu vzniká pre žiakov problém: na základe zavedenia tlaku pri styku dvoch pevných telies prisudzujú tlaku vektorové vlastnosti vyjadrené napríklad používaním slovných spojení „tlak nahor“, „tlak nadol“, „pôsobí tlak“. Tieto prvky sa dokonca vyskytujú v piatich zo šiestich sledovaných učebníc. Vo všetkých šiestich sa vyskytuje slovné spojenie „tlak na plochu“ a existencia tlaku je znázorňovaná šípkami (často dĺžka šípky reprezentuje veľkosť tlaku v danom mieste).

Len v jednej zo skúmaných učebníc je zavedenie tlaku v kvapalinách ilustrované príkladom – pôsobením sily na deravú fľašu s vodou spôsobujúce striekanie vody z otvorov všetkými smermi. Skalárny charakter tlaku je vo väčšine učebníc podporovaný slovnými spojeniami „v tomto mieste kvapaliny je tlak“, „kvapalina má tlak“ a v štyroch z nich je jasne deklarovaný pre hydrostatický tlak buď kvalitatívne – ako závislosť tlaku od hĺbky a druhu kvapaliny, alebo kvantitatívne – matematickým vzťahom $p = h \cdot \rho \cdot g$, čo umožňuje všimnúť si aj závislosť od gravitačného poľa a zdôrazniť pôvod hydrostatického tlaku v gravitačnom pôsobení). Prenosom tlaku v kvapaline sa zaoberajú štyri zo sledovaných učebníc.

Výskyt vyššie uvedených prvkov sme sledovali v slovenských učebniciach fyziky pre základné školy a gymnáziá. (Definície vybraných pojmov z oblasti mechaniky tekutín tak, ako sa s nimi žiaci postupne stretávajú, sú uvedené v prílohe F.)

V učebniciach [92, 95, 96] sú pojmy tlak a tlaková sila dôsledne odlišené. Rovnako ako spomínané zahraničné učebnice však zavádzajú pojem tlak pre prípad tuhých telies. V prípade kvapalín je zavedený najprv pojem tlaková sila a na základe znalosti veľkosti tlakovej sily a veľkosti plochy na ktorú tlaková sila kolmo pôsobí, je zavedený pojem hydrostatický tlak. Skalárny charakter fyzikálnej veličiny tlak je slovne („...je tlak...“) ako aj matematickým vyjadrením závislosti $p = h \cdot \rho \cdot g$ vyjadrený vo všetkých slovenských učebniciach fyziky pre základné školy a gymnáziá, ktoré sa dotýkajú mechaniky kvapalín.

Len v alternatívnej učebnici fyziky pre 7. ročník základných škôl [93] sa vyskytujú viaceré nedostatky - nediferencované používanie pojmu tlak a tlaková sila, znázorňovanie tlaku pomocou šípok (bližšie opísané v prílohe F).

Napriek uvedenému, žiaci bez rozdielu, či sa učili podľa klasických alebo alternatívnych učebníc, často pripisujú tlaku vektorové charakteristiky a mnohí učitelia používajú slovné spojenie „pôsobí tlak“ vo svojom výklade*.

IV.3 Žiacke modely pojmu tlak podľa Psillosa

Podľa [86, 94] možno predstavy žiakov o pojme tlak rozdeliť do troch kategórií:

– antropomorfný („tlačenicový“) model - charakteristické je uvažovanie o výraznej stlačiteľnosti kvapalín. Žiaci používajúci tento model využívajú pri interpretácii javov v kvapalinách každodenné skúsenosti (napríklad: „keď zazvoní a žiaci sa vyhnú z triedy, vo dverách je tlačénica – tak aj v zúženom priestore sa tlak zvyšuje“).

Tento model zodpovedá prvým intuitívnym predstavám detí o tlaku v kvapalinách.

– model tlakovej sily - charakteristické je zamieňanie, resp. nerozlišovanie pojmov tlak a tlaková sila. Tlaku sa pripisujú vektorové vlastnosti (napríklad „smerom dole pôsobí tlak...“). Žiaci zastávajúci tento model vzťahujú tlak na plochu, domnievajú sa, že veľkosť tlaku závisí od celkového množstva vody (predpokladajú, že v širšej nádobe je tlak väčší ako v užšej nádobe v tej istej hĺbke); vnímajú hydraulický lis ako rovnoramenné váhy – uvažujú o invariantnom prenose sily kvapalinou (na oba piesty pôsobí rovnako veľká sila).

* skúsenosti z projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“, seminárov s učiteľmi a výstav SCHOLA LUDUS

Model tlakovej sily je medzi žiakmi najrozšírenejší a veľmi často pretrváva aj po prebratí celku o mechanike kvapalín.

- kvapalinový model - charakteristické je chápanie tlaku ako vlastnosti kvapaliny (napríklad „tlak, ktorý je v tomto mieste kvapaliny...“). Kým pre predošlé dva modely je dôležitá interakcia kvapaliny s iným telesom, v kvapalinovom modeli je tlak chápaný ako bodová stavová funkcia. Žiaci používajúci tento model správne narábajú so vzťahom $p = h \cdot \rho \cdot g$.

Kvapalinový model je najbližší vedeckému modelu tlaku.

Výskumy v Grécku ukázali, že žiaci chápu slovné spojenie „...má tlak...“ ako vyjadrenie niečoho prirodzeného, čo stále existuje, kým slovné spojenie „...pôsobí tlak...“ vzťahujú na situáciu, keď je do kvapaliny ponorené teleso. Prvé slovné spojenie používajú pri interpretácii javov v kvapalinách najmä žiaci s „kvapalinovým modelom“ tlaku, druhé spojenie je častejšie vo vyjadrovaní žiakov používajúcich „model tlakovej sily“. Žiaci pritom môžu používať súčasne viaceré modely tlaku podľa typu úlohy a jej kontextu.

Podľa výskumu uskutočneného medzi 13-14-ročnými žiakmi bezprostredne po prebratí celku statika kvapalín tradičným spôsobom si 14-19% žiakov zachovalo svoje pôvodné predstavy (antropomorfný „tlačenicový“ model); model tlakovej sily používalo 21-29% žiakov a kvapalinový model 30-40% žiakov podľa typu úlohy. Pri komplexnejších úlohách percento prvej a poslednej skupiny klesalo v prospech modelu tlakovej sily. Ďalšie štúdie poukázali na neskorší pokles zastúpenia kvapalinového modelu v prospech modelu tlakovej sily. [86]

Výskumy poukázali aj na ďalšie nedostatky [87]:

- asi tretina žiakov (v Grécku) sa domnieva, že tlak sa prenáša prednostne vo zvislom smere a ďalšia tretina žiakov si prenos tlaku kvapalinou neuvedomuje;
- približne polovica žiakov sa domnieva, že z dvoch telies rovnakého objemu väčšmi vytŕča z vody to, na ktoré pôsobí väčšia vztlaková sila;
- žiaci interpretujú fyzikálne javy zahŕňajúce pohyb tekutín najčastejšie buď pomocou pojmu tlak (namiesto rozdielu tlakov), alebo ako snahu tekutiny vyplniť prázdno.

IV.4 Návrh konštruktivistického vyučovacieho postupu podľa Psillosa

V záujme predchádzať ťažkostiam žiakov a podporiť vznik a dlhodobé podržanie „kvapalinového modelu“ pojmu tlak, navrhli Psillos a Kariotoglou nasledovný konštruktivistický vyučovací postup [97]:

1. systematické rozlíšenie jednotlivých skupenstiev s dôrazom na uvedenie si vlastností kvapalín v porovnaní s ostatnými skupenskými stavmi;
2. zavedenie tlaku ako skalárnej bodovej funkcie (nie na príklade pevných látok);
 - skúmanie závislosti tlaku od hĺbky a od hustoty kvapaliny;
 - uvedenie si podmienky rozdielu tlakov pre pohyb tekutín (nie existencia tlaku, ale rozdiel tlakov dáva kvapalinu do pohybu);
3. zavedenie tlakovej sily s dôrazom na rozdiely medzi tlakom a tlakovou silou (napr. ukázaním nezávislosti tlaku od plochy povrchu);
 - zavedenie Pascalovho zákona a jeho aplikácií;
4. zavedenie pojmu vztlaková sila ako výslednica tlakových síl pôsobiacich na teleso ponorené do kvapaliny.

Každá časť sa pritom skladá z dvoch stupňov:

- a) objasnenie žiackych predstáv, jednoduché žiacke experimenty, práca v skupinách, vyplnenie pracovných listov;
- b) učiteľský experiment, diskusia o výsledkoch experimentu a názoroch žiakov, konštrukcia nového poznatku.

Pri testovaní účinnosti navrhovaného postupu bol zistený štatisticky významný rozdiel v schopnostiach predpovedať, popisovať a vysvetľovať javy v tekutinách oproti žiakom, ktorí absolvovali tradičnú výučbu (79% voči 34% správnych odpovedí). [85]

Navrhovaný vyučovací postup obsahovo pokrýva učebné osnovy platné na Slovensku. Domnievame sa, že by ho bolo možné adaptovať. Obsahové rozdiely vidíme najmä v tom, že:

1. v navrhovanom postupe sa kladie väčší dôraz na systematické klasifikovanie skupenstiev hmoty a odlíšenie kvapalín.

V našich učebných osnovách je mechanika kvapalín zaradená v 7. ročníku základnej školy a začína stručným zopakovaním základných vlastností kvapalín zo 6. ročníka. Je však na učiteľovi, nakoľko zdôrazní odlišnosti od ostatných skupenstiev.

2. v slovenských učebných osnovách je prvotným pojmom tlaková sila.

Pojem tlak je zavedený na príklade pevných látok ako podiel veľkosti tlakovej sily a obsahu plochy, na ktorú sila pôsobí kolmo. Tlak v kvapalinách je v učebnici fyziky pre 7. ročník základných škôl [94] spomenutý najprv v súvislosti s Pascalovým zákonom, ako dôsledok pôsobenia vonkajšej tlakovej sily. Až potom sa skúma účinok gravitačného poľa na kvapaliny v pokoji a je zavedený pojem hydrostatický tlak. Podmienky pohybu kvapalín sa neskúmajú.

3. v štandardnej učebnici fyziky pre 7. ročník základných škôl [94] sa vychádza z pojmu tlaková sila, tlak je z nej odvodený; v alternatívnej učebnici [95] sa vychádza z oboch pojmov – tlak aj tlaková sila (nie sú však dôsledne odlišené).
4. vztlaková sila je zavedená ako výslednica tlakových síl pôsobiacich na teleso ponorené do kvapaliny.

Hlavný rozdiel medzi navrhovaným vyučovacím postupom a tradičnou výučbou na Slovensku vidíme v dôraze na vlastnú konštrukciu poznatkov - v rešpektovaní prvotných predstáv žiakov, vo využívaní experimentálnej činnosti žiakov na vyvolanie mentálneho konfliktu a vo využívaní diskusie na formuláciu predstáv a uvedomenie si vlastného pokroku.

V. Výskum zameraný na komplexnosť prístupu k jednoduchým experimentom orientovaný na budovanie základných fyzikálnych pojmov

V.1. Cieľ a výskumné otázky

Na základe výsledkov orientačného výskumu (kapitola III.8. na strane 51) sme sa v tejto časti výskumu zamerali na identifikáciu koncepčných a prístupových problémov v oblasti mechaniky tekutín.

Cieľom bolo:

- a) vybrať a predložiť žiakom kľúčové experimenty a na základe ich opisov a vysvetlení analyzovať fyzikálny náhľad žiakov a spôsob uvažovania - sledovať:
 - ako dokážu žiaci pozorovať prebiehajúci proces, či rozlišujú fázy procesu; čo považujú za príčiny pozorovaného javu a na základe čoho tak uvažujú;
 - či, resp. v akých súvislostiach si žiaci uvedomujú jednotlivé súčasne prebiehajúce javy, do akej miery sú pripravení odhaliť kauzálne súvislosti procesu;
 - ako používajú a chápu vybrané základné fyzikálne pojmy;
- b) tie isté kľúčové experimenty paralelne rozobrať na seminároch s učiteľmi fyziky ZŠ a SŠ s cieľom porovnať fyzikálne prístupy učiteľov a žiakov.

V rámci projektu neformálneho vzdelávania „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ predviedol rovnaký pokus len malý počet žiakov, takže zistenia orientačného výskumu majú z hľadiska výskumu chápania fyzikálnych pojmov len orientačný charakter. Preto sme pre ďalší výskum vybrali dve demonštrácie – rovnaké pre žiakov základných škôl i gymnázií. Úlohou žiakov bolo tieto demonštrácie opísať a pokúsiť sa o vysvetlenie prebiehajúcich javov.

Cieľom výskumu bolo identifikovať základné prístupy a ťažkosti žiakov pri riešení úloh zvoleného typu, zistiť ich schopnosť sledovať reálne komplexné procesy a skúmať vplyv jednotlivých spolupôsobiacich faktorov, nie získať reprezentatívny prehľad používaných prístupov v celej populácii.

V.2 Výber kľúčových demonštrácií pre výskum

Predpokladom naplnenia cieľov výskumu bolo, aby vybrané demonštrácie spĺňali nasledujúce požiadavky:

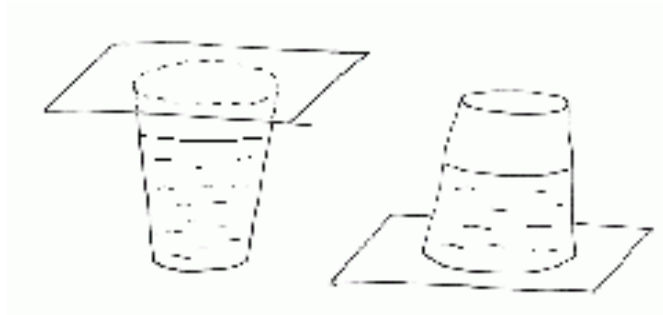
- prekvapenie, atrakcia – vzbudenie prvotného záujem o predvedený jav;
- prekvapivý fyzikálny záver z demonštrácie – vzbudenie záujmu o hľadanie fyzikálnych príčin javov;
- materiálna a časová nenáročnosť realizácie demonštrácie, možnosť viacnásobného opakovania – poskytnutie príležitosti na získanie osobnej skúsenosti, na vlastné experimentovanie, všimnutie a pochopenie významu detailov, vytvorenie poznatku;
- možnosť rozšírenia o ďalšie experimentovanie – poskytnutie príležitosti pochopiť vplyv zmeny vybraných parametrov, odhaliť závislosti sledovaných charakteristík javu, pochopenie rôznych aspektov vybraných pojmov, potvrdenie poznatku (prípadne jeho rozšírenie).

Výber demonštrácií z oblasti mechaniky tekutín bol ovplyvnený výsledkami orientačného výskumu. Pri konkrétnom výbere demonštrácií sa prihliadalo k tomu, aby javy podieľajúce sa výrazne na demonštrovanom procese patrili (resp. podľa nás by mali patriť) do oblasti školskej fyziky.

Spoločnými kľúčovými pojmami určujúcimi výber demonštrácií boli zvolené pojmy tlak, tlaková sila a pojmy s nimi súvisiace (podtlak, pretlak, atmosférický tlak, hydrostatický tlak, zmena tlaku, rozdiel tlakových síl, účinok tlakových síl, rovnovážny a nerovnovážny stav, otvorená a uzavretá sústava).

Na základe vyššie uvedených kritérií sme vybrali dve demonštrácie:

1. Pohár čiastočne naplnený vodou prikryjeme papierom. Papier pridržíme a celú sústavu otočíme. Papier ostane na pohári držať aj po tom, ako ho pustíme, voda sa nevyleje. (Obr.4.)



Obrázok 4.

2. Do nádoby s vodou vložíme sviečku a zapálime ju. Horiacu sviečku prikryjeme pohárom. Sviečka zhasne, do pohára sa dostane voda. (Obr.5.)



Obrázok 5.

Obe vybrané demonštrácie boli predvedené v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž” viacerými žiakmi. Dalo sa teda predpokladať, že respondentov zaujmú, že si ich budú chcieť sami vyskúšať a pochopiť, že budú mať motiváciu úlohu riešiť.

Vybrané demonštrácie nie sú v rámci vyučovania bežne používané (prvá demonštrácia sa príležitostne používa vo verzii s pohárom plným vody), väčšina žiakov sa s nimi v uvedenej podobe stretla v rámci výskumu prvýkrát.

Obe demonštrácie sú nenáročné na pomôcky, samotná realizácia netrvá dlhšie ako minútu. Obe demonštrácie umožňujú početné obmeny - jednoduchú zmenu vstupných parametrov.

Okrem vyššie uvedeného ovplyvnili rozhodovanie pri výbere demonštrácií aj skutočnosti, že:

- obe demonštrácie predstavujú komplexné procesy, pri ktorých nie je postačujúce zjednodušiť opis na jediný jav;
- pre pochopenie, vysvetlenie oboch demonštrácií je potrebné sledovať celý proces od štartu až do ustálenia rovnováhy – uvedomiť si začiatkové podmienky, všetky kroky experimentátora, zmeny, ku ktorým dochádza v priebehu procesu; nestačí pozorovať len začiatkový a konečný stav sústavy;
- na vysvetlenie javov prebiehajúcich v oboch demonštráciách je potrebné uvedomiť si, ako jav vo vnútri pohára súvisí s okolím (nemožno uvažovať o izolovanej sústave);
- v oboch prípadoch dochádza k pohybu kvapaliny, ako dôsledku tlakových zmien;

- v oboch demonštráciách hrá významnú úlohu atmosférický tlak a podtlak vzduchu uzavretého v pohári;
- v prvej demonštrácii vzniká podtlak mechanicky; v druhej je zmena tlaku vyvolaná zmenou teploty i chemickou reakciou.

Ďalšími neoddeliteľnými pracovnými pojmami, s ktorými je potrebné pri vysvetľovaní demonštrovaných javov pracovať sú hustota, objem, tiažová sila, povrchové napätie, sily príľnavosti, zmáčanie, vztlínanie, teplota, tepelná výmena, rozpínanie a stláčanie.

V.2.1 Prezentácia 1. demonštrácie v literatúre prístupnej žiakom a učiteľom

Demonštrácia udržania papiera na pohári s vodou aj po otočení hore dnom je známejšia v prevedení s pohárom úplne naplneným vodou (bez vzduchovej bubliny). V alternatívnej učebnici fyziky pre 7. ročník základnej školy [93, str. 21] je udržanie lepenky na otočenom pohári uvedené ako príklad prejavu tlaku vzduchu. Tvrdí sa tu ale, že lepenka ostane po otočení hore dnom na pohári len vtedy, ak v pohári nie je žiaden vzduch. „Pod lepenkou nesmie byť ani bublina vzduchu! ...Tlak vzduchu je taký veľký, že ju (lepenku) tlačí k hrdlu pohára namiesto vás a voda nevytečie.” Na str.25 tej istej učebnice je potom zadaná úloha: „Keď pri pokuse ... necháte v pohári trochu vzduchu, určite vám lepenka spadne a voda vytečie. Prečo? Aká sila pôsobí na lepenku zhora, keď je v obrátenom pohári len voda, ale nijaký vzduch? Aké sily tam pôsobia, keď je v pohári aj bublina vzduchu?”

Ak si žiaci pokus skutočne vyskúšajú, zistia, že lepenka môže držať na pohári aj v prípade, keď je v pohári okrem vody aj vzduchová bublina.

V knihe „O fyzike trochu inak“ [98, s.56] je demonštrácia opísaná a vysvetlená tiež len v podobe, kedy v pohári nie je žiaden vzduch. Autori číselne porovnávajú veľkosť atmosférického tlaku a hydrostatického tlaku v hĺbke 10 cm, tiaž papiera nespomína.

V príspevku „Demonštrácia atmosférického tlaku“ v rubrike Jednoduché pokusy časopisu Fyzikálne listy určeného učiteľom gymnázií [99] autor nekladie podmienku, že pohár musí byť na začiatku plný vody: „do pohára nalejem vodu (najlepšie doplna).“ Vo vysvetlení sa ale zaoberá len situáciou, kedy v pohári nie je žiaden vzduch. Upozorňuje, že tiaž podložky (v tomto prípade pohľadnice) možno vzhľadom na veľkosť ostatných síl zanedbať.

V.2.2 Naša prezentácia 1. demonštrácie a očakávané prístupy žiakov

Realizácia demonštrácie – spôsob prvého predvedenia demonštrácie

Sklenený pohár naplníme približne do polovice vodou, otvor prikryjeme štvrtinou kancelárskeho papiera, pritlačíme a otočíme. Pri pretáčaní je potrebné nechať časť vody z pohára odtečť. Počas otáčania pohára je treba papier dobre pridržať. Potom už súvislá vrstva kvapaliny, ktorá ostane z vnútornej strany na papieri, zabráni, aby vytekajúcu vodu nahradil vzduch z okolia.

Pozorovateľný efekt

Po ustálení v zvislej polohe hore dnom a po uvoľnení podložky (papiera) sa voda z pohára nevyleje, papier nespadne.

Prvé otázky pozorovateľa

Prečo drží papier na pohári aj po otočení hore dnom?

Ako je možné, že papier udrží vodu v pohári?

Prvé odpovede

Voda sa po uvoľnení podložky (papiera) nevyleje, podložka nespadne, ak výslednica všetkých síl pôsobiacich na papier bude nulová. Pôsobia tu: tiaž podložky, tlaková sila vody a vzduchu uzavretého v pohári a proti nim tlaková sila vonkajšieho vzduchu.

Dôslednejšie pozorovanie

Pri otáčaní pohára vždy trochu vody – pár kvapiek odtečie, prípadne sa nasaje do papiera. Pri použití mäkkej podložky možno sledovať jej preliačenie smerom dovnútra pohára.

Prečo voda odteká?

Aké najmenšie / najväčšie množstvo vody môže byť na začiatku v pohári, aby po otočení podložka nespadla?

Koľko vody odtečie z pohára?

Za akých podmienok podložka spadne?

Možno pokus realizovať s ľubovoľnou podložkou?

Žiaci mali možnosť pokus sami opakovať a obmieňať. Mali k dispozícii poháre rôznych veľkostí (sklenené aj mäkké plastové), podložky z rôznych materiálov (kancelársky papier, výkres, kriedový papier, lepenku, pevnú plastovú misku, kovovú misku) a rôznych veľkostí.

Čo sme od žiakov očakávali

Žiaci by mali byť schopní formulovať podmienku vzniku rovnovážneho stavu:

Na to, aby podložka na pohári držala a voda sa nevyliala je potrebné, aby výslednica síl pôsobiacich na podložku bola nulová

a následne si položiť otázku:

Aké sily pôsobia na podložku?

Od siedmakov, ktorí sa ešte neučili o mechanických vlastnostiach kvapalín a plynov, ale už preberali tematický celok "Posuvné účinky sily. Pohybové zákony" sme očakávali, že sa zmieni o silovom pôsobení uzavretej vody, silovom pôsobení atmosféry a o tiažovej sile podložky, že zväžia smer jednotlivých pôsobiacich síl a dospejú k záveru, že silové pôsobenie vody je v stave rovnováhy vyrovnané silovým pôsobením atmosféry zmenšeným o tiaž podložky.

U žiakov, ktorí už absolvovali výučbu tematického celku Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov (žiakov končiacich siedmy ročník, ôsmakov, deviatakov a študentov prvého ročníka gymnázia) sme očakávali, že uvážia aj vplyv vzduchu uzavretého v pohári, a že sa pokúsia aj o kvantitatívne vyjadrenie pôsobiacich síl (zatiaľ bez presného vyjadrenia veľkosti tlaku vzduchu uzavretého v pohári po jeho otočení).

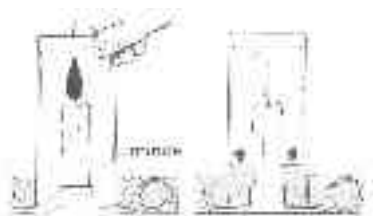
Študenti druhého ročníka gymnázia (po prebratí celkov Štruktúra a vlastnosti plynného skupenstva látok a Štruktúra a vlastnosti kvapalín) a starší by mali byť schopní spraviť formálny rozbor situácie rovnovážneho stavu, kvantitatívne vyjadriť veľkosť pôsobiacich tlakových síl, vrátane tlakovej sily spôsobenej vzduchom uzavretým v pohári, a kvalitatívne zväžiť aj vplyv priľnavosti materiálu podložky k vode, povrchového napätia, prípadne vzĺnavosti. Študenti druhého ročníka gymnázia by mali byť schopní samostatne navrhnúť a zrealizovať meranie údajov potrebných na kvantitatívny odhad veľkostí síl pôsobiacich na papier.

Od všetkých žiakov sme očakávali, že budú s ponúkanými pomôckami experimentovať, meniť počiatkové množstvo vody v pohári a druh podložky.

V.2.3 Prezentácia 2. demonštrácie v literatúre prístupnej žiakom a učiteľom

Demonštrácia vystúpenia hladiny vody v pohári, ktorým sme prikryli sviečku horiacu v miske s vodou, je väčšinou uvádzaná ako dôkaz 21%-ného zastúpenia kyslíka v atmosfére [100]. Napríklad v knihe „49 ľahkých pokusov, ktoré realizujú malí debrujári“ [101, s. 38] je zvýšenie vodnej hladiny odôvodnené tým, že: „...plameň spotrebuje všetok kyslík a sviečka zhasne. Voda vnikne do pohára, lebo sa vo vnútri pohára znížil tlak oproti okolitému.“ To navádza k predstave, že voda nahradila spálený kyslík. Zároveň je v texte uvedené, že voda vystúpi do pohára tak, že zaplní jednu pätinu jeho objemu. To však môže, ale nemusí byť

pravda. Množstvo vody, ktoré sa dostane do pohára závisí od toho, či bol vzduch v pohári pred prikrytím sviečky nahriaty, od objemu pohára, od pôvodného množstva vody v miske (ak je v miske málo vody, môže nastať situácia, že sa všetka voda dostane do pohára a pokračuje prenikanie vonkajšieho vzduchu, prípadne sa miska prisaje k poháru).

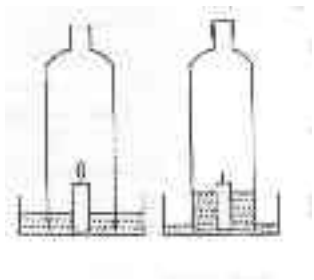


Obrázok 6.

Ani obrázok uvedený v [101] (obr.6.) znázorňujúci situáciu na začiatku pokusu nezodpovedá skutočnosti – pri prikrytí sviečky pohárom neostáva pohár prázdny, už pri ponáraní pohára sa vzduch v pohári stlačí a v pohári je aj voda (hladina v pohári je dôsledkom zvýšeného tlaku uzavretého vzduchu nižšie ako voľná hladina vody v miske).

V rámci vysvetlenia v knihe „O fyzike trochu inak“ [98] autori upozorňujú na začiatočnú fázu javu: „Teplo produkované horiacim papierom (namiesto sviečky je tu použitý horiaci papier) ohrievalo vzduch v pohári. Stúpala tlak, ktorý časť vzduchu z pohára vytlačil. Po dohorení nastalo spätné ochladzovanie plynov v pohári. Tlak klesal. Voda sa začala hrnúť do pohára hnaná okolitým atmosférickým tlakom.“ Autori vyvracajú časté nesprávne vysvetlenie poklesu tlaku zhorením kyslíka a uvádzajú chemickú reakciu, podľa ktorej počet molekúl plynu v pohári pri horení papiera stúpa. „Z dvoch molekúl kyslíka vzniká jedna molekula plynného oxidu uhličitého a dve molekuly vody vo forme pary.“ Dodávajú tiež, že ani vysvetlenie poklesu tlaku ochladením uzavretého plynu ešte nie je úplné, pretože pri ochladzovaní plynov vodná para na stenách pohára kondenzuje, čo spôsobuje ďalší pokles tlaku.

V Kaleidoskope učiteľa fyziky [102] je uvedená demonštrácia v podobe, kedy horiacu sviečku prikryjeme odrezanou otvorenou fľašou (obr.7).



Obrázok 7.

„... sledujeme stúpanie vody v nádobe, ktoré je dôsledkom ochladenia vzduchu a vzniku podtlaku vo fľaši.“ Výhodou tohoto prevedenia je, že na začiatku pokusu sú hladiny vody v miske a vo fľaši na rovnakej úrovni. Odmeraním konečného rozdielu hladín možno určiť zmenu tlaku uzavretého vzduchu.

V.2.4 Naša prezentácia 2. demonštrácie a očakávané prístupy žiakov

Realizácia demonštrácie – spôsob prvého predvedenia demonštrácie

Do misky nalejeme studenú vodu a doprostred položíme zapálenú „čajovú sviečku“ - kahanček. Po niekoľkých sekundách (keď sa sviečka rozhorí) sviečku v miske prikryjeme zaváraninovým pohárom otočeným hore dnom. Pohár pred pokusom nezahrievame. Vody v miske musí byť také množstvo, aby ešte aj po nasatí vody do pohára ostala časť vody v miske (pri použití 380 ml pohára by malo byť v miske na začiatku aspoň 150 ml vody).

Pozorovateľný efekt

Po prikrytí pohárom začne sviečka pohasínať, súčasne do priestoru pohára stúpa voda. Stúpanie vody pokračuje výraznejšie po zhasnutí sviečky.

Prvé otázky pozorovateľa

Prečo sviečka zhasne?

Prečo sa do pohára nasaje voda?

Prvé odpovede

Sviečka zhasne, pretože v pohári nie je dostatok kyslíka na jej horenie.

Voda sa nasaje do pohára, lebo zvonku na ňu pôsobí väčšia sila.

Dôslednejšie pozorovanie

Po prikrytí pohárom je najprv hladina vody v pohári nižšie ako voľná hladina vody v miske a mierne klesá. Niekedy časť vzduchu vybuble z pohára von. Po chvíli začne hladina vody v pohári stúpať. Keď sviečka zhasína, možno pozorovať vznik sadzí a kondenzáciu vodnej pary na stenách pohára.

Zmení sa priebeh pokusu, ak pohár otočený hore dnom podržíme najprv nad horiacou sviečkou?

Ako sa zmení priebeh pokusu, ak použijeme pohár inej veľkosti?

Ako sa zmení priebeh pokusu, ak zmeníme množstvo vody v miske?

Čo sme od žiakov očakávali

a) k otázke zhasnutia sviečky

Žiaci majú skúsenosti s horením z praktického života a z predchádzajúceho učiva prírodovedy - vedia, že na horenie je potrebný kyslík. Všimnú si, že sviečka zhasne, na základe čoho usudzujú, že počas horenia vplyvom chemickej reakcie došlo k spotrebovaniu kyslíka. U siedmakov a ôsmakov sme predpokladali natoľko vybudovaný pojem zachovania, že si budú uvedomovať, že pri horení nedochádza k „zmiznutiu“ kyslíka, ale k jeho premene na iné látky. Od starších žiakov (deviatakov, gymnazistov) sme očakávali, že na základe poznatkov z chémie prídu k záveru, že horením parafínu vzniká oxid uhličitý (prípadne oxid uhoľnatý, ak sa jedná o nedokonalé horenie). Na základe pozorovanej kondenzácie vodných pár mohli usúdiť, že ďalším produktom chemickej reakcie je voda.

Žiaci druhého ročníka gymnázia by mali byť schopní (po zadaní vzorca parafínu) uvážiť reaktanty a produkty chemickej reakcie, napísať chemickú rovnicu a kvalitatívne zväžiť ďalšie zmeny – aký by bol vplyv absorpcie oxidu uhličitého vo vode a kondenzácie vodných pár.

b) k otázke vystúpenia vodnej hladiny v pohári

Už žiaci šiesteho ročníka sa učia o teplotnej roztlačnosti plynov. Mali by vedieť, že to isté množstvo plynu pri väčšej teplote zaberá väčší objem, pri nižšej teplote menší objem. Pojem tlak ešte nemajú zavedený.

V siedmom ročníku základnej školy sa žiaci učia pohybové zákony. Siedmáci a starší žiaci by teda mali vedieť, že na to, aby teleso (hoci sa to nikde explicitne neuvádza – nielen tuhé, ale aj kvapalné, t.j. voda v miske) zmenilo svoj pohybový stav, dalo sa do pohybu, musí naň pôsobiť nenulová výsledná sila. Od žiakov, ktorí už preberali učivo o Mechanických vlastnostiach kvapalín a plynov sme očakávali, že budú vedieť použiť poznatok o spojených nádobách, t.j. že kvapalina sa premiestňuje dovedy, kým tlak na dne určený jedným stĺpcom a tlak na dne určený druhým stĺpcom nie sú rovnaké. Mali by teda schopní usúdiť, že počas demonštrácie dochádza k zmenám tlaku vzduchu uzavretého v pohári (najprv nárast, potom pokles tlaku).

V druhom ročníku gymnázia (celok Štruktúra a vlastnosti plynného skupenstva látok) si žiaci majú osvojiť stavovú rovnicu ideálneho plynu. Očakávali sme preto, že si budú uvedomovať priamy súvis medzi teplotou, objemom a tlakom uzavretého plynu; že budú schopní dospieť k záveru, že vplyvom ohrievania vzduchu dochádza k nárastu jeho tlaku a k rozpínaniu - vytlačeniu vody v počiatkovej fáze - a že po zhasnutí sviečky dochádza vplyvom ochladenia vzduchu v pohári k poklesu jeho tlaku a vystúpeniu vodnej hladiny (nejedná sa o uzavretú sústavu).

V prípade, že sa do pohára naberie dostatočné množstvo vody, môže sviečka začať plávať. Siedmáci a starší žiaci by mali byť schopní vysvetliť, prečo nastane plávanie (hustota parafínu je menšia ako hustota vody, pri dostatočnom množstve vody v pohári sa teda vztlaková sila vyrovná tiažovej sile pôsobiacej na sviečku a tá začne plávať).

V.3 Výskumná vzorka

S ohľadom na cieľ identifikovať základné prístupy a ťažkosti žiakov pri opise a vysvetlení jednoduchých komplexných demonštrácií a na základe očakávaní uvedených v kapitole V.2 boli za respondentov výskumu vybraní žiaci základných škôl a gymnázií: siedmáci, ktorí ešte nepreberali Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov; deviataci a študenti prvého ročníka gymnázia, ktorí absolvovali vyučovanie mechanických vlastností kvapalín a plynov pre rokom a pol (výskum sa konal v období prechodu z osem- na deväťročnú základnú školu - gymnazisti predstavovali výberových žiakov, deviataci žiakov, ktorí v ôsmom ročníku

neuspeli v prijímacom konaní na stredné školy); a druháci na gymnáziu, ktorí už absolvovali aj vyučovanie tematických celkov Štruktúra a vlastnosti kvapalín a Štruktúra a vlastnosti plynov.

Do výskumu boli zapojení žiaci zo Základnej školy na Pankúchovej ulici v Bratislave (november 1998) a študenti gymnázia na Einsteinovej ulici v Bratislave (december 1998).

Respondentmi výskumu boli tiež študenti 4. ročníka Matematicko-fyzikálnej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave, odboru učiteľstvo matematika – fyzika a fyzika - informatika (október 1999).

Prehľad počtov respondentov podľa veku a dosiahnutého vzdelania v oblasti mechaniky tekutín zachytáva tabuľka 6.

Tab. 6
Charakteristika a početnosť jednotlivých skupín respondentov

Vek respondentov	čas od preberania mechanických vlastností kvapalín a plynov v rámci školského vyučovania fyziky	počet respondentov
7. ročník ZŠ (12 - 13 roční)	pred preberaním celku mechanika kvapalín	46
9.ročník ZŠ, 1.ročník gymnázia (14 - 15 roční)	1,5 roka po prebratí celkov mechanika kvapalín a mechanika plynov	41 (17 + 24)
2.ročník gymnázia (15-16 roční)	8 mesiacov po preberaní mechaniky kvapalín na gymnáziu, 1 mesiac po preberaní celkov štruktúra a vlastnosti plynov a kvapalín	25
4. ročník MFF UK, odbor učiteľstvo matematika - fyzika a fyzika - informatika	ukončený všeobecný kurz fyziky	13 resp. 14*

* K prvej demonštrácii sme získali odpovede od trinástich, k druhej demonštrácii od štrnástich študentov MFF UK.

V.4 Výskumná metodika

Pri riešení štandardných testov a úloh z učebnice majú žiaci tendenciu reprodukovat' definície z učebníc, takže ich odpovede nevytvorujú o skutočnom porozumení, chápaní javov. Aby sme predišli memorovaniu a zároveň obmedzili možnosť hádania správnej odpovede, zvolili sme pre výskum neštandardné úlohy s voľnou tvorbou odpovedí.

Voľné odpovede bez obmedzenia rozsahu a predpísanej formy (slovná odpoveď, matematický model, náčrt) sú síce náročnejšie na kódovanie a vyhodnocovanie, nenavádzajú však k jednostrannosti a zvyšujú mieru otvorenosti [103].

Výskum prebehol na základných a stredných školách počas riadneho vyučovania na hodinách fyziky, učiteľ však nebol prítomný. Respondentom sme povedali, že im postupne ukážeme dve zaujímavé demonštrácie (spôsob prvého predvedenia pozri na strane 68, resp. 71), s ktorými budú môcť aj sami experimentovať a požiadali sme ich, aby svoje experimentovanie následne písomne zhrnuli – opísali pozorovaný jav a pokúsili sa o jeho vysvetlenie. Na každú demonštráciu mali respondenti vymedzený čas 20 minút.

Žiaci mali možnosť demonštráciu individuálne zopakovať v pôvodnej podobe, prípadne v záujme odhalenia príčiny priebehu pozorovaného javu vykonať pokus aj pri zmenených podmienkach – k dispozícii mali pomôcky na obmieňanie demonštrácie tak, aby mohli

sledovať vplyv jednotlivých parametrov na priebeh javu. Respondentov sme k vlastnému experimentovaniu slovné povzbudzovali, nepostavili sme ho však ako nutnú podmienku.

Počas opakovania demonštrácie mohli respondenti spolu diskutovať, písomné odpovede vypracovávali samostatne.

Podobné zadanie dostali aj študenti Matematicko-fyzikálnej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Mali viac času na modifikovanie demonštrácie a diskusiu v malých skupinách, aby jav čo najzrozumiteľnejšie vysvetlili. Na záver navyše prebehla spoločná diskusia a zhodnotenie možnosti zaradenia demonštrácie do vyučovania, ako aj diskusia o vhodnosti rôznych obmien demonštrácie. Vysokoškolskí študenti mali na každú demonštráciu a následnú diskusiu o nej vyhradený čas 80 minút.

V záujme získania ucelenejšieho obrazu sme o problémoch vyučovania mechaniky kvapalín a plynov a podrobnejšie o vybraných dvoch demonštráciách diskutovali aj s učiteľmi z praxe. Uskutočnili sa dva pracovné semináre – 22.10.1998 v Trnave a 11.2.1999 v Bratislave - Petržalke. Spolu sa ich zúčastnilo 38 učiteľov základných škôl. Učiteľom sme naživo predviedli vybrané demonštrácie a videozáznamy žiackych komentárov k týmto demonštráciám získané v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“. Učitelia písomne zaznamenávali svoje postrehy, ktorým sme sa ďalej venovali v spoločnej diskusii.

V.5 Zistenia

V.5.1 Prístupy žiakov

V rámci výskumu sa prejavila relatívne nízka schopnosť žiakov zaznamenať vlastné pozorovanie procesu (viď kapitola V.5.2 a V.5.3) a rozlišovať medzi skutočne pozorovaným a dedukovaným (napr. „*Videli sme, že keď bola plytká miska naplnená čiastočne vodou a do vody bola vložená sviečka, a bola zakrytá skleneným pohárom, po čase odčerpala O_2 , a tak zhasla.*“). 30,4% respondentov nerozlišovalo dôsledne opis a vysvetlenie demonštrácie - hoci rozdelili odpoveď na dve časti, tieto sa obsahovo prelínali. (Vo vyhodnotení žiackych odpovedí sme do opisu demonštrácie zaradili aj opisné časti uvedené žiakmi v časti „Vysvetlenie“ a naopak.)

Výsledky výskumu ukázali nízku schopnosť samostatného poznávania žiakov. Ani druháci na gymnáziu nemajú osvojený experimentálny postup poznávania na operačnej úrovni.

Respondenti bez rozdielu veku zopakovali jednotlivé demonštrácie len dva - trikrát, pričom podmienky realizácie menili náhodne podľa toho, čo im prišlo pod ruku, resp. čo robili spolužiaci pri vedľajšom stole. Z pozorovania činnosti respondentov, ako aj z ďalšej analýzy odpovedí bolo zrejmé, že u všetkých respondentov chýbalo vykonanie základnej analýzy procesu, uvedenie si začiatkového stavu, podmienok, definovanie problému, formulácia hypotézy, vytvorenie stratégie jej overenia.

V prípade prvej demonštrácie sa respondenti zamýšľali len nad konečným stavom, proces, ktorý k nemu viedol ostal nepovšimnutý. V prípade druhej demonštrácie sa respondenti zaoberali dvomi momentmi - pokúšali sa o vysvetlenie príčiny zhasnutia sviečky a vysvetlenie príčiny vystúpenia hladiny vody v pohári. Nikto zo žiakov základných a stredných škôl neuvažoval o oboch vplyvoch na vystúpenie vodnej hladiny - chemickej reakcii aj ochladzovaní uzavretého vzduchu. Nepovšimnutá ostala prvá fáza procesu (zahrievanie a prvotné zvýšenie tlaku vzduchu v pohári).

Príčinu uvedených javov vidíme v zaužívaní praxi - ako na seminároch konštatovala väčšina učiteľov - pokusy v škole robia, opisujú a vysvetľujú prevažne učitelia, žiaci sa dostávajú k slovu zväčša len počas opakovania a skúšania, pri experimentálnej práci žiakov býva postup vopred daný učebnicou, resp. učiteľom.

Vo všeobecnosti žiaci prejavili absenciu potreby experimentálne overovať svoje tvrdenia, hoci k tomu mali vytvorené možnosti. Nie sú zvyknutí jasne formulovať svoje názory, úroveň argumentácie je nízka.

Žiaci neboli schopní vydeliť z reálneho komplexného javu jednotlivé ovplyvňujúce faktory a samostatne ich sledovať. (Aj tí, ktorí vo svojich odpovediach vyslovili tvrdenie o vplyve niektorého z faktorov, nedodržali počas experimentovania podmienku nemennosti ostatných parametrov.)

V druhom ročníku gymnázia výrazne narástol počet žiakov, ktorí neuviedli žiadne vysvetlenie. V rozhovore vyjadrili isté predstavy o príčinách a zákonitostiach prebiehajúcich javov, ale nenapísali ich.

V.5.2 Opisy a vysvetlenia 1. demonštrácie

Opis

Ako vyplýva z tabuľky 7, všetky kroky demonštrácie (naliatie vody do pohára a jeho prikrytie papierom, resp. inou podložkou, pridržanie papiera a otočenie celej sústavy a napokon uvoľnenie papiera) vo svojom opise zaznamenalo 69,6 - 87,5 % žiakov.

Hoci sme žiakom predviedli demonštráciu v podobe, kedy bola v pohári aj vzduchová bublina (slovne sme na ňu neupozorňovali), 20,0 – 58,3 % žiakov v opise uviedlo, že „pohár bol plný vody”. Pravdepodobne sa už s uvedenou demonštráciou v minulosti stretli a boli upozornení, že „v pohári nesmie byť vzduch” (viď kapitola V.2.1). 4,2 – 23,9 % žiakov vyslovene uviedlo, že v pohári bola aj vzduchová bublina. Najlepšími pozorovateľmi v tomto ohľade boli siedmci.

Tab. 7
Podaný opis 1. demonštrácie podľa jednotlivých skupín respondentov

	7.ročník ZŠ		9.ročník / 1.ročník ZŠ gymn.				2.ročník gymn.	
	46 žiakov		17 žiakov		24 žiakov		25 žiakov	
len vymenované pomôcky	5	10,9%	-		-		1	4,0%
nákres situácie	3	6,5%	-		-		8	32,0%
všetky kroky zaznamenalo	32	69,6%	12	70,6%	21	87,5%	19	76,0%
pohár bol plný vody	10	21,7%	5	29,4%	14	58,3%	5	20,0%
v pohári bola vzduchová bublina	11	23,9%	1	5,9%	1	4,2%	4	16,0%
na použitie rôznych materiálov poukázalo	4	8,7%	11	64,7%	3	12,5%	1	4,0%
papier sa prehne dovnútra	3	6,5%	-		-		1	4,0%
neviem, resp. bez odpovede	2	4,3%	-		1	4,2%	1	4,0%

Nikto zo žiakov nesledoval vplyv zmeny začiatočného množstva vody v pohári. Žiaci väčšinou pri opakovaní pokusu naplňali pohár doplna vodou a opatrne prikladali papier. Snažili sa, aby z vody nevyliali, aby sa do pohára nedostal vzduch. Napriek tomu, že po otočení v pohári aj tak vzduchová bublina zväčša vznikla, nevšimli si ju - bola „malá”. Efekt udržania papiera na pohári bol taký silný, že si ju už nevšimli.

Len jediný žiak (siedmak) v opise pokusu upozornil na skutočnosť, že trochu vody vždy vytečie.

Celkovo len štyria žiaci postrehli, že keď papier drží na prevrátenom pohári, je prehnutý dovnútra pohára. Keby žiaci robili pokus len s pevnou podložkou (plastová podložka, plech), podobný jav by nemali možnosť pozorovať. Takýto postup zo strany žiakov sme ale nezaznamenali – papier ako podložku použili všetci žiaci.

Viacerí žiaci počas vlastného experimentovania menili materiál podložky (nie všetci na túto skutočnosť vo svojom opise alebo vysvetlení javu upozornili). Nikto ale nesledoval vplyv zmeny veľkosti podložky pri zachovaní ostatných parametrov na priebeh javu.

Celkovo možno experimentovanie žiakov označiť ako nesystematické - žiaci menili parametre náhodne (často viacero parametrov súčasne).

Dvanásť z trinástich študentov učiteľstva fyziky zaznamenalo vo svojom opise vyslovene všetky kroky demonštrácie, siedmi upozornili na použitie rôznych materiálov podložky, pohára, či rôznych druhov kvapaliny. Z piatich odpovedí je zrejmé, že študenti uvažujú o situácii, kedy je v pohári aj vzduch. Traja študenti využili na zachytenie situácie nákres.

Vysvetlenie

Iba dvaja siedmáci (pracovali spolu) počas vlastného experimentovania odhalili význam uzavretého vzduchu, keď skutočnosť, že papier po otočení pohára s vodou hore dnom z neho nepadne, vysvetlili pomocou iného – vlastného pokusu: „Keď si položím pohár na ústa a začnem vdychovať do seba ten vzduch, čo je v pohári, tak pohár ostane na ústach.“

Nikto iný z respondentov vo svojom vysvetlení javu explicitne neuvažoval o vplyve vzduchu uzavretého v pohári.

Siedmáci a deviatáci najčastejšie vysvetľovali udržanie papiera na pohári aj po jeho prevrátení tým, že „v pohári je tlak“ (21,7% resp. 47,1%). Prváci na gymnáziu najčastejšie uvádzali ako príčinu udržania papiera vznik podtlaku (54,2%) bez bližšej špecifikácie, ktoré tlaky porovnávali a ako podtlak v pohári vznikol. Druháci na gymnáziu sa väčšinou uspokojili s porovnaním veľkosti hydrostatickej tlakovej sily a tlakovej sily, ktorou pôsobí na papier vonkajší vzduch alebo s porovnaním veľkosti hydrostatického a atmosférického tlaku (32,0%).

Pomerne veľká časť žiakov na otázku, ako by demonštrovaný jav vysvetlili, vôbec neodpovedala.

Vysvetlenie 1. demonštrácie podľa jednotlivých skupín respondentov

	7.ročník ZŠ		9.ročník / 1.ročník ZŠ gymn.				2.ročník gymn.	
	46 žiakov		17 žiakov		24 žiakov		25 žiakov	
porovnávanie tlakovej sily vody a tlakovej sily atmosféry	-		-		-		4	16,0%
porovnávanie hydrostatického tlaku a atmosférického tlaku	-		-		-		4	16,0%
spôsobuje to podtlak v pohári	-		5	29,4%	13	54,2%	3	12,0%
je to spôsobené tým, že v pohári nie je vzduch, vzduch zvonka sa snaží dostať do pohára	6	13,0%	-		8	33,3%	-	
spôsobuje to tlak v pohári	10	21,7%	8	47,1%	-		-	
v pohári je pretlak	4	8,7%	-		-		-	
medzi papierom a vzduchom musí byť súvislá vrstva vody	7	15,2%	-		-		-	
o príľnavosti medzi vodou, sklom a papierom uvažovali	-		-		3	12,5%	-	
o vplyve tiažovej sily podložky uvažovali	1	2,2%	5	29,4%	-		2	8,0%
bez odpovede, resp. neviem	11	23,9%	2	11,8%	7	29,2%	9	36,0%

Pri pasívnom pozorovaní si žiaci odtečenie časti vody nevšimli, nezahrnuli ho do svojich úvah pri vysvetľovaní procesu. Aj keď ho pri vlastnom vykonaní experimentu viacerí žiaci postrehli, zväčša považovali odtečenie časti vody za dôsledok vlastnej nešikovnosti. Len pri viacnásobnom opakovaní pokusu, keď sa snažili vodu nevyliat', by mali možnosť dospieť k záveru, že vytečenie istého, aj keď malého množstva vody je pravidlo, základný predpoklad fungovania pokusu (pokiaľ nepoužili podložku z dostatočne pevného pijavého materiálu). Väčšina žiakov však pokus neopakovala viac ako trikrát.

Fakt, že s výnimkou dvoch žiakov si nik z respondentov nevšimol vplyv uzavretého vzduchu, je dôkazom, že uvedomovanie si vplyvu vzduchu je len čiastočné, že žiaci bez rozdielu veku nevidia javy v celku.

V odpovediach vysokoškolských študentov odboru učiteľstvo matematika - fyzika bolo najčastejším vysvetlením demonštrácie porovnanie tiažovej sily vody a tlakovej sily atmosféry (piati z trinástich študentov), jeden študent porovnával hydrostatickú tlakovú silu a tlakovú silu atmosféry. Len dvaja študenti zahrnuli do svojich úvah aj vplyv tlaku vzduchu uzavretého v pohári. Traja zo študentov považovali za rozhodujúce silové pôsobenie na rozhraní vody, pohára a podložky.

V diskusiách s učiteľmi z praxe (spolu 38 učiteľov) sa pozornosť sústredila najmä na podmienky realizácie pokusu. Učiteľia sami upozornili na možnosť použitia inej kvapaliny, iného papiera (kvalita, veľkosť, hrúbka), použitie nádoby, ktorá sa dá po otočení zhora otvoriť. Ani jeden učiteľ ale sám (pred našim upozornením) neuvažoval o vplyve množstva vody / vzduchu v pohári, nezamyslel sa nad tým, či musí byť pohár plný vody. Jeden učiteľ upozornil, že pri vysvetľovaní pokusu by sa malo hovoriť aj o príľnavosti.

V.5.3 Opisy a vysvetlenia 2. demonštrácie

Opis

Ako možno zistiť z tabuľky 9, všetky kroky demonštrácie (do misky s vodou umiestnime horiacu sviečku, prikryjeme ju pohárom, po chvíli sviečka zhasne, stúpne hladina vody v pohári, resp. sviečka v pohári začne plávať) vo svojom opise zaznamenalo 56,0 - 95,8 % žiakov. 6,5 % siedmakov a 17,6% deviatakov svoj opis skončilo pri konštatovaní, že sviečka zhasne; stúpanie vodnej hladiny v pohári už nezaznamenali.

Na únik vzduchu z pohára počas prvej fázy, kedy sviečka ešte horí a stúpa teplota uzavretého vzduchu, upozornil jeden siedmak. (Táto fáza nemusí byť vždy viditeľná.)

Nasávanie vzduchu pri nedostatku vody v miske počas druhej fázy zaznamenali traja siedmáci, dvaja deviataci (jeden z nich to interpretoval slovami „voda začala vriet“) a štyria prváci na gymnáziu (dvaja upozornili na bubliny a dvaja postrehli syčanie). Prisatie pohára k miske pri malom počiatočnom množstve vody v miske spozorovali traja siedmáci.

Nikto zo žiakov vo svojom opise demonštrácie neuviedol, že by pozoroval zarosenie pohára.

Tab. 9

Podaný opis 2. demonštrácie podľa jednotlivých skupín respondentov

	7.ročník ZŠ		9.ročník / 1.ročník ZŠ gymn.				2.ročník gymn.	
	46 žiakov		17 žiakov		24 žiakov		25 žiakov	
len vymenované pomôcky	3	6,5%	-		-		4	16,0%
nákres situácie	1	2,2%	-		-		6	24,0%
horiaca sviečka položená v miske s vodou po prikrytí pohárom zhasne, stúpne hladina vody pohári (prípadne aj sviečka vyplávala)	26	56,5%	12	70,6%	23	95,8%	14	56,0%
horiaca sviečka položená v miske s vodou po prikrytí pohárom zhasne	3	6,5%	3	17,6%	-		-	
keď bolo v miske málo vody, dostával sa do pohára vzduch	3	6,5%	1	5,9%	2	8,3%	-	
keď bolo v miske málo vody, začala voda dokonca vriieť	-		1	5,9%	-		-	
keď bolo v miske málo vody, počuli sme syčanie	-		-		2	8,3%	-	
miska sa prisala	3	6,5%	-		-		-	
neviem, resp. bez odpovede	4	8,7%	-		-		4	16,0%

Dvanásť zo štrnástich študentov učiteľstva fyziky zachytilo všetky kroky demonštrácie, jeden neodpovedal. Nikto z nich nenebil počiatkové množstvo vody v miske. Iba jeden vysokoškolák upozornil, že pohár sa zvnútra zarosil. Osem vysokoškolákov použilo na zachytenie situácie nákres (z toho iba jeden zachytil správne výšky hladín vody v pohári a mimo neho hneď po prikrytí sviečky a po nastolení rovnováhy).

Vysvetlenie

Ako možno vidieť v tabuľke 10, siedmci a deviataci sa sústredili najmä na vysvetlenie príčiny zhasnutia sviečky, prváci a druháci na gymnáziu sa sústredili skôr na vysvetlenie príčiny zvýšenia hladiny vody v pohári.

Vysvetlenie 2. demonštrácie podľa jednotlivých skupín respondentov

	7.ročník ZŠ		9.ročník / 1.ročník gymn.				2.ročník gymn.	
	46 žiakov		17 žiakov		24 žiakov		25 žiakov	
na vysvetlenie zhasnutia sviečky sa sústredili	19	41,3%	11	64,7%	17	70,8%	9	36,0%
sviečka zhasla, pretože spálila všetok kyslík	9	19,6%	4	23,5%	17	70,8%	8	32,0%
sviečka zhasla, pretože tam už nebol vzduch	10	21,7	6	35,3%	-		1	4,0%
keď stúpala voda, bolo tam málo vzduchu, preto sviečka zhasla	-		1	5,9%	-		-	
na vysvetlenie zdvihnutia hladiny vody v pohári sa sústredili	17	37,0%	9	52,9%	18	75,0%	12	48,0%
voda v pohári stúpala, lebo tam nebol vzduch / kyslík	7	15,2%	6	35,3%	7	29,2%	3	12,0%
sviečka ťahala vzduch / kyslík z vody	1	2,2%	-		2	8,3%	-	
voda v pohári stúpala, lebo tam bol menší tlak ako vonku / podtlak	-		1	5,9%	13	54,2%	9	36,0%
bol tam teplý vzduch ten zaberal väčší objem / keď vzduch chladol, zmenšil sa jeho objem	-		-		3	12,5%	1	4,0%
teplý vzduch v pohári stúpa	-		-		-		3	12,0%
v pohári stúpol tlak							1	4,0%
na vysvetlenie vyplávania sviečky sa sústredili	2	4,3%	2	11,8%	3	12,5%	2	8,0%
bez odpovede	15	32,6%	4	23,5%	1	4,2%	10	40,0%

Z vysvetlení zhasnutia sviečky je zrejme postupné spresňovanie používania pojmov vzduch a kyslík.

Z vysvetlení zvýšenia hladiny vody v pohári možno vidieť, že siedmci a deviataci videli príčinu stúpnutia vody v pohári najčastejšie v zhorení kyslíka, nedostatku, resp. neprítomnosti vzduchu (bez použitia pojmu podtlak). Siedmci okrem toho uvádzali, že voda v pohári stúpala, pretože „sviečka ťahala vzduch z vody“, „sviečka sa potrebovala nadýchnuť“, „vyhorený vzduch priťahoval vodu“, „ohriaty vzduch priťahoval misku“. Jeden deviatak

uviedol, že voda v pohári stúpa, pretože tam nie je gravitačná sila. S výnimkou jedného žiaka siedmici a deviataci o zmenách teploty vzduchu uzavretého v pohári neuvažovali.

Gymnazisti vysvetľovali zdvihnutie hladiny vody v pohári väčšinou vznikom podtlaku („v pohári je podtlak“, resp. „tlak vonku je väčší ako v pohári“). 16 z 22 gymnazistov, ktorí tvrdili, že v pohári vzniká podtlak uviedlo vo svojom vysvetlení aj príčinu vzniku podtlaku. Prehľad ich názorov zachytáva tabuľka 11.

Tab. 11

Príčiny vzniku podtlaku v pohári podľa gymnazistov

	1. ročník	2.ročník
voda v pohári stúpne, lebo je tam podtlak	13	9
príčinou vzniku podtlaku je...		
vyhorenie kyslíka	7	3
zmenšenie objemu vzduchu pri ochladzovaní	2	1
stúpanie teplého vzduchu nahor	-	2
teplý vzduch (po ochladení sa tlak v pohári a tlak vonku vyrovnajú)	-	1

Okrem toho dvaja prváci uviedli, že voda v pohári stúpala, pretože sviečka ťahala vzduch z vody. Jeden druhák uviedol, že keď zhorel vzduch, nepôsobila už proti vode žiadna sila a preto voda stúpala do pohára.

Všetci štrnásť študenti učiteľstva fyziky vo svojom vysvetlení uviedli, že hladina vody v pohári stúpala, pretože v pohári vznikol podtlak. Celkom sedem študentov pripisovalo vznik podtlaku chemickej reakcii a desať študentov vysvetľovalo vznik podtlaku zmenou teploty uzavretého vzduchu (z toho ôsmi uviedli, že k poklesu tlaku dochádza ochladením uzavretého vzduchu po zhasnutí sviečky, dvaja naopak uviedli, že pokles tlaku nastal kvôli zvýšeniu teploty). Traja študenti uviedli, že k poklesu tlaku v pohári prispievajú oba procesy - chemická reakcia i tepelná výmena s okolím.

Iba jeden študent vysvetlil začiatočnú aj záverečnú fázu demonštrovaného javu - začiatočné ohrievanie a rozpínanie uzavretého vzduchu a po zhasnutí sviečky jeho ochladzovanie a pokles tlaku i objemu.

Deväť študentov vo svojom vysvetlení uviedlo niektorý z tvarov stavovej rovnice ideálneho plynu.

Z diskusií s učiteľmi z praxe vyplynulo, že desiat z 38 učiteľov by zvýšenie vodnej hladiny v pohári pri uvedenej demonštrácii vysvetlili žiakom poklesom tlaku uzavretého plynu pri poklese jeho teploty. Na zmenu tlaku vplyvom horenia - prebiehajúcej chemickej reakcie by žiakov upozornili siedmi z učiteľov (z toho jeden poznamenal, že vplyvom horenia by sa naopak mohol tlak zvyšovať). Šesť učiteľov sa vo svojich komentároch sústredilo na podmienky realizácie demonštrácie - navrhli použitie pohárov rôznej veľkosti, použitie inej kvapaliny a chladenie pohára ľadom.

Päť učiteľov upozornilo, že žiaci vo svojich komentároch* nesprávne vysvetľujú pohyb tekutiny vťahnutím vplyvom podtlaku namiesto vytlačenia väčšou tlakovou silou pôsobiacou zvonka.

V.6 Závery výskumu

Odpovede respondentov ukazujú, že tradičné školské vzdelávanie nevedlo u žiakov k vytvoreniu procedurálnych a operačných poznatkov umožňujúcich im samostatné poznávanie a riešenie problémov. Nepestuje u žiakov experimentálne zručnosti, nevyžaduje kritické hodnotenie.

Domnievame sa, že k zmene tejto situácie by mohlo napomôcť vyučovanie postavené na rešpektovaní aktuálnych predstáv žiakov poskytujúce dostatok priestoru na aktívnu konštrukciu poznatkov. Aby bolo vyučovanie efektívne, malo by

- vychádzať z aktuálnych predstáv žiakov
- a poskytovať im dostatok príležitostí a času:
- získať široké spektrum osobných skúseností (vlastnou experimentálnou činnosťou);
- uvedomiť si rôzne prejavy toho istého javu;
- vytvoriť si zoskupenia podobných javov na základe objektívnych vzťahov;
- systematicky hľadať odpovede experimentovaním, zmenou podmienok;
- diskutovať o výsledkoch, ich možnej interpretácii.

Nie je zrejme možné venovať sa takýmto spôsobom všetkým oblastiam fyziky obsiahnutým v učebných osnovách. Považujeme ale za žiadúce, aby sa žiaci v rámci školského vzdelávania s takto postavenými úlohami pravidelne stretávali, pričom by sa postupne, úmerne schopnostiam žiakov zvyšovala ich náročnosť.

* Učiteľom sme premietali záznamy demonštrácie zachytené v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“.

Na pomoc učiteľom by mali vzniknúť metodické listy – ukážkové rozpracovanie vybraných jednoduchých experimentov – od spôsobu predvedenia demonštrácie, zadania úlohy, súboru otázok, návrhu obmien vybranej demonštrácie a návrhu doplňujúcich pokusov, cez teoretickú analýzu javu (na primeranej úrovni) a zadanie teoretických a výpočtových úloh, až po náčrt ťažkostí, s ktorými sa žiaci môžu pri riešení stretnúť.

Ukážka metodického spracovania demonštrácií použitých vo výskume je uvedená v nasledujúcej kapitole.

VI. Budovanie základných fyzikálnych pojmov pomocou jednoduchých reálnych demonštrácií

Vyučovanie smerujúce k rozvíjaniu operačných poznatkov a postupnému budovaniu funkčných pojmov by malo byť podľa nášho názoru založené na vlastnom aktívnom poznávaní žiakov využívajúcom experimentálne aj teoretické poznávacie postupy, skupinovú prácu a diskusiu v skupinách i v celej triede.

Navrhujeme vyučovanie odvíjať od prekvapivého, provokujúceho kľúčového pokusu s divergentne postavenou úlohou poskytujúcou dostatok priestoru na vlastné tvorivé experimentovanie žiakov. Prvé kvalitatívne pozorovanie umožní žiakom oboznámiť sa s javom a vytvoriť si prvé predstavy. Pozornosť žiakov by sa mala sústrediť nielen na fyzikálne vysvetlenie, ale aj na vlastné technické riešenie, s ktorým fyzika bezprostredne súvisí a na ktoré súčasná školská fyzika často zabúda. Otázky kladené žiakom by nemali v sebe obsahovať priamočiary návod na riešenie, ale provokovať k obmieňaniu demonštrácie, vyzývať k vyskúšaniu rôznych materiálov a postupov, k zamysleniu nad výhodami a nevýhodami uvažovaného, resp. realizovaného riešenia.

Až potom by malo nasledovať zúženie úlohy vedúce k prípadnému hľadaniu kvantitatívneho vyjadrenia pozorovaných vplyvov, k overovaniu známych poznatkov, resp. k ich aplikácii v novom kontexte.

Aj na pohľad veľmi jednoduché javy, ako napríklad sledovanie závislosti zmeny objemu uzavretého vzduchu od začiatočného množstva kvapaliny v nádobe v prípade „udržania podložky na pohári s vodou po jeho otočení hore dnom“ umožňujú podporovať u žiakov uvedomovanie si komplexnosti procesov (konečné množstvo kvapaliny v nádobe je závislé nielen od jej začiatočného množstva, ale aj od množstva uzavretého vzduchu, o tlaku kvapaliny a tlaku uzavretého vzduchu nemožno uvažovať izolovane) a nelineárnych javov.

Hoci sa predložené návrhy vyučovacích hodín obsahovo týkajú mechanických vlastností kvapalín a plynov, ich cieľom je konštrukcia, prehĺbovanie a diferenciacia pojmov nielen z tejto oblasti fyziky, ale aj univerzálnych pojmov ako sú napríklad dej / stav, otvorená / uzavretá sústava, interakcia - vzájomné pôsobenie, rovnováha, hypotéza, dôkaz.

V navrhovaných vyučovacích postupoch sme sa snažili rozvíjať schopnosť samostatného poznávania žiakov a to ako experimentálnym, tak aj teoretickým postupom, podporiť u žiakov komplexný prístup k riešeniu problémov, schopnosť vnímať reálne javy v súvislostiach, vybrať z jednotlivých konkrétnych prípadov podobné a odlišné charakteristiky, abstrahovať a naopak uplatňovať všeobecné pravidlá v konkrétnych situáciách.

Zároveň bolo našou snahou napĺňať ciele v oblasti rozvoja osobnostných schopností – schopnosť získavať informácie a vyhodnocovať ich, komunikovať, spolupracovať, argumentovať, navrhovať a prezentovať riešenia.

VI.1 Kedy podložka nespadne?

VI.1.1 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 7. ročník základnej školy

Skúmanie javov prebiehajúcich pri otočení pohára s vodou prikrytého podložkou doporučujeme zaradiť alternatívne:

- a) v závere preberania tematického celku Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov; pokiaľ to organizácia vyučovania dovoľuje (v prípade možnosti blokového vyučovania), doporučujeme venovať skúmaniu prebiehajúcich javov dve bezprostredne po sebe nasledujúce vyučovacie hodiny, aby žiaci mali dostatok času na uvedomenie si podstaty prebiehajúcich javov;
- b) v úvode preberania tematického celku Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov ako motiváciu (bod 1., 2. a čiastočne 3. nasledujúceho návrhu štruktúry vyučovacej hodiny) a v závere tematického celku sa k nemu vrátiť (body 3. – 6.).

Cieľ

Umožniť žiakom vytvoriť si nadhľad, dať jednotlivé poznatky získané v rámci tematického celku Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov do vzájomných súvislostí, ako aj do súvislostí s predchádzajúcim učivom. Cieľom ďalej je umožniť žiakom:

- učiť sa vidieť „malé efekty“ (odtečenie vody), zahrnúť ich do svojich úvah;
- uvedomiť si vplyv vzduchu (aj to, čo nevidíme môže zohrávať výraznú úlohu) - uvedomiť si súčasné pôsobenie tlakovej sily uzavretého vzduchu a tlakovej sily vody v pohári, vytvoriť si kvalitatívnu predstavu o ich previazanosti - o zmene tlaku uzavretého vzduchu pri odtečení malého množstva vody;

- prehĺbiť chápanie a používanie pojmov atmosférický tlak, tlak vzduchu, hydrostatický tlak, podtlak, tlaková sila, rovnováha síl;
- prepojiť poznatky z mechaniky kvapalín a mechaniky plynov; vytvoriť kvantitatívne predstavy o veľkosti hydrostatického tlaku a atmosférického tlaku, predstavu o tlaku uzavretého vzduchu a hydrostatického tlaku;
- precvičiť, utvrdiť experimentálnu metódu poznávania;
- vedieť použiť pri vysvetlení pozorovaného javu vhodné analógie.

Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny

1. Atraktívne uvedenie demonštrácie, jej prvé reálne predvedenie

Napríklad: *„Ukážem vám pokus, ktorý mám veľmi rada. Keď sa mám postarať o nejaké menšie deti a zabaviť ich, vždy zaberie. Možno sa niekedy zíde aj vám, keď budete mať na starosti mladších súrodencov. / Až donedávna som ani netušila, aký je pán školník výborný experimentátor a ako ho zaujíma fyzika. Nedávno sme spolu strávili takmer celú obedňajšiu prestávku debatou nad jedným perfektným pokusom. /...*

Mám pohár s vodou, prikrytý papierom. Čo sa stane, ak to celé otočím a potom papier pustím?“

Prvou úlohou pre žiakov je **predpovedať vývoj** systému. Žiaci na otázku spontánne reagujú: celé sa to vyleje / papier ostane na pohári / udržalo by sa to, keby v pohári nebol vzduch... Odpoveď je zatiaľ iba hádaním bez hlbšej analýzy javu. Dôležité je, aby sa vyjadril každý žiak (aspoň hlasovaním o jednotlivých kategóriách odpovedí), aby bol vtiahnutý do problému. Až potom nasleduje úplná realizácia demonštrácie.

Ak niekto zo žiakov už pokus pozná (a dá to najavo), je vhodné požiadať ho, aby demonštráciu predvádzal, ale aby ju zatiaľ nevysvetľoval, neovplyvňoval spolužiakov svojím názorom.

2. Individuálne opakovanie demonštrácie žiakmi, vytvorenie prvých predstáv

Záver demonštrácie – udržanie papiera na pohári – je pre väčšinu žiakov prekvapením dostatočným na to, aby mali chuť si demonštráciu sami vyskúšať. Nasleduje heuristické riešenie problému: *Kedy papier nespadne?*

Pokus je nenáročný na pomôcky. Aby žiaci mohli realizovať pôvodnú demonštráciu a meniť jej podmienky, je vhodné pripraviť pre každú dvojicu žiakov dva sklenené (zavaraninové) poháre rôznej veľkosti, plastový pohár, podložky rôznej kvality a veľkosti (z odpadových materiálov - kancelársky papier, kartón, plastové viečko; miska pod kvetináč, ...). Väčšina škôl nemá na vyučovanie fyziky k dispozícii laboratórium

s vlastným umývadlom pre každý laboratórny stôl. V takom prípade žiaci ešte potrebujú plastovú fľašu ako zásobník na vodu a väčšiu misku (napr. fotomisku), nad ktorou môžu pokus vykonávať.

Pokus je časovo nenáročný, každý žiak si ho môže veľmi rýchlo sám (resp. vo dvojici) zopakovať. V priebehu 10 minút je možné spraviť 5–7 opakovaní pri zmenených podmienkach.

Plnohodnotné pochopenie prebiehajúcich javov umožňuje až „hra“ s demonštráciou – vlastné experimentovanie – možnosť meniť objem, tvar, pevnosť nádoby, kvalitu podložky, množstvo, prípadne druh použitej kvapaliny.

3. Spoločná diskusia o interpretácii javu, o možných princípoch jeho fungovania.

Čo ste zistili? Podarilo sa vám udržať podložku na pohári aj po jeho otočení hore dnom?

Opíš podrobne, ako prebiehala Tvoja demonštrácia. Aké podmienky si si zvolil?

Opakoval si pokus viackrát? Menil si pritom podmienky? Ktoré? Ako?

Zvolili ste si všetci rovnaké podmienky?

Čo bolo pre jednotlivé realizácie spoločné, v čom sa líšili?

Ako sa zmenené podmienky prejavili na priebehu javu?

Môžeme vysloviť vierohodný záver – menila sa len jedna podmienka (ostali ostatné parametre nezmenené)?

Čo všetko ovplyvňuje priebeh sledovaného javu?

Žiaci spoločne vytvoria zoznam pravdepodobných určujúcich faktorov. Počas tejto fázy vyučovacej hodiny je žiadúce, aby mali žiaci ešte stále možnosť pokus si zopakovať, vyskúšať jeho realizáciu v nových podmienkach, na ktoré sú počas diskusie upozornení.

Pokúste sa vysvetliť príčiny jednotlivých vplyvov.

Mnohí siedmáci ešte nemajú dostatočne vyvinuté abstraktné myslenie a teoretický poznávací postup. Je pre nich jednoduchšie vysvetliť sledovaný jav pomocou iného konkrétneho príkladu - pomocou inej demonštrácie. Pri hľadaní vysvetlenia je preto vhodné úlohu formulovať napríklad:

Navrhните pokusy, ktoré fungujú na rovnakom princípe.

Tým sa zároveň podporuje u žiakov **schopnosť vidieť analógie**, hľadať súvislosti skúmaného javu s predchádzajúcimi skúsenosťami a poznatkami.

Príklady doplnujúcich pokusov, ktoré môžu žiakom pomôcť prebiehajúce javy pochopiť sú uvedené v kapitole VI.1.4. Je vhodné, aby si ich učiteľ vopred pripravil, samotnú

realizáciu doplnujúcich pokusov však doporučujeme prenechať žiakom, ktorí ich navrhnú.

4. Riešenie problému - Prečo sa podložka môže udržať na pohári?

Učiteľ ako koordinátor žiackej diskusie zhrnie v jej závere príklady poukazujúce na proces zníženia tlaku vzduchu uzavretého v pohári. Upriami pozornosť žiakov na detail, ktorý je kľúčom k porozumeniu - malé množstvo vody, ktoré odtečie, resp. sa môže nasat' do podložky. Rozvíja sa schopnosť **vidieť malé efekty**.

5. Teoretické zdôvodnenie

Aké sily pôsobia na podložku? Aký by bol účinok samostatného pôsobenia jednotlivých síl?

Za akých podmienok sa podložka udrží na pohári?

Formulácia podmienky rovnováhy pôsobiacich síl.

Podklad pre učiteľa - rozbor demonštrovaného javu z hľadiska pôsobiacich síl - je uvedený v kapitole VI.1.3.

Okrem vysvetlenia silového pôsobenia uzavretého vzduchu je tiež dôležité dbať, aby žiaci rozlišovali medzi tiažovou a tlakovou silou vody (poukázať na ich rozdiel možno napríklad pri použití fľaše s úzkym hrdlom namiesto pohára).

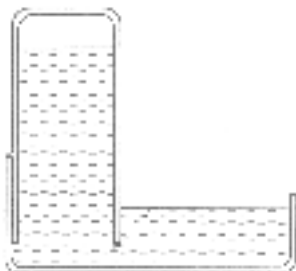
6. Aplikácia poznatkov - riešenie praktických a teoretických úloh

Akou veľkou silou tlačí na podložku voda, ktorá je v pohári, vzduch, ktorý je v pohári a akou veľkou silou tlačí okolitý vzduch?

Odhadnite, aký je tlak vzduchu v pohári. Porovnajte ho s atmosférickým tlakom.

Tento bod je podrobnejšie rozpracovaný v kapitole VI.1.5.

Vysvetlite princíp fungovania napájadla pre vtáky.



VI.1.2 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 2. ročník gymnázia

Skúmanie javov prebiehajúcich pri otočení pohára s vodou prikrytého podložkou doporučujeme zaradiť ako aplikačnú hodinu spájajúci poznatky z celku Mechanika kvapalín a plynov (ktorý je predmetom fyziky v 1. ročníku gymnázia) a poznatky z celku Štruktúra a vlastnosti plynov, resp. až po prebratí celku Štruktúra a vlastnosti kvapalín, čo umožní rozvinúť diskusiu aj o vplyve povrchového napätia a priľnavých silách. Pokiaľ to organizácia vyučovania dovoľuje, doporučujeme venovať úlohe dvojhodinové cvičenie s delenou triedou. Vyučovanie je možné koordinovať s vyučovaním informatiky (praktické využitie práce s tabuľkovým procesorom, grafické zobrazenie výsledkov).

Cieľ

Umožniť žiakom vytvoriť si nadhľad, dať jednotlivé poznatky získané v rámci výučby tematických celkov Mechanika kvapalín a plynov, Štruktúra a vlastnosti plynov a štruktúra a vlastnosti kvapalín do vzájomných súvislostí. Cieľom ďalej je umožniť žiakom:

- prehĺbiť chápanie a používanie pojmov atmosférický tlak, hydrostatický tlak, podtlak, tlaková sila, silové pôsobenie, rovnováha síl;
- vedieť aplikovať stavovú rovnicu ideálneho plynu
- vytvoriť si kvantitatívnu predstavu o zmenách hydrostatického tlaku a tlaku vzduchu uzavretého v pohári pri malej zmene objemu uzavretého vzduchu (uvedomiť si vplyv vzduchu uzavretého v pohári, naučiť sa vidieť „malé efekty“, zahrnúť ich do svojich úvah)
- precvičiť, utvrdiť experimentálnu metódu poznávania;
- rozvíjať schopnosť teoretického poznávania.

Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny

1. Uvedenie demonštrácie, jej prvé reálne predvedenie

Pokiaľ žiaci demonštráciu nepoznajú, môže byť prvá úloha rovnaká ako v prípade siedmakov:

Mám pohár do polovice naplnený vodou, prikrytý papierom. Čo sa stane, ak to celé otočím a potom papier pustím?

(predpovedanie vývoja systému)

Dôležité je, aby svoju predpoveď vyslovil každý žiak. Až potom nasleduje úplná realizácia demonštrácie.

Niektorí žiaci sa budú snažiť hneď o vysvetlenie javu. Vtedy im treba položiť ďalšie otázky, ktoré napomôžu odhaliť hĺbku ich pochopenia javu.

Bude podložka držať lepšie, ak vyjdeme zo situácie, keď bude pohár plný vody / takmer plný / čiastočne naplnený vodou (do troch štvrtín, do polovice, do štvrtiny...) / takmer prázdny?

Aké najväčšie / najmenšie množstvo vody môže byť na začiatku v pohári, aby sa podložka na ňom udržala?

Ktoré ďalšie faktory ovplyvňujú priebeh demonštrácie?

2. Heuristické zistenie faktorov ovplyvňujúcich priebeh demonštrácie

Žiaci vo dvojiciach opakujú predvedenú demonštráciu a jej obmeny. K dispozícii by mali mať nádoby rôznej veľkosti a rôznych tvarov, pevné aj plastové; podložky rôznej kvality a rôznych rozmerov; plastovú fľašu ako zásobník vody a väčšiu misku. Učiteľ by mal dbať, aby pri experimentovaní, sledovaní vplyvu vybraného faktora udržiavali ostatné parametre konštantné.

3. Spoločná diskusia o fyzikálnej interpretácii príčin vplyvu jednotlivých faktorov, formulácia podmienky rovnováhy pôsobiacich síl.

Ako sa prejavuje vplyv začiatočného množstva (výšky) vody v nádobe?

- hydrostatická tlaková sila; cez konštantný celkový objem pohára zároveň určuje počiatočný objem vzduchu v pohári;

Ako sa prejavuje vplyv druhu použitej kvapaliny?

- hustota kvapaliny - hydrostatická tlaková sila kvapaliny

- vplyv povrchového napätia;

- sily na rozhraní kvapalina – nádoba, kvapalina – podložka

Ako sa prejavuje vplyv druhu podložky?

- tiažová sila podložky;

- absorpcia– vzlínanie kvapaliny do podložky,

- pevnosť tvaru podložky – stabilita;

- sily príľnavosti na rozhraní kvapalina – podložka;

Ako sa prejavuje vplyv atmosférického tlaku?

- tlaková sila vonkajšieho vzduchu, sprostredkovane tlaková sila uzavretého vzduchu;

Sformulujte podmienku rovnováhy pôsobiacich síl, upravte dosadením závislostí veľkostí jednotlivých síl od vstupných parametrov.

Podklad pre učiteľa je uvedený v kapitole VI.1.3. Dôležité je rozlišovať medzi tiažovou a tlakovou silou vody, poukázať na ich rozdiel napríklad v prípade, ak namiesto pohára

použijeme fľašu s úzkym hrdlom. Tiažovú silu podložky doporučujeme zatiaľ nezanedbávať - žiaci doteraz pracovali s rôznymi podložkami.

Akými spôsobmi je možné dosiahnuť zmenu objemu uzavretého vzduchu?

V prípade potreby učiteľ predvedie žiakom niektoré z doplňujúcich pokusov uvedených v kapitole VI.1.4.

4. Aplikácia poznatkov - riešenia praktických a teoretických úloh

a) experimentálna časť - práca vo dvojiciach:

Na základe experimentálne získaných hodnôt vstupných parametrov určite, ako sa zmení tlak vzduchu uzavretého v pohári po nastolení rovnováhy - v prípade, že podložka drží na pohári čiastočne naplnenom vodou otočenom hore dnom.

Aké sú veľkosti jednotlivých pôsobiacich na podložku?

Akú maximálnu hmotnosť môže mať podložky, aby ju bolo možné udržať na pohári s vodou po otočení hore dnom?

Možné sú dva prístupy:

1) vyčíslieť veľkosti tlakovej sily atmosféry, tlakovej sily vody, a tiaže podložky a na základe rovnováhy dopočítať tlakovú silu uzavretého vzduchu. Na základe získanej hodnoty veľkosti tlakovej sily uzavretého vzduchu vypočítať veľkosť tlaku uzavretého vzduchu. (Príklad nameraných hodnôt určujúcich parametrov a na ich základe vypočítaných hodnôt veľkosti pôsobiacich síl a tlaku uzavretého vzduchu je uvedený v kapitole VI.1.5.)

2) určiť výsledný tlak uzavretého vzduchu na základe stavovej rovnice ideálneho plynu v prípade izotermického deja (ak zmenu objemu uzavretého vzduchu považujeme za rovnú objemu odtečenej kvapaliny), následne určiť veľkosti tlakových síl a tiaže podložky. (Príklad nameraných hodnôt určujúcich parametrov a na ich základe vypočítaných hodnôt veľkosti tlaku a pôsobiacich síl je uvedený v kapitole VI.1.6.)

Pri použití druhého postupu žiaci zistia, že meranie zmeny objemu uzavretého vzduchu prostredníctvom merania objemu odtečenej kvapaliny je veľmi nepresné. Množstvo odtečenej kvapaliny je ovplyvnené šikvosťou experimentátora. Okrem toho kvapalina v skutočnosti nemusí odtecť (môže sa nasať do podložky, resp. vytvoriť vrstvu medzi pohárom a podložkou). Napriek nevhodnosti tohto postupu pre určenie tlaku vzduchu uzavretého v nádobe považujeme za užitočné (pokiaľ si žiaci zvolia tento postup) nechať žiakov vykonať niekoľko meraní, aby mohli uvedené skutočnosti sami odhaliť. Pomôcť im možno otázkami:

Vytečie vám pri zachovaní začiatočných podmienok vždy rovnaké množstvo vody? Je možné udržať podložku na nádobe bez toho, aby voda odtiekla?

Žiaci si opakovaním postupu majú možnosť uvedomiť dynamiku procesu.

b) teoretická časť:

Z podmienky rovnováhy síl a stavovej rovnice určite teoretickú závislosť zmeny objemu uzavretého vzduchu od začiatočnej výšky kvapalinového stĺpca v pohári, zostrojte graf.

Úlohou žiakov je analyticky vyjadriť vzťah sledovaných premenných a pomocou počítačového programu (napr. Excel) zostrojiť graf ich závislostí pre rôzne hodnoty ostatných parametrov, sledovať vplyv týchto zmien. (Ukážka je uvedená v kapitole VI.1.7.)

Použitie tabuľkového procesora umožňuje rýchlo získať hodnoty a grafické zobrazenie sledovanej závislosti pre rôzne hodnoty zvoleného parametra, pričom týmto parametrom môže byť nielen celková výška nádoby, ale aj hmotnosť podložky, hustota použitej kvapaliny, polomer nádoby, hodnota tlaku vonkajšieho vzduchu, či tiažové zrýchlenie. To umožňuje žiakom hľadať odpovede na otázky:

Zmenil by sa priebeh demonštrácie,

- *keby sme použili podložku s hmotnosťou 10 g / 100 g / 1 kg / ...?*
- *keby sme použili namiesto vody olej / lieh / ...?*
- *keby sme použili namiesto pohára veľký hrniec?*
- *keby sme ju robili na vrchole Mount Everestu / na palube vesmírnej stanice ISS?*

Pokiaľ žiaci nemajú na hodine fyziky k dispozícii počítač, môže byť táto časť náplňou vyučovacej hodiny informatiky, dobrovoľnou domácou úlohou, resp. učiteľ grafické znázornenie sledovanej závislosti vopred pripraví a na hodine sa spolu so žiakmi venuje už iba jeho fyzikálnej interpretácii.

5. Prezentácia výsledkov práce jednotlivých skupín, ich porovnanie, diskusia o možnej interpretácii výsledkov.

VI.1.3 Analýza javu z pohľadu pôsobiacich síl

Predtým, než učiteľ predloží úlohu žiakom, mal by si sám spraviť fyzikálny rozbor demonštrácie a následne po zvážení schopností svojich žiakov zvoliť náročnosť, ktorú bude od žiakov požadovať.

V prikrytom pohári sa nachádza kvapalina a vzduch pri atmosférickom tlaku. Ak by bol pohár pevne uzavretý, po otočení pohára o 180° by v mieste uzáveru bol tlak rovný súčtu atmosférického tlaku uzavretého vzduchu a hydrostatického tlaku zodpovedajúceho stĺpcu uzavretej kvapaliny. Pohár prikrytý podložkou je však otvorenou sústavou, po jej otočení môže malé množstvo kvapaliny odtečť a / alebo nasatť sa do podložky (závisí od druhu podložky) a časť kvapaliny vytvorí vrstvu medzi nádobou a podložkou. Každý z týchto procesov spôsobuje zväčšenie objemu vzduchu uzavretého v nádobe.

Na podložku pôsobia sily:

F_h - hydrostatická tlaková sila vody v smere kolmom na podložku, von z pohára;

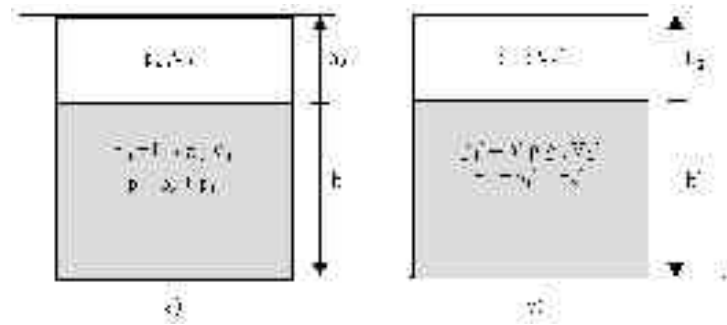
F_v - tlaková sila vzduchu uzavretého v pohári v smere kolmom na podložku, von z pohára;

G - tiažová sila podložky v smere zvislo nadol;

F_a - tlaková sila atmosférického vzduchu v smere kolmom na papier, do pohára;

F_p - kohézne sily - sily príľnavosti papiera k vode, vody ku sklu, súdržnosť vody.

V stave rovnováhy platí $F_h + F_v + G = F_a + F_p$ (1)



Obr. 8. Tlakové pomery v pohári čiastočne naplnenom vodou a prikrytom podložkou

a) pred otočením

b) po otočení (pri pevnom uzavretí $p_2' = p_a$, $V_2' = V_2$; pri voľnom uzavretí, v prípade otvorenej sústavy $p_2' < p_a$, $V_2' > V_2$)

1, kde p_h' je hydrostatický tlak na mieste podložky po otočení pohára

h' - výška vodného stĺpca po otočení pohára

ρ - hustota použitej kvapaliny

g - tiažové zrýchlenie

S - obsah styčnej plochy kvapaliny a podložky

$F_v = S \cdot p_2'$ kde S je obsah styčnej plochy kvapaliny a podložky,

p_2' je tlak plynu uzavretého v pohári

(v 2. ročník gymnázia možno použiť priblíženie vzduchu ako ideálneho plynu; za predpokladu, že sa jeho teplota nemení, platí $p_2' = \frac{p_a V_2}{V_2'}$,

pričom p_a - začiatkový tlak uzavretého vzduchu,

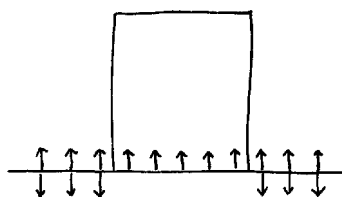
V_2 - začiatkový objem uzavretého vzduchu,

V_2' - konečný objem uzavretého vzduchu)

$G = m_{\text{pod}} \cdot g$ kde m_{pod} je hmotnosť použitej podložky, g - tiažové zrýchlenie.

Pri uvažovaní o veľkosti atmosférickej tlakovej sily možno považovať silu pôsobiacu na časť podložky presahujúcu okraj pohára zhora za rovnako veľkú ako je atmosférická tlaková sila pôsobiaca na rovnakú časť podložky zdola. V ďalšom preto uvažujeme len o atmosférickej tlakovej sile pôsobiacej na plochu podložky vymedzenú obvodom pohára.

$$F_a = p_a \cdot S$$



Obr. 8 Znárodnenie tlakovej sily atmosféry pôsobiacej na podložku

po dosadení do vzťahu (1) dostaneme:

$$h' \cdot \rho \cdot g \cdot S + p_2' \cdot S + m_{\text{pod}} \cdot g = p_a \cdot S + F_p \quad (2), \text{ resp.}$$

$$h' \cdot \rho \cdot g \cdot S + \frac{p_a V_2}{V_2'} \cdot S + m_{\text{pod}} \cdot g = p_a \cdot S + F_p \quad (2^*)$$

V prípade, že v nádobe nie je žiaden vzduch, platí v stave rovnováhy

$$h' \cdot \rho \cdot g \cdot S + m_{\text{pod}} \cdot g + F_R = p_a \cdot S + F_p \quad \text{kde } F_R \text{ je sila, ktorá vzniká ako reakcia na stlačenie}$$

vody atmosférickou tlakovou silou (voda nie je nestlačiteľná).

VI.1.4 Návrh doplňujúcich demonštrácií

K pochopeniu jednotlivých čiastkových javov môžu prispieť doplňujúce demonštrácie. Ich realizácia je časovo aj technicky nenáročná, predsa však vyžadujú od učiteľa istú prípravu, aby ich mohol na hodine podľa potreby použiť - predviesť, pripomenúť.

Z dôvodu prevládajúcich predstáv žiakov (vzduch v pohári je pre fungovanie javu zanedbateľný, jeho tlak je veľmi malý) sa ako obzvlášť dôležité javi objasniť vplyv vzduchu uzavretého v pohári, poukázať na pôsobenie tlakovej sily uzavretého vzduchu.

Poukázanie na pôsobenie tlakovej sily atmosféry:

- Torricelliho pokus - poukázanie na pôsobenie tlakovej sily atmosféry;
- nosenie predmetov (tácky, vedra, ...) pomocou gumového zvona na čistenie vodovodného odpadu;
- vytiahnutie piestu striekačky s uzavretým otvorom - tlaková sila atmosféry piest zatlačí späť.

Objasnenie nutnosti poklesu tlaku uzavretého vzduchu, rôzne spôsoby zníženia tlaku

- nosenie predmetov (tácky, vedra, ...) pomocou gumového zvona na čistenie vodovodného odpadu (zníženie tlaku zväčšením objemu);
- variácia pôvodnej demonštrácie s použitím mäkkého plastového pohára - ak pohár najprv stlačíme a po otočení uvoľníme, podložka bude držať aj bez odtečenia vody; ak pohár stlačíme až po otočení, keď už podložka drží, spôsobíme tým jej uvoľnenie (zmenšenie tlaku zväčšením objemu, zväčšenie tlaku zmenšením objemu uzavretého vzduchu);
- pokus s pohárom, ktorý má dva otvory (jeden v dne a druhý vo vrchnáku) - keď horný otvor uzavrieme, voda neprestane tiecť okamžite; vyteká, kým sa tlak uzavretého vzduchu nezníži natoľko, že sa vyrovnajú pôsobiace sily - zdôraznenie významu odtečenia vody pre zmenu objemu uzavretého vzduchu a tým pre pokles jeho tlaku;
- nosenie vody v slamke (pipete) - do slamky naberieme vodu, uzavrieme horný koniec; hoci je dolný koniec voľný, voda zo slamky celkom nevytečie; odtečie len malé množstvo vody, zväčší sa objem uzavretého vzduchu a poklesne jeho tlak - zdôraznenie významu odtečenia vody, zdôraznenie vplyvu povrchového napätia (v širokej trubici sa voda nosiť nedá).

Zdôraznenie vplyvu tiaže podložky

- nosenie predmetov (tácky, vedra, ...) pomocou gumového zvona na čistenie vodovodného odpadu;
- variácia pôvodnej demonštrácie s použitím rôznych druhov podložky.

Zdôraznenie vplyvu povrchového napätia

- prevrátenie pohára s vodou uzavretého upevnenou gázou - keď je gáza „riedka“ (otvory veľké), voda vytečie, keď dáme gázu dvojmo, resp. použijeme „hustejšiu“ gázu (s menšími otvormi), voda ostane v pohári;
- pôvodná demonštrácia s použitím kvapaliny s výrazne menším / väčším povrchovým napätím (saponátový roztok, lieh, glycerín,...).

Zdôraznenie procesu odtekania vody

- variácia pôvodnej demonštrácie s použitím novinového papiera ako podložky (voda kontinuálne odkvapkáva, nastane viditeľné preliacenie papiera do pohára).

Zdôraznenie procesu zmenšenia objemu vody v pohári (a tým zväčšenia objemu uzavretého vzduchu) nasiaknutím do podložky

- sledovanie vzĺnavosti vody do materiálu podložky - koľko vody a ako rýchlo sa nasaje do podložky (pijavý papier, filtračný papier, voskový papier, podložky z rôznych iných materiálov).

VI.1.5 Odhad veľkosti pôsobiacich síl (ZŠ)

Na základe vlastnej experimentálnej činnosti, doplňujúcich pokusov predvedených učiteľom a následnej diskusie by mali žiaci sformulovať podmienku udržania podložky na pohári s vodou po jeho otočení hore dnom: podložka sa udrží, nepohybuje sa, ak je výsledná pôsobiaca sila nulová.

Siedmáci zatiaľ uvažujú len o tlakovej sile vody, tlakovej sile vzduchu v pohári, tlakovej sile atmosférického vzduchu a tiaži podložky.

Mnohí žiaci majú skreslené predstavy o veľkosti hydrostatického a atmosférického tlaku. Aj keď pod vplyvom experimentov prijímajú existenciu tlakovej sily uzavretého vzduchu, považujú túto silu za veľmi malú voči hydrostatickej tlakovej sile. Tlak vzduchu považujú za oveľa menší ako je atmosférický tlak.

Aké sily pôsobia na podložku, aké sú ich veľkosti?

Žiaci si vytvoria zoznam síl pôsobiacich na podložku, ktorý následne doplnia vzťahmi pre výpočet veľkosti jednotlivých síl ($F_{vz} = p_2 \cdot S$, $G = m_{pod} \cdot g$, $F_a = p_a \cdot S$). Na základe týchto vzťahov si žiaci zostavia zoznam neznámych veličín a navrhnu postup ich merania. (Hustotu vody a tiažové zrýchlenie žiaci merať nemusia, vo výpočtoch môžu použiť hodnoty $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$, $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.)

Experimentálnou úlohou žiakov je určenie výšky vodného stĺpca v pohári, plochy, na ktorú pôsobia uvažované tlakové sily (vnútornú plochu otvoru nádoby), hmotnosti podložky, a atmosférického tlaku vzduchu.

Tlak vzduchu uzavretého v pohári žiaci odmerať nevedia.

Veľkosť tlakovej sily vzduchu môžu žiaci určiť na základe podmienky nulovej veľkosti výslednice síl pôsobiacich na podložku.

Postup merania:

1. Určenie výšky vodného stĺpca v otočenom pohári:
 - a) Výšku vodného stĺpca možno najjednoduchšie určiť priamym odmeraním, ak si na pohár prilepíme papierové pravítko (odstrihnuté tak, aby začínalo na značke 0 cm), prípadne milimetrový papier. Tento postup je možný len v prípade použitia valcovej nádoby. Ak pracujú žiaci vo dvojiciach, môže jeden z nich zaznačiť výšku hladiny fixkou priamo na pohár a vzdialenosť značky od vrchu pohára odmerať až po skončení pokusu.
 - b) Ak žiaci použijú na demonštráciu priesvitnú nádobu, ktorá nemá zvislé rovné steny, môžu túto skutočnosť zohľadniť prekreslením stupnice pravítka (sklon steny pohár si odkreslia na papier, na predĺženie úsečky znázorňujúcej okraj pohára urobia kolmicu a na ňu prekreslia stupnicu pravítka; túto stupnicu prenesu pomocou rovnobežiek s okrajom pohára na úsečku znázorňujúcu stenu pohára; takto preškálovanú stupnicu vystrihnú a prelepia na pohár), resp. (ak je to možné) nalepením pravítka na zvislú časť steny tak, aby sa značka 0 cm dotýkala po prevrátení nádoby hore dnom podložky.
2. Určenie obsahu plochy prierezu pohára:

Siedmáci sa ešte na matematike neučili vzťah pre výpočet obsahu kruhu. Jeho obsah môžu určiť približne pomocou štvorcového (1 štvorek = 5 mm x 5 mm) alebo milimetrového papiera, na ktorý si nakreslia štvrtinu kruhu s priemerom vnútorného priemeru otvoru pohára (ten vedia odmerať priamo).
3. Určenie hmotnosti podložky:
 - a) Hmotnosť podložky možno odvážiť priamo. Siedmáci by už mali byť zruční v narábaní s rovnoramennými váhami. Možno použiť aj iné dostatočne citlivé váhy.
 - b) Ak žiaci nemajú k dispozícii dostatočne citlivé váhy, môžu určiť hmotnosť použitej podložky výpočtom z hmotnosti väčšieho počtu podložiek (papierov, fólií, plieškov,...) vydelením nameranej hodnoty počtom vážených podložiek.
 - c) Ak žiaci ako podložku použijú papier, jeho hmotnosť môžu určiť aj výpočtom na základe známej „plošnej hmotnosti“ papiera (druh papiera je na obale označený hmotnosťou jedného metra štvorcového).
4. Určenie aktuálneho atmosférického tlaku:

Siedmáci by mali vedieť používať ortuťový tlakomer, resp. iný druh tlakomeru, ktorý sa nachádza v kabinete fyziky. V prípade, že sa v kabinete fyziky barometer nenachádza, je možné určiť tlak vzduchu približne na základe meteorologických informácií pre športových pilotov (<http://www.shmu.sk/plachtar/index.html>, k dispozícii sú hodnoty atmosférického tlaku v rôznych nadmorských výškach nad Gánovcami, Viedňou a Prahou).

Meranie všetkých vstupných parametrov je pre siedmakov ešte časovo náročné. Ak má učiteľ na riešenie celej úlohy k dispozícii len jednu vyučovaciu hodinu, doporučujeme, aby žiaci boli rozdelení do skupín tak, aby vždy aspoň štyri skupiny žiakov tvorili „výskumný tím“ pracujúci s rovnakými pomôckami. Každá zo štyroch skupín takéhoto tímu by mala za úlohu meranie len jednej veličiny, pričom výsledky by poskytla ostatným skupinám tímu.

Inou možnosťou šetrenia času je, že žiaci navrhnu spôsob merania hmotnosti podložky a obsahu plochy otvoru pohára, meranie však už nevykonávajú, učiteľ im potrebné údaje zadá.

V prípade, že sa učiteľ rozhodne venovať úlohe dve vyučovacie hodiny, žiaci vykonajú všetky potrebné merania sami.

Príklad experimentálne získaných údajov:

Pri konkrétnej realizácii experimentu sme použili valcový pohár s vnútorným priemerom 6,5 cm, plocha, na ktorú pôsobili uvažované tlakové sily bola približne $3\,320\text{ mm}^2$ t.j.

$$S = 0,00332\text{ m}^2.$$

Hladina vody sa po otočení pohára ustálila vo výške $h' = 7\text{ cm} = 0,07\text{ m}$.

Použili sme štvrtinu listu A4. Plošná hustota použitého kancelárskeho papiera udaná výrobcom bola 80 g/m^2 . Rozmery podložky boli: $10,45\text{ cm} \times 14,8\text{ cm}$ (určené výpočtom zo známych rozmerov formátu A4, možno ich merať aj priamo), plocha použitého papiera teda bola $154,66\text{ cm}^2$ B $0,0155\text{ m}^2$. Kancelárskemu papieru s touto plochou zodpovedá hmotnosť $1,24\text{ g}$.

Atmosférický tlak mal v čase a mieste merania hodnotu 985 hPa , t.j. $p_a = 98\,500\text{ Pa}$.

Na základe vyššie uvedených hodnôt vstupných parametrov žiaci dospejú k výsledkom:

$$1) h = 0,07\text{ m} \cdot 1000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} \cdot 10\text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,00332\text{ m}^2 \text{ B } 2,3\text{ N}$$

$$2) G = m \cdot g = 0,00124\text{ kg} \cdot 10\text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 0,0124\text{ N}$$

$$3) \text{ Smerom nahor pôsobí na podložku tlaková sila } F_a = p_a \cdot S_p = 98\,500\text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 0,0155\text{ m}^2 \text{ B } 1\,526,8\text{ N}$$

na celú plochu použitej podložky (štvrtina listu A4).

Zároveň ale na časť podložky, ktorá presahuje okraje pohára pôsobí tlaková sila aj nadol.

Preto stačí uvažovať o tlakovej sile atmosféry pôsobiacej smerom nahor na plochu pohára

$$F_a = p_a \cdot S = 98\,500\text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 0,00332\text{ m}^2 \text{ B } 327\text{ N}$$

4) V stave rovnováhy (z rovnice (1) pri zanedbaní príľnavých síl) platí:

$$F_v = F_a - F_h - G = 327\text{ N} - 2,3\text{ N} - 0,0124\text{ N} \text{ B } 324,7\text{ N}$$

Z poslednej rovnice môžu žiaci posúdiť vplyv vodného stĺpca a vplyv tiaže podložky.

V tomto konkrétnom prípade je tlaková sila vody o dva rády menšia ako atmosférická

tlaková sila a tiaž podložky je menšia ešte o ďalšie dva rády. Tiažová sila podložky je voči ostatným pôsobiacim silám zanedbateľná.

Aký je tlak vzduchu uzavretého v pohári?

$$p_2' = \frac{F_v}{S}$$

$$p_2' = \frac{324,7N}{0,00332m^2} = 97\,801 \text{ Pa}$$

Ak by žiaci neodmerali aktuálny atmosférický tlak a vo výpočtoch použili hodnotu normálneho atmosférického tlaku ($p_n = 101\,325 \text{ Pa}$), získali by hodnotu $p_2' = 100\,632 \text{ Pa}$.

Podtlak uzavretého vzduchu voči atmosférickému tlaku je pri zanedbateľnej tiaži podložky rovný hydrostatickému tlaku na dne stĺpca vody v pohári (v našom prípade 700 Pa).

Hodnoty atmosférického tlaku sa na území Slovenska pohybujú zväčša v rozmedzí 935 až $1\,055 \text{ hPa}$ [94, s.107], t.j. rozdiel až $12\,000 \text{ Pa}$. Ak nás zaujíma absolútna hodnota tlaku vzduchu v pohári, je potrebné vychádzať z aktuálneho atmosférického tlaku v čase a mieste merania, použitie priblíženia $p_a = p_n = 101\,325 \text{ Pa}$ je nevhodné.

VI.1.6 Odhad veľkosti tlaku uzavretého vzduchu a veľkostí pôsobiacich síl (gymn.)

Odhad veľkosti tlakovej sily uzavretého vzduchu na základe rovnováhy síl pôsobiacich na podložku a následný odhad veľkosti tlaku uzavretého vzduchu je uvedený v kapitole VI.1.5.

Študenti druhého ročníka gymnázia však môžu pri experimentálnom určovaní veľkosti pôsobiacich síl a veľkosti tlaku vzduchu uzavretého v pohári vyjsť aj zo vzťahu (2*).

Experimentálnou úlohou potom je určiť výšku vodného stĺpca v pohári, po jeho otočení; obsah plochy vnútorného prierezu použitej nádoby; začiatkový a konečný objem vzduchu v pohári a hmotnosť podložky. (Hustotu vody a tiažové zrýchlenie merať nemusia, vo výpočtoch môžu použiť hodnoty $\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.)

Postup merania:

1. určenie začiatkového a konečného objemu vzduchu v pohári

Začiatkový objem vzduchu uzavretého v pohári môžu študenti určiť odčítaním celkového objemu pohára od počiatkového objemu vody v pohári (tieto objemy môžu určiť experimentálne pomocou odmerného valca, resp. injekčnej striekačky).

Konečný objem vzduchu v pohári môžu študenti určiť vo valcovej nádobe odmeraním výšky vzduchového valca; všeobecne ho možno určiť pomocou množstva vody, ktoré pri pokuse odtečie z pohára.

Určenie množstva odtečenej kvapaliny je pri použití priameho merania odmerným valcom nepresné (množstvo odtečenej kvapaliny je malé, pri prelievaní sa časť kvapaliny stráca).

a) Na presnejšie určenie objemu odtečenej kvapaliny je možné použiť injekčnú striekačku (s ihlou) – nasat' do nej odtečenú vodu a trochu vzduchu, potom ihlu odstrániť, vytlačiť prebytočný vzduch a odčítať objem kvapaliny.

b) Množstvo odtečenej kvapaliny je možné určiť aj sprostredkovanne odmeraním hmotnosti odtečenej kvapaliny na citlivých váhach.

2. Určenie aktuálneho atmosférického tlaku:

Študenti môžu odčítať aktuálny tlak z ortuťového tlakomeru, ak sa nachádza v kabinete fyziky. V prípade, že sa v kabinete fyziky barometer nenachádza, je možné určiť tlak vzduchu približne na základe meteorologických informácií pre športových pilotov (<http://www.shmu.sk/plachtar/index.html>).

3. Určenie konečnej výšky stĺpca kvapaliny:

Možný postup je bližšie opísaný v kapitole VI.1.5.

4. Určenie obsahu plochy vnútorného prierezu nádoby:

Študenti môžu priamo odmerať vnútorný priemer otvoru nádoby d , obsah plochy prierezu

určia výpočtom pomocou vzťahu
$$S = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

5. Určenie hmotnosti podložky:

Niekoľko možných postupov je bližšie opísaných v kapitole VI.1.5.

Príklad experimentálne získaných údajov:

Hodnoty namerané pri jednej konkrétnej realizácii experimentu:

hladina vody v pohári sa po jeho otočení ustálila vo výške $h' = 7,0 \text{ cm} = 0,07 \text{ m}$

použili sme pohár s vnútorným priemerom 6,5 cm, teda $S = 0,00332 \text{ m}^2$

celkový objem pohára $V = 2,75 \text{ dl} = 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

začiatočný objem vody $V_1 = 2,35 \text{ dl} = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

začiatočný objem vzduchu v pohári $V_2 = V - V_1 = 0,40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

množstvo odtečenej vody $\Delta V_1 = 2 \text{ ml} = 2 \text{ cm}^3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = \Delta V_2$

objem vzduchu po otočení pohára a ustálení $V_2' = V_2 + \Delta V_2 = 0,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

hmotnosť podložky - kancelársky papier s rozmermi 10,5 cm x 15 cm (t.j. štvrtina hárku A4 papiera s hmotnosťou 80 g / m²) $m = 1,26 \text{ g} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

Odtečením vody sa zväčšil objem uzavretého vzduchu. V priblížení izotermického deja ideálneho plynu poklesol jeho tlak na hodnotu:

$$p_2 = \frac{p_a \cdot V_2}{V_2'} = \frac{p_a \cdot 0,40 \cdot 10^{-4}}{0,42 \cdot 10^{-4}} = p_a \cdot 0,9524$$

Hydrostatický tlak vody na dne (dnom je teraz podložka) mal hodnotu p_h' :

$$p_h' = h' \cdot \rho \cdot g = 7 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 700 \text{ Pa}$$

Celkový tlak na dne po otočení pohára bol $p' = p_2' + p_h'$

Aktuálny tlak vzduchu v mieste a čase merania bol $p_a = 98\,500 \text{ Pa}$, to znamená, že

$$p' = 0,9524 \cdot 98\,500 \text{ Pa} + 700 \text{ Pa} \approx 94\,510 \text{ Pa},$$

Rozdiel tlakových síl pôsobiacich na podložku bol $F = p_a \cdot S - p' \cdot S$

$$F = (p_a - p') \cdot S = 3\,990 \text{ Pa} \cdot 33,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 13,2 \text{ N},$$

pričom výsledná tlaková sila pôsobí smerom nahor.

Ako podložku sme použili bežný kancelársky papier s rozmermi 10,5 cm x 15 cm (štvrtinu hárku A4 papiera s hmotnosťou 80 g / m²). Tiažová sila podložky bola:

$$G = m \cdot g = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 12,6 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0,0126 \text{ N}$$

Vplyv tiaže podložky je voči veľkosti výslednej tlakovej sily zanedbateľný.

Výslednica tlakových síl F pôsobiacich na papier a jeho tiaže G je sila, ktorá smeruje nahor.

Kvalitatívne o tom svedčilo pozorované preliačenie papiera smerom dovnútra pohára.

Znamená to, že pri realizácii experimentu z pohára odtieklo viac vody, ako bolo nutné na

udržanie podložky. Preliacím podložky dovnútra pohára sa zmenšil objem uzavretého

vzduchu tak, aby vznikla rovnováha pôsobiacich síl. V skutočnosti sa teda objem uzavretého

vzduchu zmenšil o hodnotu menšiu ako bol objem odtečenej kvapaliny; vyššie opísaný postup

nie je vhodný na určovanie tlaku vzduchu uzavretého v pohári.

Zmenu objemu uzavretého vzduchu potrebnú na udržanie podložky je možné určiť aj

teoreticky (kapitola VI.1.7).

Do odhadu sme nezahrnuli príľnavé sily medzi vodou a materiálom nádoby, povrchové

napätie kvapaliny, vztlínanie kvapaliny do materiálu podložky, možnosť zmeny teploty pri

zmene objemu uzavretého vzduchu.

Odhad maximálnej hmotnosti podložky, ktorú je možné udržať

Ak študenti použijú pri experimentovaní podložky rôznej hmotnosti, pričom ostatné parametre ostanú zachované, môžu si všimnúť, že na udržanie ťažšej podložky je potrebné odtečenie väčšieho množstva vody z pohára. Ak by odtiekla takmer všetka voda (nemôže odtecť všetka, musí ostať tesniaca vrstva medzi vonkajším vzduchom a vzduchom uzavretým v pohári), druhý člen vo vzťahu pre výpočet tlaku uzavretého vzduchu (3) by bol takmer rovný nule. Ak by mohlo v pohári vzniknúť vákuum (keby na začiatku nebol v pohári takmer žiaden vzduch a po otočení by odtiekla takmer všetka voda bez toho, aby sa do pohára dostal

vzduch z okolia) tj. $p_2' \rightarrow 0$, vplyv tiaže podložky $\frac{G}{S} = \frac{m \cdot g}{S}$ by mohol byť najviac p_a (10^5 Pa).

Podložka by teda mohla pôsobiť tiažou

$$G = 100\,000 \text{ Pa} \cdot 0,003317 \text{ m}^2 = 331,7 \text{ N}$$

Hmotnosť podložky by teda mohla byť najviac 33,17 kg.

Študenti druhého ročníka gymnázia by mohli odhad upresniť s ohľadom na skutočnosť, že v pohári nemôže vzniknúť vákuum. Pri teplote 20°C je tlak nasýtených vodných pár $23,33 \cdot 10^2$ Pa. Tlak plynu v pohári nemôže klesnúť pod túto hodnotu. To znamená, že vplyv tiaže podložky môže byť (pri $p_a = 100\,000$ Pa) maximálne $97\,667$ Pa, čomu zodpovedá tiaž 324 N, tj. hmotnosť $32,4$ kg.

V skutočnosti ale nie je možné dosiahnuť, aby z plného pohára odtiekla všetka voda bez toho, aby sa zároveň do pohára nedostal vzduch z okolia.

VI.1.7 Teoretický odhad zmeny objemu uzavretého vzduchu (gymn.)

Druháci na gymnáziu už majú poznatky potrebné na teoretické odvodenie závislosti zmeny objemu uzavretého vzduchu v závislosti od začiatkovej výšky kvapalinového stĺpca v pohári. Pri zachovaní označenia ako v kapitole VI.1.3 (index 2 - veličiny týkajúce sa uzavretého vzduchu, čiarkované hodnoty - po odtečení kvapaliny a nastolení rovnováhy) v priblížení izotermického rozpínania ideálneho plynu platí:

$$p_a \cdot V_2 = p_2' \cdot V_2'$$

Pri použití valcovej nádoby s celkovou výškou L platí

$$V_2 = (L - h) \cdot S \quad \text{a} \quad \dots \quad \text{Odtiaľ dostávame}$$

(4)

kde $L-h$ je začiatková výška vzduchového stĺpca a Δh je zmena výšky stĺpca vzduchu (za predpokladu, že zmena objemu vzduchu je dosiahnutá odtečením vody, resp. jej nasatím do podložky, je veľkosť zmeny výšky vzduchového stĺpca rovná veľkosti zmeny výšky kvapalinového stĺpca).

Z rovnice (2) pri zanedbaní príľnavých síl a úprave $h' = h - \Delta h$ vyplýva

$$p_a = \rho \cdot g \cdot (h - \Delta h) + p_2' + \frac{m \cdot g}{S} \quad (5)$$

Riešením sústavy rovníc (4) a (5) môžu študenti získať vzťah pre výpočet konečnej zmeny výšky vzduchového stĺpca v závislosti od začiatkovej výšky vodného stĺpca $\Delta h_2(h)$:

$$0 = (\Delta h)^2 + \left(\frac{p_a}{\rho \cdot g} + L - 2 \cdot h - \frac{m \cdot g}{\rho \cdot g \cdot S} \right) \cdot \Delta h - \left(h + \frac{m \cdot g}{\rho \cdot g \cdot S} \right) \cdot (L - h) \quad (6)$$

Sledovaný proces je nelineárny. Jedná sa o kvadratickú závislosť, pričom atmosférický tlak, druh použitej kvapaliny (hustota kvapaliny), hmotnosť podložky, prierez nádoby a jej celková výška sú vstupnými parametrami. V tabuľke 12 sú zaznamenané hodnoty $\Delta h_2(h)$ pre hodnoty parametrov $p_a = 100\,000$ Pa, $\rho = 1000$ kg.m⁻³, $m = 0,00126$ kg, $S = 0,00332$ m² a

a) $L = 0,083$ m, (t.j. hodnoty parametrov získaných pri odhade veľkosti pôsobiacich síl a tlaku uzavretého vzduchu na základe experimentu) b) $L = 0,1$ m, c) $L = 0,2$ m.

Tab.12.

a) pre $L = 0,083$ m

h [m]	Δh_2 [m]
0	3,127E-06*
0,01	7,53E-05
0,02	0,0001278
0,03	0,0001606
0,04	0,0001736
0,05	0,0001665
0,06	0,0001394
0,07	9,202E-05
0,08	2,43E-05
0,083	0

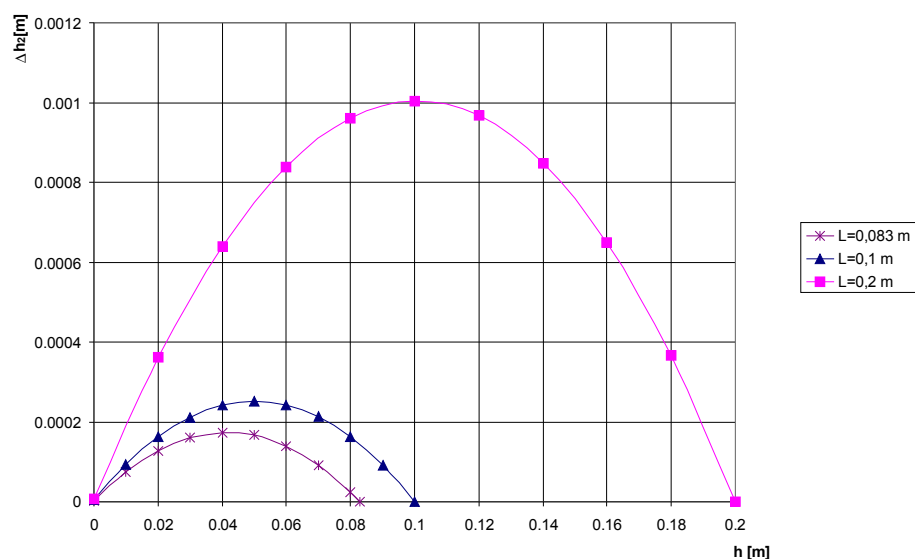
b) pre $L = 0,1$ m

h [m]	Δh_2 [m]
0	3,762E-06*
0,01	9,268E-05
0,02	0,0001621
0,03	0,0002118
0,04	0,0002418
0,05	0,0002519
0,06	0,000242
0,07	0,000212
0,08	0,0001617
0,09	9,111E-05
0,1	0

*Hodnota Δh_2 pre $h = 0$ m je fyzikálne nereálna. Ak v pohári nie je na začiatku merania žiadna voda, nemôže odtiaľ odtiecť.

Graf 1.

Závislosť zmeny výšky vzduchového stĺpca Δh_2 od začiatkovej výšky h vodného stĺpca.



Prenásobením hodnôt zmeny výšky vzduchového stĺpca Δh_2 obsahom vnútorného prierezu pohára S môžu študenti získať závislosť zmeny objemu uzavretého vzduchu ΔV od začiatkovej výšky vodného stĺpca v pohári a získané hodnoty porovnať s experimentálne získanými hodnotami množstva odtečenej kvapaliny.

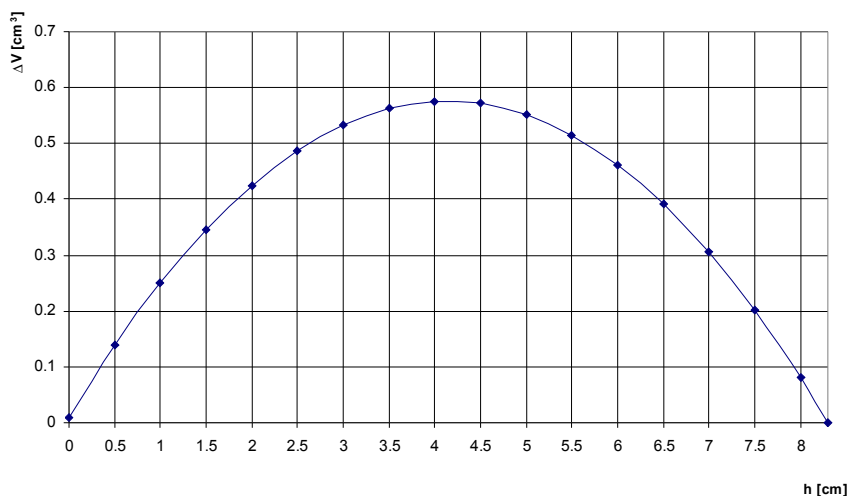
V tabuľke 13. sú zaznamenané hodnoty $\Delta V(h)$ pre nádobu s celkovou výškou 0,083 m a vyššie uvedené hodnoty ostatných parametrov.

Tab.13.

Závislosť zmeny objemu uzavretého vzduchu ΔV od začiatkovej výšky stĺpca kvapaliny h .

h [cm]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔV [mm ³]	10.4	249.7	424.0	532.8	575.7	552.4	462.3	305.2	80.6	0

Závislosť zmeny objemu uzavretého vzduchu ΔV od začiatočnej výšky stĺpca kvapaliny h .



Teoreticky určená hodnota zmeny objemu uzavretého vzduchu, ktorá je potrebná na udržanie podložky pri experimentálne určených hodnotách vstupných parametrov (získaných v kapitole VI.1.6 - ak začiatočná výška vodného stĺpca v pohári je 7 cm) je $0,3 \text{ cm}^3$, t.j. 0,3 ml.

Počas experimentu študenti spravidla namerajú niekoľkonásobne vyššie množstvo odtečenej kvapaliny, než je teoreticky určená zmena objemu uzavretého vzduchu. Je to spôsobené najmä nedostatočným uzavretím sústavy počas otáčania pohára, kedy z pohára odtečie viac vody, ako je nutné; ďalej pôsobením tlakovej sily ruky na podložku, preličením podložky, naklonením sústavy (keď podložka nie je vo vodorovnej polohe).

Teoreticky získané hodnoty zmeny objemu sú pomerne malé. Počas experimentu nemusí voda v skutočnosti odtecť, na udržanie podložky môže stačiť premiestnenie malého množstva vody, ktoré vytvorí vrstvu medzi pohárom (akoby predĺženie pohára), resp. nasiaknutie vody do podložky.

Pre získanie predstavy o hodnotách zmeny objemu uzavretého vzduchu ΔV potrebných na udržanie podložky je vhodné nabrat' príslušný objem kvapaliny do injekčnej striekačky a vyliat' ho na podložku.

Z grafov 1.až 3. je vidieť, že najväčšia zmena výšky vzduchového (kvapalinového) stĺpca nastáva pri otočení pohára naplneného kvapalinou do polovice.

Normovanie vzťahu (6) na celkovú výšku pohára L umožní porovnávať relatívne zmeny výšky kvapalinového stĺpca voči celkovej výške nádoby pre nádoby s rôznou výškou:

$$0 = \left(\frac{\Delta h}{L}\right)^2 + \left(\frac{p_a}{\rho \cdot g \cdot L} + 1 - \frac{2 \cdot h}{L} - \frac{m \cdot g}{\rho \cdot g \cdot S \cdot L}\right) \cdot \frac{\Delta h}{L} - \left(\frac{h}{L} + \frac{m \cdot g}{\rho \cdot g \cdot S \cdot L}\right) \cdot \frac{L-h}{L}$$

V tabuľke 14 a) - c) sú zaznamenané hodnoty $\frac{\Delta h}{L} \left(\frac{h}{L}\right)$ pre hodnoty vstupných parametrov

$p_a = 100\,000\text{ Pa}$, $g = 10\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $\rho = 1000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $m = 0,00126\text{ kg}$, $r = 0,0325\text{ m}$ a

a) $L = 0,083\text{ m}$, b) $L = 0,1\text{ m}$, c) $L = 0,2\text{ m}$.

Tab. 14.

Závislosť relatívnej zmeny výšky kvapalinového stĺpca (potrebnej k dosiahnutiu rovnováhy) voči celkovej výške nádoby $\Delta h/L$ od relatívnej začiatočnej výšky vodného stĺpca voči celkovej výške nádoby h/L .

a) pre $L = 0,083\text{ m}$

h/L	$\Delta h/L$
0	3.768E-05
0.1	0.0007761
0.2	0.0013517
0.3	0.0017638
0.4	0.0020115
0.5	0.002094
0.6	0.0020106
0.7	0.0017603
0.8	0.0013423
0.9	0.0007558
1	0

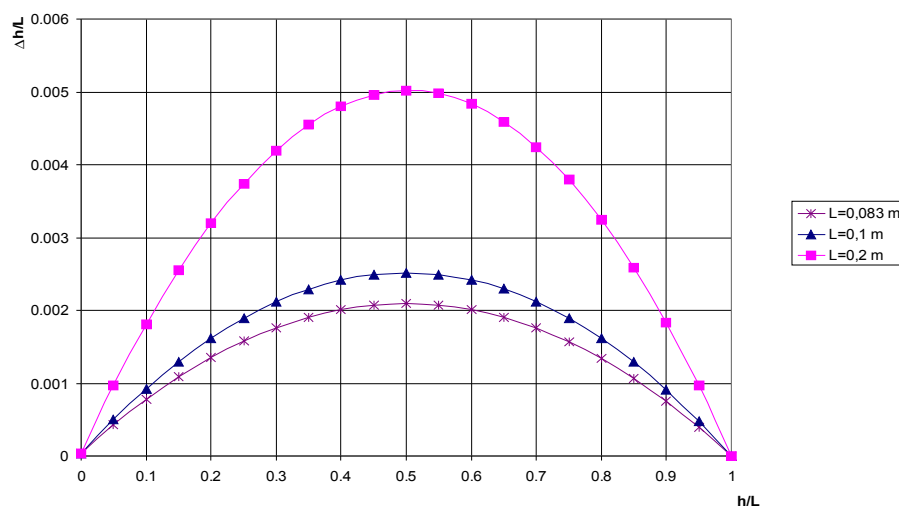
b) pre $L = 0,1\text{ m}$

h/L	$\Delta h/L$
0	3.762E-05
0.1	0.0009268
0.2	0.0016207
0.3	0.0021182
0.4	0.002418
0.5	0.002519
0.6	0.0024201
0.7	0.0021199
0.8	0.0016173
0.9	0.0009111
1	0

c

Graf 3.

Závislosť relatívnej zmeny výšky kvapalinového stĺpca voči celkovej výške nádoby $\Delta h/L$ od relatívnej začiatočnej výšky vodného stĺpca voči celkovej výške nádoby h/L .



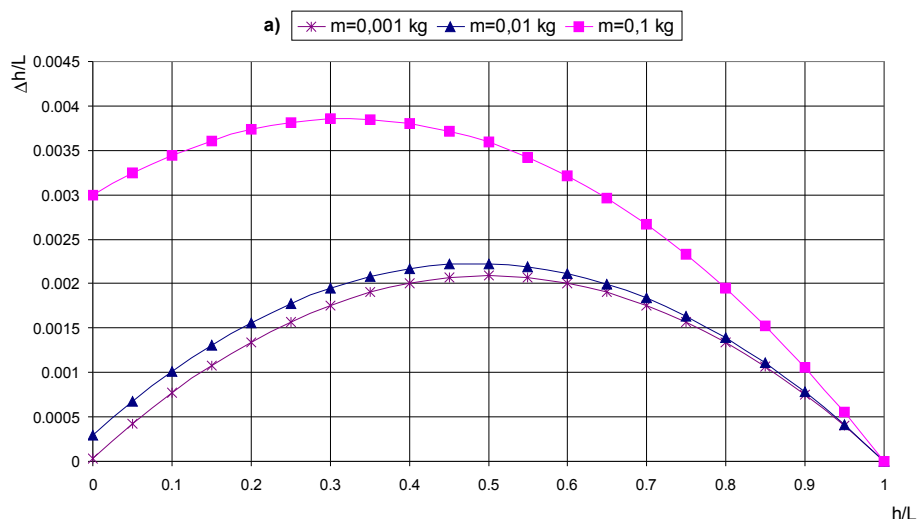
Ďalšie námety

Použitie tabuľkového procesora umožňuje rýchlo získať hodnoty $\frac{\Delta h}{L} \left(\frac{h}{L} \right)$ a grafické zobrazenie sledovanej závislosti pre rôzne hodnoty zvolených parametrov.

Na grafoch 4. a) a b) možno sledovať vplyv zmeny hmotnosti podložky na množstvo vody, ktoré musí nádoby odlietť, aby sa podložka udržala.* Hodnoty ostatných parametrov sme zvolili na základe experimentálneho merania: $p_a = 100\,000\text{ Pa}$, $g = 10\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $\rho = 1000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $L = 0,083\text{ m}$, $r = 0,0325\text{ m}$.

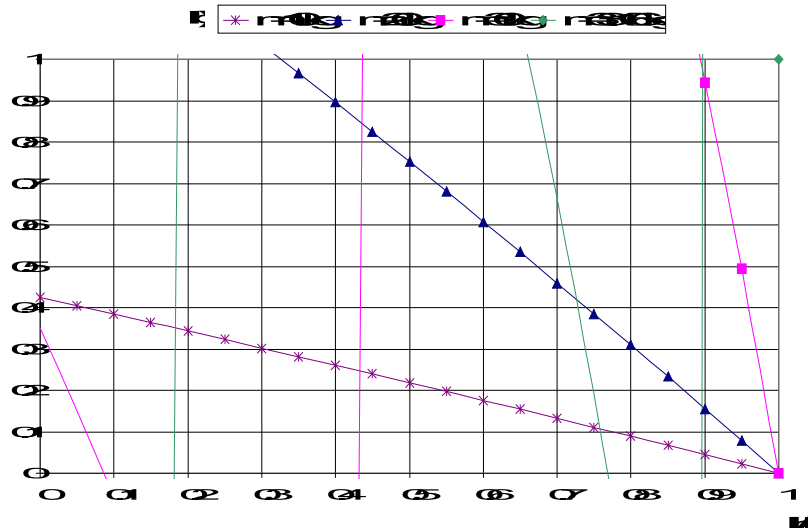
Graf 4.

Závislosť relatívnej zmeny výšky kvapalinového stĺpca voči celkovej výške nádoby $\Delta h/L$ od relatívnej začiatkovej výšky vodného stĺpca voči celkovej výške nádoby h/L pri rôznych hodnotách parametra m (hmotnosť podložky)



Graf 4.b) potvrdzuje, že na udržanie podložky s hmotnosťou 33,17 kg (maximálna hmotnosť podložky, ktorú je možné na pohári udržať odhadnutá v kapitole VI.1.6) by bolo potrebné, aby na začiatku bola nádoba plná vody a po otočení všetka voda odlietkla.

* Hodnoty, kedy $\frac{\Delta h}{L} \geq \frac{h}{L}$ nemajú fyzikálny zmysel (z nádoby nemôže odlietť viac vody ako je pôvodná výška kvapaliny v nádobe).



Úpravou vzťahov (4) a (5) môžu študenti získať aj závislosti ďalších veličín – napríklad

$\frac{\Delta h}{h} \left(\frac{h}{L} \right)$, $\frac{\Delta p_2}{p_a} \left(\frac{h}{L} \right)$ a pomocou grafického zobrazenia sledovať vplyv zmeny jednotlivých

parametrov na priebeh závislostí. Napríklad graf 5 ukazuje, koľko vody z jej pôvodnej výšky

odtečie, aby nastala rovnováha. Čím menšie je začiatkové množstvo kvapaliny v nádobe ($\frac{h}{L}$

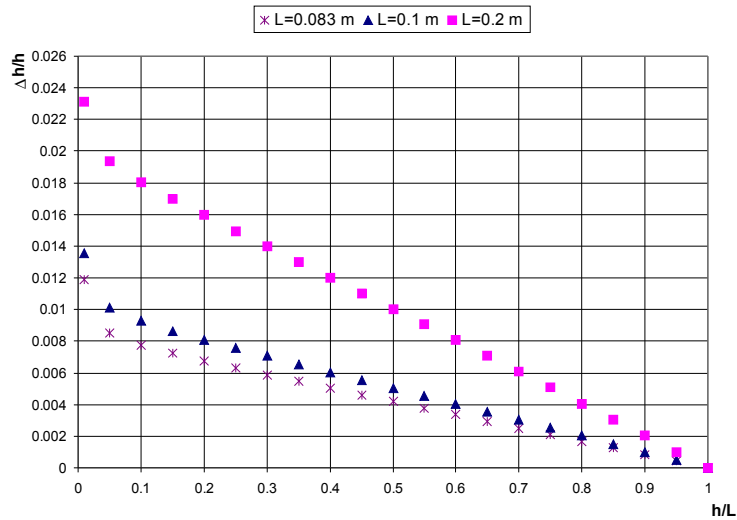
$\rightarrow 0$), tým je zmena výšky kvapalinového stĺpca výraznejšia ($\frac{\Delta h}{h}$ rastie). Z porovnania

závislostí $\frac{\Delta h}{h} \left(\frac{h}{L} \right)$ pre rôzne hodnoty parametra L vidieť, že ak sú východiskom nádoby

naplnené do rovnakej relatívnej výšky (napr. do polovice), zmena výšky kvapalinového stĺpca je tým výraznejšia, čím väčšia je celková výška nádoby.

Graf 5.

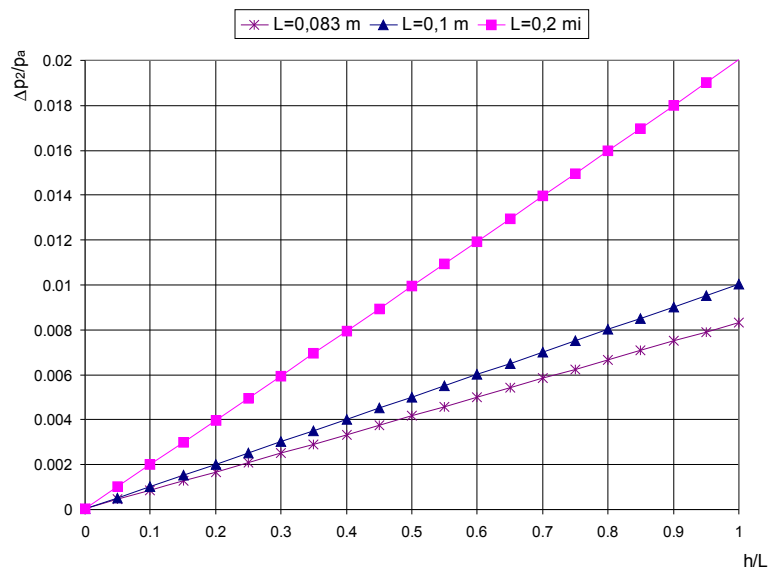
Závislosť relatívnej zmeny výšky kvapalinového stĺpca voči jeho pôvodnej výške $\Delta h/h$ od pôvodnej relatívnej výšky kvapalinového stĺpca voči celkovej výške nádoby h/L .



Z grafu 6. vidieť, že k najväčšej zmene tlaku uzavretého vzduchu dochádza, ak vychádzame zo situácie, kedy je pohár takmer plný vody ($h/L \rightarrow 1$). V spojitosti s grafom 3. tak môžeme usúdiť, že v prípade takmer plného pohára vody je aj malá zmena výšky vodného stĺpca dostatočná na udržanie podložky (malá absolútna zmena výšky vody je v tomto prípade dostatočnou relatívnou zmenou objemu uzavretého vzduchu a teda dostatočnou relatívnou zmenou tlaku uzavretého vzduchu).

Graf 6.

Závislosť relatívnej zmeny tlaku uzavretého vzduchu voči atmosférickému tlaku $\Delta p_2/p_a$ od pôvodnej relatívnej výšky kvapalinového stĺpca voči celkovej výške nádoby h/L .



VI.2 Vytiahni mincu z vody / Prečo voda vystúpi do pohára?

VI.2.1 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 7. ročník základnej školy

Úlohu „Ako možno vytiahnuť mincu z vody?“ doporučujeme zaradiť po prebratí tematického celku Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov s cieľom umožniť žiakom vytvoriť si nadhľad, dať jednotlivé poznatky získané v rámci tohto tematického celku do vzájomných súvislostí, ako aj do súvislostí s predchádzajúcim učivom.

Cieľ

Cieľom je:

- podporiť tvorivosť žiakov v riešení problémov; schopnosť diskutovať, argumentovať, kriticky hodnotiť;
- prepojiť poznatky z rôznych oblastí fyziky s poznatkami z oblasti mechaniky kvapalín a plynov;
- uvedomiť si podmienky prúdenia tekutín; spôsoby, ako možno vytvoriť tlakový rozdiel;
- prehĺbiť chápanie a používanie pojmov atmosférický tlak, tlak vzduchu, hydrostatický tlak, podtlak, tlaková sila.

Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny

1. Zadanie problému

Napríklad: „Na dne misky s vodou je minca. Ako by sme mohli mincu z misky vybrať bez toho, aby sme misku nadvihli alebo ju naklonili?“

Ak sa učiteľ rozhodne venovať úlohe iba časť vyučovacej hodiny, môže zadanie zúžiť: „Ako by sme mohli dostať vodu z misky bez toho, aby sme misku nadvihli, alebo ju naklonili?“

Zmenší sa tak počet riešení, žiaci sa viac sústredia na oblasť mechaniky kvapalín. Pôvodná širšie postavená úloha je však pre žiakov atraktívnejšia a ponúka im tiež „odrazový mostík“ jednoduchých riešení problému. Žiaci sa ľahšie uvoľnia a prekonajú bariéry vysloviť „nenaučené“, neoverené alebo nezvyčajné riešenia.

2. Brainstorming

Prvou fázou riešenia predloženého problému je brainstorming – žiaci voľne tvoria návrhy riešenia, jednotlivé návrhy sa zatiaľ neposudzujú.

Žiakov možno povzbudiť otázkami:

*Včera som si poranila ruku, nechcem si ju namočiť. Čo by ste mi poradili?
Existuje iná možnosť ako vybrať mincu rukou?
Je možné odstrániť z misky kvapalinu a mincu potom vybrať „suchou rukou“?
Ako sa dá dosiahnuť, aby sa voda začala pohybovať?*

Do brainstormingu by sa mali zapojiť podľa možnosti všetci žiaci. Ak sú žiaci na metódu brainstormingu zvyknutí, je možné triedu rozdeliť na dve – tri samostatne pracujúce skupiny. Dôležité je vytvoriť slobodnú atmosféru, aby žiaci nemali obavy vyjadriť pred učiteľom a spolužiakmi aj „uletené“ nápady (toto je však otázka dlhodobej spolupráce s triedou).

3. Spoločná diskusia o fyzikálnej podstate jednotlivých navrhovaných riešení

Učiteľ koordinuje diskusiu žiakov, vedie ich k roztriedeniu navrhovaných riešení na základe uplatňovaných fyzikálnych princípov. (Možné návrhy riešenia úlohy sú uvedené v kapitole VI.2.2.)

Pokiaľ žiakom nenapadne použiť na premiestnenie vody vytvorenie podtlaku nad časťou vodnej hladiny (zmenou objemu uzavretého vzduchu – napr. potiahnutím piestu striekačky alebo zmenou teploty uzavretého vzduchu – napr. chladnutím horúceho pohára položeného do misky s vodou hore dnom), mal by ich učiteľ upozorniť aj na tieto možnosti.

4. realizácia vybraných navrhovaných riešení

Každá skupina žiakov (dvojica) má k dispozícii misku s vodou a mincu. Ostatné pomôcky si vyberie podľa zvoleného riešenia problému. Učiteľ by mal vopred nachystať pomôcky podľa predpokladaných návrhov riešenia problému (striekačky, slamky, hadičky, magnety, pijavé papiere, ...) tak, aby každá skupina mala možnosť vyskúšať aspoň tri rôzne spôsoby vytiahnutia mince z vody; v prípade potreby pomôcky doplní podľa návrhov žiakov.

Úlohou žiakov je odskúšať viacero riešení, pričom sa majú sústrediť na ich porovnanie. Kritériá porovnávania si volia žiaci sami.

5. diskusia o výhodách a nevýhodách jednotlivých riešení

Spoločná diskusia o zvolených kritériách hodnotenia „vhodnosti“ riešení. Kritické zhodnotenie jednotlivých riešení - ich výhod a nevýhod.

Učiteľ môže žiakom pomôcť otázkami:

Ktorý zo spôsobov by ste si vybrali, keby ...

- ... minca bola na dne akvária?

- ... minca bola na dne studne?

- ... ste mali vybrať ampulku s liekom z nádoby s toxickou kvapalinou (napr. silnou kyselinou?)

VI.2.2 Možné návrhy riešenia problému (ZŠ)

Zoznam uvedený v tabuľke 15 nie je úplný. Je ukážkou predpokladaných najčastejších odpovedí žiakov, pomôckou pre učiteľa, východiskom pre prípravu pomôcok na experimentálnu časť hodiny.

Tab. 15

<i>navrhnuté riešenie</i>	<i>výhody</i>	<i>nevýhody</i>
priame vytiahnutie mince rukou	rýchle, jednoduché	v miske nesmie byť zdraviu škodlivá kvapalina, nedá sa použiť pri nádobe s úzkym hrdlom
použitie gumovej rukavice	rýchle, jednoduché, možno použiť aj v prípade znečistenej vody, resp. niektorých iných kvapalín	v závislosti od hrúbky gumových rukavíc je možné, že malé mince sa nebudú dať uchopiť (v chirurgických áno, v rukaviciach na upratovanie nie)
<i>navrhnuté riešenie</i>	<i>výhody</i>	<i>nevýhody</i>
použitie klieští, pinzety, ...	možno použiť aj v prípade zdraviu škodlivej kvapaliny	kliešte sú hrubé, nevhodné na malé mince,
prilepenie mince na plastelínu		plastelína sa vo vode k minci neprilepí
rozbiť nádobu	rýchle	škoda nádoby, nový pohár asi bude stáť viac ako je hodnota mince všetko okolo bude mokré, špinavé
použitie magnetu	možno použiť aj v prípade zdraviu škodlivej kvapaliny	nie všetky mince sú magnetické (1-, 2- a 5-koruna sú magnetické, ostatné mince nie)
riešenia založené na zmene skupenstva kvapaliny: - zamrznutie - odparenie	nemusím nič robiť	ako dosiahnuť zamrznutie? minca ostane v ľade dlho to trvá (prediskutovať možnosti urýchlenia vyparovania)

vyplávanie mince: <ul style="list-style-type: none"> - nasypať do vody toľko soli, kým nebude mať väčšiu hustotu ako minca - využiť plávanie mince na nejakej kvapaline s väčšou hustotou (naliať do misky toľko kvapaliny, až by voda pretiekla cez okraj) 		Nerealizovateľné - nasýtený vodný roztok kuchynskej soli má hustotu $1\,201\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, hustota hliníka je $2\,700\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ problém zachytávať odtekajúcu vodu, ortuť je nebezpečná
využiť prisatie mince: <ul style="list-style-type: none"> - použitie „prísavky“ - gumového zvoná - priložiť k minci slamku a vdýchnuť vzduch zo slamky 	nenamočím sa, ak má zvon dosť dlhú rúčku, dá sa použiť aj pre väčšie hĺbky	plocha prísavky musí byť menšia ako plocha mince nerealizovateľné, netesný okraj, v slamke sa nedá vytvoriť podtlak
riešenia založené na premiestnení kvapaliny		
premiestnenie vody pomocou menšej nádoby (naberačky, lyžice, ...)		voda sa nedá vybrať úplne
<i>navrhnuté riešenie</i>	<i>výhody</i>	<i>nevýhody</i>
vzlínanie vody <ul style="list-style-type: none"> - vysatie vody handrou, pijavým papierom - premiestnenie vody vzlínaním po knôte 	nemusím sa vody ani dotknúť, možno použiť aj v prípade nebezpečnej kvapaliny	papier sa ľahko rozmočí, voľný koniec knôtu musí byť nižšie ako koniec ponorený vo vode, dlho to trvá
vyvolanie prúdenia kvapaliny <ul style="list-style-type: none"> - natiahnutie vody do pipety / slamky / injekčnej striekačky - prečerpanie do nižšie položenej nádoby pomocou hadičky - „vtiahnutie“ vody pod horúci pohár otočený hore dnom 	kvapalina sa dá vybrať do poslednej kvapky nemusím sa namáhať, voda pretečie sama	ak je vody veľa - veľa práce nedá sa to spraviť s bazénom zapusteným do zeme pod pohár sa vtiahne iba málo vody

Súhrn pomôcok:

nádoby na vodu: miska, hrniec, fľaša so širším hrdlom (aby sa do nej zmestila minca), akvárium; mince rôznych hodnôt (z rôzneho materiálu, rôznej veľkosti, hrúbky), gumové

rukavice, kliešte, pinzeta, magnet, plastelína, prísavka (gumový zvon), pijavý papier, knôt, hadička, slamka, injekčná striekačka, pohár (na zahriatie pohára – podržať pohár nad horiacou sviečkou / prepláchnuť horúcou vodou)

VI.2.3 Cieľ a štruktúra vyučovacej jednotky pre 2. ročník gymnázia

Úlohu doporučujeme zaradiť ako aplikačnú hodinu sceľujúcu poznatky z celku Mechanika kvapalín a plynov (ktorý je predmetom fyziky v 1. ročníku gymnázia) a poznatky z celku Štruktúra a vlastnosti plynov. Pokiaľ to organizácia vyučovania dovoľuje, úlohu je vhodné zaradiť koordinovane s vyučovaním chémie.

Cieľ

Cieľom je umožniť žiakom:

- prepojiť poznatky z mechaniky kvapalín a štruktúry a vlastností plynov a kvapalín;
- vedieť uplatniť poznatky o spojených nádobách v netradičných situáciách;
- vedieť aplikovať stavovú rovnicu ideálneho plynu;
- uvedomiť si vplyv vzduchu uzavretého v pohári (aj to, čo nevidíme môže zohrávať výraznú úlohu) - uvedomiť si súčasné pôsobenie tlakovej sily uzavretého vzduchu a vody v pohári;
- prehĺbiť chápanie a používanie pojmov atmosférický tlak, hydrostatický tlak, podtlak, tlaková sila, silové pôsobenie, rovnováha síl;
- precvičiť empirický spôsob poznávania;
- podporiť medzipredmetové vzťahy fyziky a chémie.

Navrhovaná štruktúra vyučovacej hodiny

1. Uvedenie demonštrácie, jej prvé reálne predvedenie

„Predstavte si, že je rok 1775, Joseph Priestley dostal list: Drahý priateľ, naša posledná rozprava mi stále neschádza z mysle. Myslím, že som prišiel na jednoduchý dôkaz, že kyslík zaberá vo vzduchu 21% objemu. Do misky s vodou som postavil horiacu sviecu a potom som ju zakryl skleneným pohárom. Iste ani Ty nepochybuješ o tom, že svieca po chvíli zhasla. Aké však bolo moje prekvapenie, keď sa pod pohár začala hrnúť voda z misky! Najúžasnejšie na tom bolo, že voda napokon zaberala 1/5 objemu pohára. Čím iným by sa to dalo vysvetliť, než tým, že voda nahradila zhorený kyslík? A teda, že ho bolo vo vzduchu približne 20%?“

Učiteľ súčasne predvádza demonštráciu.

„Vžite sa do situácie Priestleyho. Ako by ste odpovedali priateľovi?“

2. Opakovanie demonštrácie, kritéria dôkazu; dôslednejšie pozorovanie

Žiaci v skupinách opakujú pôvodnú demonštráciu. Pravdepodobne už pri prvom predvedení zistia, že voda v pohári nezaplnila 1/5 jeho objemu. Ak nie, učiteľ by ich mal upozorniť, že voda nevystúpi vždy do 1/5 objemu pohára.

Môžeme to, čo bolo v napísané v liste považovať za dôkaz?

Dodržali sme pri experimentovaní rovnaké podmienky ako pisateľ? Bol opis experimentu dostatočný?

Uvedomenie si kritérií dôkazu - podmienka opakovateľnosti, pri rovnakých podmienkach musíme získať vždy rovnaký výsledok. Z listu nie je jasné, koľko vody bolo v miske, aký veľký bol pohár, aká svieca bola použitá...

Každý žiak, resp. skupina žiakov robí pokusy pri konkrétnych podmienkach (rôzne skupiny pri rôznych podmienkach), podmienky môže meniť.

3. Individuálny opis, spoločný rozbor demonštrovaného javu

Zachyťte schematickým obrázkom podstatné charakteristiky sledovaného javu.

Skôr než žiaci vyslovia hypotézy a začnú ich overovať, mali by vykonať rozbor skúmaného javu, uvedomiť si podstatné momenty. Vhodným východiskom rozboru sú nákresy žiakov doplnené o slovný opis priebehu demonštrácie. (Podklad pre učiteľa je uvedený v kapitole VI.2.4.)

Učiteľ by mal upriamiť pozornosť žiakov na uvedomenie si rozhrania medzi „vonkajším“ a „vnútorným“ prostredím. Vnútorný priestor nie je uzavretý, dochádza k tepelnej výmene s okolím (prostredníctvom vody, prostredníctvom stien nádoby) i k prechodu látky (pohybu kvapaliny netesným rozhraním medzi pohárom a dnom misky). Z hľadiska mechaniky tekutín možno celú sústavu vnímať ako spojené nádoby. Aby dochádzalo k pohybu kvapaliny rozhraním, musí byť tlak na úrovni rozhrania vo vnútornom a vonkajšom prostredí rôzny.

Podklady k rozboru prebiehajúcich procesov sú uvedené v kapitole VI.2.5.

4. Vyslovenie hypotéz o príčinách zmien tlaku v pohári, ich overenie, dôsledné pozorovanie jednotlivých fáz procesu.

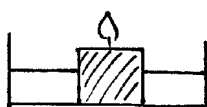
Čo mohlo v sledovanom prípade vyvolať rozdiel tlakov v kvapaline na úrovni rozhrania?

Podstatná je zmena tlaku uzavretého vzduchu. Zo stavovej rovnice ideálneho plynu ($p \cdot V = N \cdot k \cdot T$) možno usúdiť, že zmenu tlaku možno vyvolať zmenou objemu uzavretého plynu, zmenou počtu častíc plynu alebo zmenou teploty plynu.

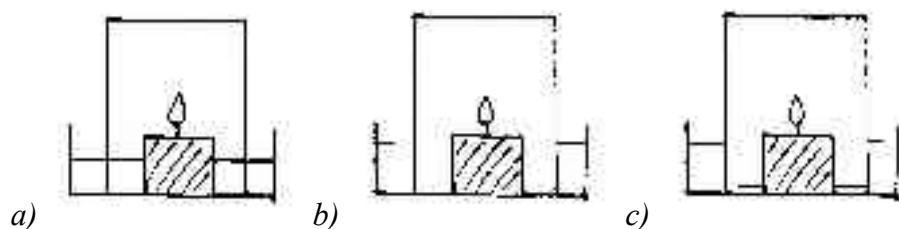
Vystúpenie kvapaliny do pohára už počas horenia sviečky je dôkazom vplyvu chemickej reakcie. Uskutočnenie obmeny demonštrácie s vylúčením chemickej reakcie (kapitola VI.2.6) je dôkazom vplyvu zmeny teploty uzavretého vzduchu.

Na hodinách chémie je vhodné súbežne rozobrať frakčnú destiláciu vzduchu ako spôsob oddelenia jednotlivých zložiek vzduchu.

VI.2.4 Schematický náčrt priebehu demonštrácie

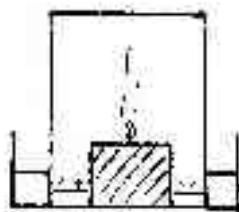


Obrázok 9. V miske s vodou je umiestnená horiaca sviečka



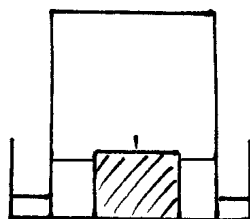
Obrázok 10. Horiacu sviečku prikryjeme pohárom otočeným hore dnom

Žiaci často nezachytia správne začiatkové výšky vodných hladín vo vnútornom a vonkajšom priestore. Obrázok 10.a zachytáva situáciu, kedy žiaci zanedbávajú prítomnosť a vplyv vzduchu uzavretého v pohári. Obrázok 10 b zachytáva situáciu, kedy žiaci vnímajú vzduch uzavretý v pohári, zanedbávajú však jeho stlačiteľnosť, resp. zanedbávajú tenkú vrstvičku vody, ktorá síce nemusí byť dobre viditeľná, pre priebeh demonštrácie má však podstatný význam. (Jej výška závisí od výšky vodnej hladiny vo vonkajšom priestore a od veľkosti vnútorného objemu pohára.)



Obrázok 11. Sviečka pohasína, v pohári stúpa voda.

Fázu zachytenú na obrázku 11. žiaci väčšinou hneď nepostrehnú. V štádiu prvého rozboru demonstrácie ju možno vynechať. Skutočnosť, že hladina kvapaliny v pohári stúpa už počas horenia sviečky, má však rozhodujúci význam pre uvedomenie si vplyvu chemickej reakcie na zmenu tlaku vzduchu uzavretého v pohári. Preto považujeme za dôležité na túto fázu procesu upozorniť najneskôr pri overovaní hypotéz príčin zmeny tlaku vzduchu uzavretého v pohári.



Obrázok 12. Po zhasnutí sviečky voda v pohári vystúpila na maximum a ďalej už nestúpa.

V záverečnej fáze možno pozorovať v niektorých prípadoch vyplávanie sviečky (ak použijeme čajovú sviečku, resp. nižšiu sviečku a voda vystúpi do takej výšky, kedy už vztlaková sila vody prekoná tiaž sviečky - hustota parafínu je $870-930 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Prípadné vyplávanie sviečky však nie je pre vysvetlenie skúmaného javu podstatné.

Vyplávaniu sviečky možno zabrániť zaťažením dolnej časti sviečky napríklad pripináčikom.

VI.2.5 Analýza javu

Sústava pozostáva z nádoby s vodou, v ktorej je umiestnená sviečka prikrytá pohárom otočeným hore dnom. Možno ju rozdeliť na dve časti – vnútro pohára a voľné okolie. Rozhraním týchto dvoch prostredí je pohár a tenká vrstva vody vyplňajúca priestor medzi okrajom pohára a miskou. Vrstvička vody predstavuje netesnú hranicu, ktorou môže prechádzať voda smerom von z pohára alebo smerom dnu. Sústavu možno vnímať ako spojené nádoby.

Po zapálení sviečky dochádza k exotermickej chemickej reakcii. Po prikrytí sviečky pohárom sa pôvodne atmosférický tlak uzavretého vzduchu mení vplyvom prebiehajúcich chemických reakcií, ako aj vplyvom teplotných zmien.

Na úrovni dna vodorovne položenej misky je vnútri pohára tlak rovný súčtu hydrostatického tlaku zodpovedajúceho stĺpcu kvapaliny uzavretej v pohári p_1' a tlaku uzavretého vzduchu p_2' :

(kde h_1' je výška vodnej hladiny vnútri pohára).

V kvapaline mimo pohára je na úrovni dna tlak rovný súčtu hydrostatického tlaku zodpovedajúceho stĺpcu kvapaliny mimo pohára p_1 a atmosférického tlaku vzduchu p_a :

(kde h_1 je výška vodnej hladiny v miske, mimo pohára).

Rozdiel tlakov na úrovni dna vnútri pohára a vo vonkajšej časti sústavy je príčinou vzniku tlakových síl, ktoré vyvolávajú prúdenie kvapaliny. Rozdiel tlakov môže byť vyvolaný zmenou teploty uzavretého plynu alebo zmenou počtu častíc plynu uzavretého v pohári.

Vplyv teplotných zmien

1) Horenie vosku je exotermickou reakciou. Počas horenia sa okolitý vzduch ohrieva a rozpína. Ak je horiaca sviečka uzavretá pohárom, zväčšuje sa tlak uzavretého vzduchu. Táto fáza sa navonok môže prejaviť prvotným poklesom hladiny vody v pohári alebo dokonca uniknutím časti uzavretého vzduchu (ak použijeme pohár s nerovným okrajom alebo ak ho kladieme do vody šikmo, môžeme sledovať unikajúce bublinky vzduchu).

Keďže pohárom uzatvárame už ohriaty vzduch, nie je uniknutie vzduchovej bubliny v prvej fáze pre výsledný nárast výšky hladiny vody v pohári nevyhnutné.

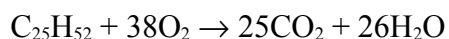
2) Po zhasnutí sviečky dochádza naďalej k tepelnej výmene s okolím a zahriaty vzduch začne chladnúť. Tým sa znižuje jeho tlak.

V prvej fáze (ohrievanie vzduchu) smeruje výsledná tlaková sila pôsobiaca na kvapalinu v mieste rozhrania von z pohára, v druhej fáze (ochladzovanie) smeruje dnu. Rozdiel vnútornej a vonkajšej tlakovej sily sa postupne znižuje (znižuje sa rozdiel tlakov), preto sa spomaľuje aj narastanie rozdielu výšky hladín.

Dôkazom vplyvu teplotných zmien na zmenu tlaku uzavretého plynu je demonštrácia s vylúčením chemického vplyvu - polozenie horúceho pohára hore dnom do misky s vodou.

Vplyv chemickej reakcie

Vplyvom prebiehajúcej chemickej reakcie môže vo vnútornom priestore dochádzať k zmene počtu plynných častíc. Ak predpokladáme, že sviečka pozostáva z parafínu $C_{25}H_{52}$, potom proces spaľovania možno vyjadriť rovnicou [100]:



Je to exotermická reakcia, ktorej produkty sú v plynnom skupenstve. Oxid uhličitý sa môže ďalej rozpúšťať vo vode, vodná para môže na chladnejších stenách nádoby kondenzovať. Teoreticky teda môžu nastať nasledujúce situácie:

1. Ak sa všetok O_2 zmení na CO_2 a H_2O a oba produkty zostanú v plynnom skupenstve (38 molekúl plynu \rightarrow 51 molekúl plynu), tlak uzavretého vzduchu sa vplyvom chemickej reakcie zvýši, výsledná hladina vody by mala byť nižšie ako na začiatku.

2. Ak sa všetok O_2 zmení na CO_2 a H_2O a CO_2 sa rýchlo rozpustí vo vode, ale H_2O zostane v plynnom skupenstve (38 molekúl plynu \rightarrow 26 molekúl plynu), tlak uzavretého vzduchu sa vplyvom chemickej reakcie zníži, hladina vody by mala stúpnuť nad pôvodnú hladinu.
3. Ak sa všetok O_2 zmení na CO_2 a H_2O a ak sa CO_2 rýchlo rozpustí vo vode a H_2O rýchlo skondenzuje (38 molekúl plynu \rightarrow 0 molekúl plynu), tlak uzavretého vzduchu sa vplyvom chemickej reakcie zníži, hladina vody by mala stúpnuť nad začiatočnú úroveň.
4. Ak sa všetok O_2 zmení na CO_2 a H_2O a CO_2 zostane v plynnom stave, ale všetka H_2O rýchlo skondenzuje (38 molekúl plynu \rightarrow 25 molekúl plynu), tlak uzavretého vzduchu sa vplyvom chemickej reakcie zníži, hladina vody by mala stúpnuť nad začiatočnú úroveň (menej ako v prípade 3.).

Birk a Lawson umiestnili počas experimentu pod pohár so sviečkou aj živú myš. Skutočnosť, že aj po dohorení sviečky bola myš rovnako energická ako na začiatku experimentu dokázala, že pri horení nedochádza k úplnému spotrebovaniu kyslíka [102]. Ak spaľovanie kyslíka nie je úplné, zmena úrovne hladiny v jednotlivých vyššie uvedených prípadoch je menej výrazná. Po zhasnutí sviečky sa na vnútornej strane pohára objavia kvapôčky vody, čo znamená kondenzáciu vodných pár. Prvé dve uvažované situácie teda môžeme zamietnuť. Ak namiesto vody použijeme vápennú vodu (vodný roztok vápenného hydrátu $Ca(OH)_2$), vzniknutý biely prášok uhličitanu vápenatého $CaCO_3$ bude indikovať rozpúšťanie CO_2 [104].

Na základe uvedených experimentov možno teda usúdiť, že pri horení parafínu vzniká voda, ktorá pomerne rýchlo kondenzuje a oxid uhličitý, ktorý sa rozpúšťa vo vode. Vplyvom tejto chemickej reakcie dochádza k zníženiu tlaku uzavretého vzduchu. K rozpúšťaniu oxidu uhličitého vo vode dochádza ešte aj po vyhasnutí sviečky.

Dôkazom vplyvu chemickej reakcie na zmenu tlaku uzavretého plynu je mierne stúpanie vodnej hladiny už počas horenia sviečky (kedy ešte nemôže byť pokles tlaku spôsobený poklesom teploty).

VI.2.6 Návrh obmien kľúčovej demonštrácie a doplňujúcich demonštrácií

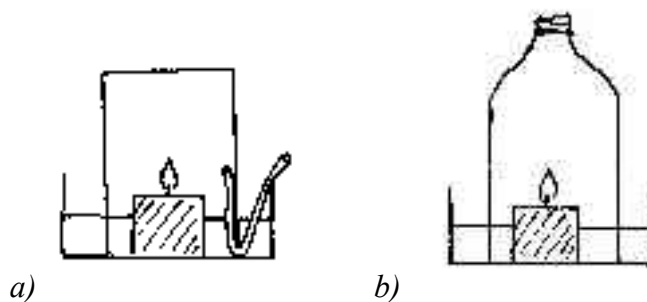
Obmeny kľúčovej demonštrácie

1. Vplyv chemickej reakcie možno vylúčiť, ak do nádoby s vodou položíme nahriaty pohár otočený hore dnom. Demonštrácie v tomto prevedení umožňuje objasniť spojitosť medzi zmenou teploty uzavretého vzduchu a zmenou jeho tlaku.

Pohár možno nahrievať nad plameňom alebo vypláchnutím v horúcej vode.

2. Začiatočnú teplotu uzatváraného vzduchu možno čiastočne meniť podržaním pohára nad horiacou sviečkou. Dodatočné ochladenie uzavretého vzduchu možno dosiahnuť vložení celej sústavy na chladnejšie miesto (v zime k otvorenému oknu), prípadne pomocou vrečka s ľadom, ktoré položíme na pohár.
3. Ak chceme porovnávať konečný rozdiel výšok vodných hladín vo vnútornom a vonkajšom prostredí v jednotlivých prípadoch (použitie vyššej, nižšej sviečky, použitie „pohárov“ rôznej veľkosti, ...) je výhodné zabezpečiť na začiatku pokusu rovnakú výšku hladín vo vnútornom a vonkajšom prostredí.

Možno to dosiahnuť pomocou hadičky, ktorú vložíme do pohára pri jeho kladení do nádoby s vodou a hneď po vyrovnaní hladín ju spod pohára vytiahneme (obr.13.). Inou možnosťou je použiť odrezanú plastovú fľašu - horiacu sviečku uzavrieme otvorenou plastovou fľašou, ktorú vzápätí uzavrieme. (Pozor, fľaša musí byť dostatočne vysoká, aby ju plameň sviečky neprepálil.)



Obrázok 13. Spôsoby vyrovnania vodných hladín na začiatku experimentu.

4. Ak bude v miske „málo“ vody, do pohára sa môže dostať otvormi popod okraj pohára vzduch z okolia, prípadne sa v pohári udrží podtlak a nádoba sa k poháru prisaje.

Návrh doplňujúcich demonštrácií

1. Experimentovanie so spojenými nádobami - otvorená U-trubica – dolievanie vody na jednu stranu, resp dvíhanie jedného ramena na úkor druhého, použitie rôznych druhov kvapaliny, sledovanie prúdenia kvapaliny, skúmanie jeho príčin (kvapalina sa pohybuje, kým sa tlak na dne určený jedným stĺpcom nevyrovná s tlakom určeným druhým stĺpcom kvapaliny (príspevok atmosférického tlaku je na oboch stranách rovnaký)).
2. Fľaše z rôznych materiálov s rôznym objemom uzavrieme balónom a ponoríme do teplej vody – demonštrácia závislosti tlaku uzavretého plynu od jeho teploty (sledovanie vplyvu začiatočného objemu uzavretého vzduchu, a vplyvu rôznych materiálov na rýchlosť tepelnej výmeny - ako rýchlo sa balón nafúkne).

Záver

Výsledky dizertačnej práce

Projekt neformálneho vzdelávania

Bola vytvorená pôvodná metodika projektu neformálneho vzdelávania „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“. Záznamy z troch ročníkov prehliadok vlastných žiackych pokusov slúžili ako zdroj údajov pre orientačný výskum zameraný na identifikáciu prístupov žiakov základných škôl k jednoduchým fyzikálnym experimentom a na identifikáciu žiackych predkonceptí a miskonceptí.

Na základe získaných skúseností sa domnievame, že neformálne projekty tohto typu sú pre žiakov vhodnou prípravou na riešenie projektových úloh vo vyučovaní. Projekt „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ je príkladom otvorenia sa školy žiakovi – jeho záujmom a schopnostiam; a prostredníctvom verejných výstaviek aj príkladom otvorenia sa školy rodičom a širšej verejnosti.

Vytvorená bola zbierka námetov jednoduchých fyzikálnych experimentov, ktoré môžu byť nielen oživením vyučovania a motiváciou, ale pri vhodnom metodickom spracovaní aj prostriedkom aktívnej konštrukcie poznatkov. Viaceré z experimentov je možné rozpracovať ako námety na projektové úlohy primerané schopnostiam a záujmom žiakov.

Orientačný výskum

Do orientačného výskumu boli zaradené záznamy 441 demonštrácií fyzikálnych javov, ktoré spolu predviedlo 314 žiakov piateho až deviatego ročníka jedenástich základných škôl a prímý až kvarty dvoch osemročných gymnázií.

Najväčší záujem žiaci prejavili o javy spadajúce do oblasti mechanických vlastností kvapalín a plynov (36,7%), ďalšími najprezentovanejšími oblasťami boli javy spadajúce pod tematický celok „Pohyb a sila“ (17,0%) a „Elektromagnetické javy“ (16,8%). Zastúpenie javov, s ktorými sa už žiaci na vyučovaní fyziky stretli a zatiaľ nepreberaných javov, bolo porovnateľné (57,8%, resp. 42,2%).

Žiaci väčšinou predviedli len jednu demonštráciu vybraného javu (94,6%). Nikto zo žiakov nepoukázal na dôvody, ktoré ho viedli k výberu konkrétnej demonštrácie a k jej konkrétnej realizácii, nikto vo svojom komentári nezhodnotil výhody, resp. nevýhody konkrétneho prevedenia. Na praktické využitie demonštrovaného javu upozornili žiaci len v 14,3% prípadov. Aj v prípadoch, keď žiaci predvádzali komplexné demonštrácie, v ktorých bolo možno sledovať viacero javov súčasne, vo svojich komentároch sa sústredili výlučne na jeden

čiasťkový jav. Najmladší účastníci orientačného výskumu (piataci) sa prevažne uspokojili s opisom pozorovaného javu, prípadné vysvetlenia boli často intuitívne, žiaci používali bežný hovorový jazyk. V šiestom a siedmom ročníku bol zaznamenaný výrazný nárast počtu pokusov o podanie vysvetlenia demonštrovaného javu, v ôsmom a deviatom ročníku bol zaznamenaný opätovný pokles. Vzhľadom na nízky počet respondentov z ôsmych a deviatych ročníkov, však nie je možné toto zistenie zovšeobecniť, žiadalo by sa uskutočniť výskum na väčšej vzorke zameraný na overenie zaznamenaného trendu a odhalenie jeho príčiny.

Orientačný výskum preukázal nielen možnosť predkonceptí a miskoncepcií žiakov prostredníctvom projektov typu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“, ale najmä potrebu takéhoto zisťovania. Pre získanie ucelenejšieho obrazu umožňujúceho dedukovať aj na korene miskoncepcií by bolo potrebné okrem záznamu žiackych komentárov uskutočniť s každým žiakom aj hlbšie interview.

Výsledky orientačného výskumu korešpondujú s výsledkami zahraničných výskumov, ktoré upozorňujú na nesprávne chápanie pojmov tlak a tlaková sila, na ich zamieňanie. Žiaci často:

- nerozlišujú tlak ako veličinu popisujúcu stav a silu ako veličinu popisujúcu interakciu;
- nemajú jasnú predstavu čím je tlak v kvapalinách a plynch spôsobený a čo môže vyvolať jeho zmenu;
- nesprávne chápu pojem atmosférický tlak –používajú ho na označenie akéhokoľvek tlaku vzduchu;
- zamieňajú si pojmy tlak a pretlak, uniká im relatívnosť pojmov pretlak, podtlak, ich súvzťažnosť;
- nesprávne chápu Pascalov zákon – chápu ho izolovane, nespájajú ho so súčasným nárastom hydrostatického tlaku s hĺbkou
- nechápu význam Archimedovho zákona, za dôkaz jeho platnosti považujú aj samotnú demonštráciu existencie vztlakovej sily bez zmienky o jej veľkosti a tiež, že nevnímajú pôvod vztlakovej sily v gravitačnom pôsobení.

Prvé výsledky získané v rámci orientačného výskumu boli prezentované na medzinárodnej konferencii „Tvoriivosť vo fyzikálnom vzdelávaní“ [105] a v príspevku [106], na základe ktorého som bola vybraná medzi účastníkov letnej školy pre postgraduálnych študentov organizovanej Európskou asociáciou pre výskum prírodovedného vzdelávania ESERA.

Výskum zameraný na komplexnosť prístupov k jednoduchým experimentom

Na základe zistení orientačného výskumu bol ďalší výskum zameraný na identifikáciu konceptných a prístupových problémov žiakov pri opise a vysvetlení reálnych demonštrácií z oblasti mechaniky kvapalín a plynov. Vzhľadom na cieľ výskumu nebola zvolená veľká početnosť respondentov, dôraz však bol kladený na zastúpenie respondentov s rôznym zázemím v oblasti absolvovaného fyzikálneho vzdelávania. Do výskumu boli zaradení žiaci siedmeho a deviatego ročníka základnej školy, prvého a druhého ročníka gymnázia a štvrtého ročníka vysokoškolského štúdia odboru učiteľstvo matematika - fyzika.

Výsledky výskumu poukazujú na relatívne nízku schopnosť žiakov a študentov zaznamenať vlastné pozorovanie procesov a všeobecne nízku schopnosť samostatného aktívneho poznávania prostredníctvom experimentovania. Z analýzy vysvetlení pozorovaných javov vyplýva, že ani jeden z respondentov nespravil dostatočnú úvodnú analýzu problému. Pozornosť respondentov sa sústredila na konečný stav bez uváženia:

- východiskového stavu – začiatkových podmienok;
- postupnosti jednotlivých krokov - fáz procesu

V prípade súbežne prebiehajúcich procesov si respondenti všímali len jeden z nich. Preto ani pokus o vysvetlenie nemohol byť úspešný.

Na základe uskutočnených pracovných seminárov s učiteľmi z praxe sa domnievame, že zaznamenané prístupové ťažkosti, ako aj ťažkosti s chápaním a používaním základných fyzikálnych pojmov spočívajú v zaužívanej školskej praxi - v často iba verbálnom zavádzaní pojmov v modelových situáciách bez dostatočného „prežitia“ ich prejavov v reálnych situáciách, ako aj v zanedbávaní rozvoja schopností žiakov samostatne navrhovať, realizovať, pozorovať, opísať a vysvetliť reálne procesy.

Zistenia orientačného a ďalšieho výskumu sme aplikovali v konkrétnom návrhu vyučovacích hodín vychádzajúcich z demonštrácií použitých vo výskume. Ukážky obsahujúce návrh predvedenia demonštrácie, zadanie úlohy, návrh obmien kľúčovej demonštrácie a dopĺňujúcich pokusov, teoretickú analýzu prebiehajúcich javov a riešenia, ku ktorým môžu žiaci dospieť, sú metodicky spracované na úrovni siedmeho ročníka základnej školy a druhého ročníka gymnázia.

Skúsenosti z projektu neformálneho vzdelávania, ako aj zistenia orientačného a ďalšieho výskumu sú využívané aj pri príprave vzdelávacích výstav, vzdelávacích a metodických

materiálov SCHOLA LUDUS, pri príprave programov pre školy a pracovných seminárov pre študentov i učiteľov z praxe.

Problémy žiakov pri chápaní základných pojmov mechaniky tekutín a predbežné výsledky výskumu zameraného na zistenie prístupu žiakov a študentov k jednoduchým reálnym experimentom boli prezentované v príspevku [107], ktorý bol vybraný na ústnu prezentáciu vo vzdelávacej sekcii 11-tej generálnej konferencie Európskej fyzikálnej spoločnosti.

Návrh konkrétneho vzdelávacieho postupu

Zistenia orientačného a ďalšieho výskumu sme aplikovali v konkrétnom návrhu vyučovacích hodín vychádzajúcich z demonštrácií použitých vo výskume. S ohľadom na fyzikálny obsah demonštrácií a súčasné učebné osnovy fyziky pre základnú školu a gymnázium sme ukážky obsahujúce návrh predvedenia demonštrácie, otázok a zadaní úloh, obmien kľúčovej demonštrácie a doplnujúcich pokusov, teoretickú analýzu prebiehajúcich javov a riešenia, ku ktorým môžu žiaci dospieť, metodicky spracovali na úrovni siedmeho ročníka základnej školy a druhého ročníka gymnázia.

Záver pre uplatnenie zistení v pedagogickej praxi a pre ďalší výskum

Počas výskumu boli zistené nedostatky týkajúce sa:

a) operačných prístupov žiakov, najmä:

- nízka schopnosť zaznamenať vlastné pozorovanie fyzikálnych javov;
- sústredenie pozornosti len na konečný stav, nie na prebiehajúce procesy;
- sústredenie pozornosti len na jeden čiastkový jav;
- neregistrovanie podmienok, za ktorých jav nastáva;
- nízka schopnosť samostatného empirického poznávania;
- chýbajúca úvodná analýza problému;
- pri sledovaní vplyvov začiatkových podmienok na priebeh javu náhodná zmena viacerých podmienok súčasne;

b) chápania a používania fyzikálnych pojmov, najmä:

- časté pretrvávajúce predkonceptie aj po preberaní predmetnej oblasti fyziky v škole;
- používanie fyzikálnych pojmov bez ich skutočného porozumenia, vznik miskoncepcií, v oblasti mechaniky tekutín predovšetkým:
 - prelínanie pojmov tlak a tlaková sila;

- zamieňanie pojmov tlak a pretlak, používanie pojmu vzduchoprázdno namiesto pojmu podtlak, neuvedomovanie si relatívnosti pojmov pretlak a podtlak;
- izolované chápanie Pascalovho zákona a závislosti veľkosti hydrostatického tlaku od hĺbky;
- neporozumenie príčinám pohybu tekutín.

Na základe výsledkov výskumu považujeme za žiaduce

a) vo vyučovaní:

- akceptovať názory žiakov ako východisko vzdelávacieho procesu;
- presunúť dôraz na aktívnu konštrukciu poznatkov žiakmi;
- klásť väčší dôraz na rozvoj poznávacích metód a komunikačných schopností žiakov;
- poskytnúť žiakom dostatok bezprostrednej osobnej skúsenosti, aby sami cítili potrebu zavedenia nových pojmov v záujme spresnenia vyjadrovania, hlbšieho pochopenia pozorovaných javov;
- využívať metódy neformálneho vzdelávania – hru, živé modely, vedecké divadielka, prácu na projektoch,...

Žiaci sú k týmto zmenám otvorení. Preto je rozhodujúce zmeniť prístupy učiteľov, poskytnúť im možnosť vlastného prežitia vzdelávania postaveného na vyššie uvedených zásadách a ponúknuť im zbierku metodicky spracovaných námetov na vyučovanie.

b) v oblasti pedagogického výskumu:

- uskutočňovať systematický výskum zameraný na zisťovanie predkonceptí a miskonceptí žiakov v jednotlivých oblastiach školskej fyziky tak, aby mohli byť poskytnuté učiteľom ako pomôcka pri plánovaní pedagogického procesu;
- vytvoriť databázu najčastejších žiackych predkonceptí a miskonceptí v jednotlivých oblastiach školskej fyziky doplnenú o alternatívne návrhy vyučovacích postupov umožňujúcich ich prekonanie;

Účinnou a relatívne rýchlou metódou na zisťovania aktuálnych žiackych predstáv použiteľnou učiteľom priamo na vyučovacej hodine sa javí „paralelná metóda“ [81, 108] rozvíjaná aj na základe výsledkov dosiahnutých v predloženej práci.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Oppenheimer, F.: The Practical and Sentimental Fruits of Science, The Exploratorium, Special Issue, March 1985, San Francisco: The Exploratorium, 1985, p. 26
- [2] Physics on Stage - a joint programme by CERN, ESA and ESO for the European Week for Science and Technology 2000, Project description, November 1999
- [3] Gregory, R.L.: Turning minds on to science by hands-on exploration: the nature and potential of the hands-on medium; In: Sharing Science – Issues in the development of Interactive Science and Technology Centres, London: The Nuffield Foundation, 1989, pp. 1–9
- [4] A Memorandum on lifelong learning, Commission staff working paper, Commission of the European Communities, SOC/COM/00/075, SEC (2000) 1832, Brussels, 30.10.2000
- [5] Final Report of UNESCO International Forum on Scientific and Technological Literacy for All, Paris, 5-10 July 1993
- [6] Salmi, H: Science centre education, Research report 119, Department of Teacher Education, Helsinki: University Helsinki, 1993, pp. 7-8
- [7] Walton, R.: Science Teaching and the Public Understanding of Science, Sheffield: Sheffield Hallam University, 2002
- [8] Morris, Ch.: Importing "hands-on" science into schools: the Light Works van programme, Physics Education, 25, (1990), 263 – 266
- [9] Wellington, J.: Formal and informal learning in science: the role of interactive science centres, Physics education, 25, (1990), 247 – 252
- [10] Teplanová, K. Slovenské centrum vedy pre všetkých, jeho obsah a miesto v systéme environmentálneho vzdelávania, In: Zborník konferencie Stratégia environmentálneho vzdelávania a výchovy na školách Slovenskej republiky a vo svete, Bratislava: Strom života, 1994, s. 141 - 147
- [11] Ďurič, L. - Bratská, M. a kol. Pedagogická psychológia terminologický a výkladový slovník, Bratislava: SPN, 1997
- [12] Pike, G. - Selby, D.: Globální výchova, Praha: Grada, 1994
- [13] Schuller, I.S.: Podiel osobnostnej črty anxiety a impulzivity na štýl učenia, In: Retrospektíva, realita a perspektíva psychológie na Slovensku, Zborník príspevkov VIII. zjazdu slovenských psychológov, Bratislava: Stimul, 1996, s. 403 - 407
- [14] Schuller, I.S. - Sollár, T.: Vekové osobitosti štýlov učenia, In: Zborník príspevkov z konferencie Psychologické dni 2001, Bratislava: STIMUL, 2001, s. 107 - 111
- [15] Drlíková, E. a kol.: Učiteľská psychológia, Bratislava: SPN, 1992
- [16] Hejný, M. a kol.: Teória vyučovania matematiky 2, Bratislava: SPN, 1990
- [17] Nachtigall, D.K.: Basic Elements of a modern Approach to Physics Teachers' Education, Discussion Material for the International Conference on Physics Teachers' Education, 14. – 18.9.1992, Dortmund: Haus Bommerholz, 1992
- [18] Dykstra, D.I. - Boyle C.F. - Monarch, I.A.: Studying conceptual Change in learning physics, Science Education, 1992 (6), pp. 615 - 652

- [19] Stork, H.: Constructivism and STS-Teaching – Two important developments in Science Teaching, 2020 Vision: Science/Technology Education, Ljubljana: The Slovenian Science Foundation & UNESCO, 1996
- [20] Nachtigall, D.: Communicating physics – the affective domain, In: Communicating Physics – Proceedings from the International Conference on Physics education, Duisburg: University of Duisburg, 1986, pp. 22 - 59
- [21] Xiufeng Liu: Structural characteristics of students' conceptions of natural phenomena, In: Research in Science & Technological Education, Abington, 1998, pp 177 - 202
- [22] Matthews, M.: Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science, New York: Routledge, 1994
- [23] Rybár, J.: Úvod do epistemológie Jeana Piageta, Bratislava: IRIS, 1997
- [24] Piaget, J. - Inhelderová, B.: Psychológia dieťaťa, Bratislava: Sofa, 1997
- [25] Fontana, D.: Psychologie ve školní praxi, Praha: Portál, 1997
- [26] Piaget, J: The Essential Piaget: an interpretative reference and guide; edited by H.E.Gruber and J.J.Vonèche, Northvale: Jason Aronson, 1995
- [27] Singule, F.: Americká pragmatická pedagogika, Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1991
- [28] Teplanová, K.: Projekt SCHOLA LUDUS, škola pre našu spoločnú budúcnosť, In: Zborník príspevkov z konferencie J.A.Komenský a slovenská kultúra, Bratislava: Univerzita Komenského, 1993, s.361 - 365
- [29] Janovič, J. - Koubek, V. - Pecen, I.: Vybrané kapitoly z didaktiky fyziky, Bratislava: Univerzita Komenského, 1999
- [30] Kompolt, P. a kol.: Školská pedagogika I. – Vybrané problémy, Bratislava: Univerzita Komenského, 1997
- [31] Vlček, V.: Současné tendence v integrovaném vyučování, Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, 26, 1981, s. 5
- [32] Kapitza, S.P.: Issues in the popularisation of Science, In: International Manifestation on Innovative Approaches in the Public Communication of Science and Technology "Communicating Science in Europe", Amsterdam, October 11-12 1991
- [33] Rogers, C.R. - Freiberg, H.J.: Sloboda učiť sa, Modra: Persona, 1998
- [34] Rojko, M. a kol.: Fyzika kolem nás - Fyzika 1. pro základní a občanskou školu, Praha: Scientia, 1995
- [35] Rojko, M. a kol.: Fyzika kolem nás - Fyzika 2. pro základní a občanskou školu, Praha: Scientia, 1996
- [36] Rojko, M. a kol.: Fyzika kolem nás - Fyzika 3. pro základní a občanskou školu, Praha: Scientia, 1997
- [37] Duenbostl, T. - Mathelitsch, L. - Oudin, T.: Physik erleben 2, Wien: Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, 1997
- [38] Duenbostl, T. - Mathelitsch, L. - Oudin, T.: Physik erleben 3, Wien: Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, 1998
- [39] Duenbostl, T. - Mathelitsch, L. - Oudin, T.: Physik erleben 4, Wien: Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, 1999

- [40] OECD - Changing the Subject - Innovations in Science, Mathematics and Technology Education, Edited by P.Black and J.M.Atkin, London: Routledge, 1996
- [41] Fenclová a kol.: K perspektívám fyzikálního vzdělání v didaktickém systému přírodních věd, Praha: Academia, 1984
- [42] Jurčová, M.: Divergentné a problémové úlohy vo fyzike ako zdroj motivácie k tvorivosti, Šoltésove dni '96, Bratislava: MCMB, 1997, s.12-21
- [43] Vzdělávací program Občanská škola, Praha: Portál, 1996
- [44] Pišút, J.: K cieľom vyučovania fyziky, Zborník z konferencie DIDFYZ '98: "Nové poznatky vo vede a ich transformácia do vyučovania v základných a stredných školách, 7.-10.10.1998, Nitra: UKF 1999, s.11-19
- [45] Pišút, J.: Vyučovanie fyziky z hľadiska "ponuky" a "dopytu", Šoltésove dni 1997, Bratislava: MCMB 1998, s.39-45
- [46] Rosa, V.: Veda, školy, neformálne vzdelávanie – protivníci alebo spojenci?, príspevok prednesený na Seminári „Veda a verejnosť“, Bratislava, 12.10.2000, nepublikované
- [47] Baník, R.: Optimalizácia pri usporiadaní a zaraďovaní nových učebných celkov vo fyzike, In. Zborník z konferencie DIDFYZ '98, Nitra: UKF, 1999, s.11-19
- [48] Pišút, J.: O motivácii pri vyučovaní fyziky, Šoltésove dni '96, Bratislava: MCMB, 1997, s. 22 - 27
- [49] Boohan, R. - Ogborn, J.: Differences, energy and Change: A simple approach through pictures, In Proceedings from the GIREP-ICPE Conference „New ways of teaching physics“, Ljubljana: Board of Education of Slovenia, 1997, pp. 70 - 77
- [50] Teplanová, K.: Filozofia, koncepcia a nový jazyk prírodných vied na príklade výstavy SCHOLA LUDUS: LABYRINT, Zborník z konferencie DIDFYZ'96, Nitra: UKF, 1997, s.177-185
- [51] Ogborn, J.: Energy and Change, London: University of London Institute of Education, 1996
- [52] Hermann, F.: Der Karlsruher Physikkurs 1, 2, 3 – Gesamtband für Lehre, Karlsruhe: Universitätsdruckerei Karlsruhe, 1995
- [53] Black, P.: Innovation and change in science education, In Proceedings from the GIREP-ICPE Conference „New ways of teaching physics“, Ljubljana: Board of Education of Slovenia, 1997, pp. 23 - 33
- [54] Young, D.B.: Súčasný trendy v reformných procesoch vyučovania prírodných vied, In. Zborník z konferencie FAST-DISCO, Bratislava: R&D Print, 1997, s.18 - 29
- [55] Lapitková, V.: Projektové úlohy; Fyzikálne listy 6, 2001, 1, s. 4 - 5
- [56] McDermott, L.C.: Physics by Inquiry, New York: John Wiley, 1996
- [57] ATLAS Resources: Scientific Investigation – guidance and resources to support the teaching and assesment of Sc1 at Key Stage 3, Sheffield: Sheffield Hallam University, Centre for Science Education - School of Science, 1992
- [58] Driver, R. - Oldham: In Matthews, M.: Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science, New York: Routledge, 1994, p. 143
- [59] Lapitková, V. - Hvorecký, Ľ.: FAST na Slovensku, Zborník z konferencie SCHOLA LUDUS: Veda a verejnosť, Bratislava: Nadácia SCHOLA LUDUS, 1997, str. 61 - 67

- [60] Pottenger, F.M.: Vývoj projektu FAST, In. Zborník z konferencie FAST-DISCO, 28,-29,10,1996, Častá - Píla, Bratislava: R&D, 1997, s.5 - 17
- [61] Lapitková, V.: Projekt FAST na Slovensku, In. Zborník z konferencie FAST-DISCO, 28,-29,10,1996, Častá - Píla, Bratislava: R&D, 1997, s. 30-41
- [62] UNESCO Sourcebook Out-of-school Science and Technology Education, UNESCO, 1986
- [63] Gregory, R.: Exploring Science with Hands and Eyes, in International Manifestation on Innovative Approaches in the Public Communication of Science and Technology "Communicating Science in Europe", Amsterdam, October 11-12, 1991
- [64] Busquin, Ph.: príhovor na konferencii "Public Awareness of Science and Technology", Brusel, 17. december 2001, http://europa.eu.int/rapid/start/cgi/guesten.ksh?p_action.gettxt=gt&doc=SPEECH/01/635|0|AGED&lg=FR&display=
- [65] ECSITE Newsletters, Spring 1999, Brussels: ECSITE, 1999, p.2
- [66] Teplanová, K.: Rozvaha a libreto k projektu SCHOLA LUDUS – Slovenské centrum vedy pre všetkých, Bratislava: Nadácia SCHOLA LUDUS, 1994
- [67] Wellington, J.: Attitudes before understanding: the contribution of interactive centres to science education, In: Sharing Science – Issues in the development of Interactive Science and Technology Centres, London: The Nuffield Foundation, 1989, pp. 30 - 33
- [68] Russell, I.: Visiting a science centre: what's on offer?, Physics Education, 25, (1990), 258 –262
- [69] Quin, M.: What is hands-on science, and where can I find it?, Physics Education, 25, (1990), 243 – 246
- [70] Israelsson, A.: A bridge between education and the real world, SCHOLA LUDUS Science and the Public - Proceedings of the International Conference, Bratislava: Nadácia SCHOLA LUDUS, 1996, pp. 23-27
- [71] Feher, E. - Rice, K.: Development of Scientific Concepts Through the Use of Interactive Exhibits in a Museum, Curator: The Museum Journal, Vol. 28, California, Walnut Creek: AltaMira Press, 1985, pp. 35-46
- [72] Bosio, S. - Michelini, M.: GEI To Learn By Exploring Ideas In Informal Operative Context, Abstract Book, 1st International Conference of the European Science Education Research Association, Roma: Universita degli Studi „Roma Tre“, 1997
- [73] Walton, R.: Research - time for new directions?, British Interactive Group Newsletter, Summer 1998, p.8
- [74] Oppenheimer, F: Adult Play, The Exploratorium, Special Issue, March 1985, San Francisco: The Exploratorium, 1985, pp. 13 – 14
- [75] Teplanová, K.: Predhovor, In: SCHOLA LUDUS: Veda pre všetkých, zborník z medzinárodného workshopu Communicating Science a medzinárodnej konferencie Science and the Public, Bratislava: Nadácia SCHOLA LUDUS, 1997, s. 13-14
- [76] Teplanová, K.: Rozvíjanie fyzikálnej predstavivosti na základe osobnej skúsenosti, In: Hra a hračka – zborník z odborného seminára, Bratislava: Iuventa, 1999, s.20 – 27
- [77] Ghose, S.: From Hands-on to Minds-on – Creativity in Science Museums, In: Museums of Modern Science, Nobel Symposium 112, USA, Canton: Science History Publications, 2000, pp.117 - 127

- [78] Tulley, A.: Evaluation, fine! But what are we looking for? In: Sharing Science – Issues in the development of Interactive Science and Technology Centres, London: The Nuffield Foundation, 1989, pp. 45 – 48
- [79] Bennett, J.: Beyond Understanding - Curatorship and Access in Science Museum, In: Museums of Modern Science, Nobel Symposium 112, USA, Canton: Science History Publications, 2000, pp. 55 – 60
- [80] Teplanová, K.: Comenius SCHOLA LUDUS in the 21st century, In. Proceedings from the 1st International Conference on Global Research and Education: Inter-Academia, Bratislava: Univerzita Komenského, 2002, pp. 61 - 70
- [81] Teplanová, K.: Paralelná metóda pre učenie, vyučovanie a testovanie, Zborník z konferencie bratislavských učiteľov fyziky Šoltésove dni 2002, Bratislava: MCMB, 2002, s. 55 - 57
- [82] Teplanová, K.: Changing the Key Concepts of Science Communication, In: Delegates Manual of 5th International Conference on Public Communication of Science and technology, Berlin: Freie Universitaet Berlin, 1998, p. 41
- [83] Teplanová, K. - Biznárová, V.: Environmentálna výchova implicitne, Zborník z Národnej konferencie „Stratégia environmentálnej výchovy a vzdelávania na školách”, Bratislava: Strom života, 1995, s. 246-250
- [84] Lapitková, V. - Tomanová, E.: Vzdelávací štandard z fyziky pre základnú školu, In: "Tvorivá práca učiteľa a žiakov", Zborník celoslovenského odborného-metodického seminára metodikov fyziky, Námestovo: OÚ OšaK, 1998, s. 11-16
- [85] Psillos, D. - Kariotoglou, P.: Teaching fluids: intended knowledge and students' actual evolution, International Journal of Science Education 1999, Vol.21, No.1, p. 17-38
- [86] Kariotoglou, P. - Psillos, D.: Pupils' Pressure Models and their Implications for Instructions, Research in Science & Technology Education, 11/1/1993, p.95-108
- [87] Kariotoglou, P. - Koumaras, P.: The concept maps as a tool for comparing pupils' conceptions with concepts of physics: the case of fluids, ESERA Conference, "Science education research in Europe", abstract published In: Abstract Book, 1st International Conference of the European Science Education Research Association, Roma: Università degli Studi „Roma Tre“, 1997
- [88] Špulák, F.: Energie v učebniciach fyziky, In: 13. konferencia slovenských a českých fyzikov – Zborník príspevkov, Zvolen: Slovenská fyzikálna spoločnosť, 1999, s.403-404
- [89] Fassulopoulos, G.: Do the pupils differentiate between density and the amount of the system?, ESERA Conference „Science education research in Europe“, abstract published In: Abstract Book, 1st International Conference of the European Science Education Research Association, Roma: Università degli Studi „Roma Tre“, 1997
- [90] Viiri, J. et al: Is an iron atom made of iron? In: Research in Science Education in Europe, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999, pp. 97-102
- [91] Fischler, H.: Students' Conceptions of Particles and Teaching the Particle Model, ESERA Conference „Science education research in Europe“, abstract published In: Abstract Book, 1st International Conference of the European Science Education Research Association, Roma: Università degli Studi „Roma Tre“, 1997
- [92] Bohuňek, J. a kol: Fyzika pre 7.ročník základnej školy, Bratislava: SPN, 1991

- [93] Macháček, M.: Fyzika pre 7 ročník ZŠ - 2. diel, Bratislava: SPN, 1993
- [94] Kariotogloy, P. - Psillos, D. - Vallasiades, O.: Understanding Pressure: Didactical transpositions and pupils' conceptions, *Physics Education*, 25 (1990), pp. 92 – 96
- [95] Vachek, J. a kol.: Fyzika pre 1. ročník gymnázia, Bratislava: SPN, 1984
- [96] Svoboda, E. a kol.: Fyzika pre 2. ročník gymnázia, Bratislava: SPN, 1985
- [97] Kariotoglou, P. - Koumaras, P. - Psillos, D.: A constructivist approach for teaching fluid phenomena, *Physics Education*, Vol. 28, May 1993, 164 – 169
- [98] Klein, E. - Lukeš, V.: O fyzike trochu inak, Bratislava: Perfekt, 2000
- [99] Belluš, M.: Jednoduché pokusy - Demonstrácia atmosférického tlaku, *Fyzikálne listy* 6, 2001,2, str. 7
- [100] Birk, J.P. - Lawson, A.E.: The Persistence of the Candle-and-Cylinder Misconception, *Journal of Chemical Education*, 76, (1999), 914-916
- [101] 49 ľahkých pokusov, ktoré realizujú malí debrujári od Profesora Scientifixa 4, Bratislava: AMAVET, 1996
- [102] Baník, I.- Baník, R.: Kaleidoskop učiteľa fyziky 7-8, Bratislava: MCMB, 1998, s.192
- [103] Švec, Š. a kol.: Metodológia vied o výchove, Bratislava: IRIS, 1998
- [104] osobná konzultácia s RNDr. M. Morvovou, Oddelenie fyziky životného prostredia, Ústav fyziky FMFI UK, Bratislava
- [105] Teplanová, K. - Biznárová, V.: SCHOLA LUDUS: Think, do, show - Pupils' exhibitions of simple physical demonstrations and pedagogical research, In: Proceedings from International Conference „Creativity in Physics Education“, Budapest: Eotvos Physical society, 1997, pp. 274 - 277
- [106] Biznárová, V.: New approaches in physics education, links between formal and nonformal science education: The project SCHOLA LUDUS: Think, do and show, In: Theory, methodology and results of research in science education - 4th European Science Education Summerschool, Paris: Université D. Diderot, 1999, pp. 92 - 96
- [107] Biznárová, V. - Teplanová, K.: Pupils' and teachers' understanding of physical concepts at simple experiments of mechanics of fluids, In: Abstract book, 11th General Conference of the European Physical Society: “Trends in Physics”, London: EPS, 1999, p.55
- [108] Teplanová K. - Biznárová, V.: Žiacke koncepcie, ich testovanie a využitie v každodennej školskej praxi, In: Zborník z konferencie DIDFYZ 2002 „Inovácia obsahu fyzikálneho vzdelávania“, Nitra: UKF, 2002, s. 327-333

Príloha A

Evaluačný dotazník pre tvorbu exponátov v centrách vedy podľa Tulley

Pôvodný dotazník [1] je určený na hodnotenie exponátu už v štádiu jeho prípravy. Domnievame sa že po miernych úpravách môže slúžiť aj na posudzovanie výberu a pri príprave demonštrácií a experimentov pre školské vyučovanie.

1. Ktorá charakteristika potenciálneho exponátu (experimentu) podľa Vás upúta zrak a záujem verejnosti (žiakov)?

farba__ dôverná známosť__ výzva__
pohyb__ neznámo__ neurčitost'__
veľkosť__ voda__ potešenie zo skúšania__
vyžarovanie svetla__ reflexie (úvahy/odraz)__ iné reakcie
návštevníka__
iné (ktoré?)__

Označte všetky zodpovedajúce možnosti.

V otázkach 2. –6. označte odpoveď na škále od 0 = žiadne po 5 = veľa / veľmi

2. Koľko nových informácií návštevník (žiak) pravdepodobne získa vyskúšaním tohto exponátu (pri realizácii tohto experimentu)?

veľa | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | žiadne

3. Nakol'ko uspokojujúci bude podľa Vás tento exponát (experiment) pre návštevníkov (žiakov)?

veľmi uspokojujúci | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | vôbec neuspokojujúci

4. Myslíte si, že po vyskúšaní tohto exponátu (realizácii experimentu) o ňom povedia návštevníci (žiaci) svojim priateľom?

veľmi pravdepodobne | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | nie

5. Koľko sa návštevník (žiak), ktorý sa s podobným druhom zariadenia (experimentu) ešte nestretol, z neho naučí?

veľa | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | málo

6. Ak návštevník (žiak) vyskúša tento exponát (experiment), s akou pravdepodobnosťou podnikni jeho pozorovanie?

veľmi pravdepodobne |5|4|3|2|1|0| nepravdepodobne

podnieti, aby sa ho dotkol / hral sa s ním / experimentoval – menil podmienky?

veľmi pravdepodobne |5|4|3|2|1|0| nepravdepodobne

využije pri jeho odskúšaní (realizácii) ponúknutý sprievodný text (návod, doplňujúci text)?

veľmi pravdepodobne |5|4|3|2|1|0| nepravdepodobne

ponúkne tvorivé možnosti?

veľmi pravdepodobne |5|4|3|2|1|0| nepravdepodobne

bude vzťahovať súčasnú skúsenosť k minulým skúsenostiam s vedou a technikou?

veľmi pravdepodobne |5|4|3|2|1|0| nepravdepodobne

ho privedie k prepojeniu s inými exponátmi v múzeu (s inými školskými demonštráciami, experimentmi, skúsenosťami zo života)?

veľmi pravdepodobne |5|4|3|2|1|0| nepravdepodobne

7. Ak návštevník (žiak) vyskúša tento exponát, čo sa z neho naučí?

Literatúra:

[1] Tulley, A.: Evaluation, fine! But what are we looing for? In: Sharing Science – Issues in the development of Interactive Science and Technology Centres, London: The Nuffield Foundation, 1989, pp. 45 – 48

Príloha C

Zostrih záznamu prezentácií žiackych fyzikálnych demonštrácií

Na priložených CD nosičoch sú uložené zostrihy všetkých žiackych fyzikálnych demonštrácií zaradených do orientačného výskumu. Videozáznamy boli získané v rámci „Projektu SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“ v rokoch 1997 - 1999 na jedenástich základných školách a dvoch osemročných gymnáziách v Bratislave, Liptovskom Mikuláši, Púchove, Bánovciach nad Bebravou, Oravskom Veselom, Nedožeroch - Brezanych, Beluši a Čároch.

CD 1 obsahuje súbor databaza.xls, ktorý umožňuje rýchlu orientáciu v zaznamenaných demonštráciách. Každý videozáznam je identifikovaný číslom pozostávajúcim z posledného dvojčísla roku, v ktorom bol zaznamenaný a poradového čísla demonštrácie v rámci daného roka. V súbore databaza.xls je okrem prepisu žiackeho komentára uvedený ročník školskej dochádzky žiaka, tematické zaradenie demonštrácie podľa vzdelávacieho štandardu, bližšie zaradenie demonštrácie podľa učebných osnov (formou „ročník / číslo tematického celku“, v prípade demonštrácie nespádajúcej do osnov fyziky na základnej škole je uvedená oblasť fyziky, ktorej sa demonštrovaný jav dotýka) a poznámky obsahujúce zatriedenie demonštrácie podľa nami sledovaných kritérií - demonštrácia alternatívneho predvedenia javu, porovnávanie vlastností materiálov, tvarov telies, upozornenie na praktické využitie demonštrovaného javu, predkoncepce a miskoncepce (ak ich bolo možné identifikovať). Pomocou funkcie „filter“ je možné demonštrácie triediť podľa ľubovoľného z uvedených sledovaných znakov. CD 1 ďalej obsahuje program DivX503Bundle.exe, ktorý je potrebný pre prehrávanie priložených videozáznamov; a videozáznamy demonštrácií z prvého ročníka projektu, tj.97-01.avi až 97-99.avi.

CD2 obsahuje videozáznamy demonštrácií 98-001.avi až 98-112.avi

CD3 obsahuje videozáznamy demonštrácií 98-113.avi až 98-228.avi

CD4 obsahuje videozáznamy demonštrácií 99-001 až 99-090.avi

CD5 obsahuje videozáznamy demonštrácií 99-091.avi až 99-134.avi a záznamy atmosféry výstaviek

Príloha D

Ukážky žiackych fyzikálnych predkonceptí zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“

Ukážky sú tematicky zoradené podľa vzdelávacieho štandardu [1]. Za citátom žiaka je uvedený ročník jeho školskej dochádzky, číslo v zátvorke udáva rok zaznamenania demonštrácie / poradové číslo demonštrácie v prepise videozáznamu.

Sila a pohyb

vznik beztlážového stavu

- „...keďže fľaša ide veľkou rýchlosťou dolu, vzniká tam beztlážový stav, to teliesko malé (visiace vo fľaši na gumičke) ostáva voľne visieť“ - 6. ročník (1998/140)
- „Zdvihneme si plastickú fľašu s vodou asi do výšky 2 metrov a pustíme. Pozorujeme, že voda vystrekla z fľašky. Je to preto, lebo keď fľaška rýchlo padá, tak nadľahčuje sa voda a vystrekne von.“ - 6. ročník (1998/146), pozn. žiak síce povedal „pustíme“, ale fľašu stále držal v ruke, nešlo teda o voľný pád.

V oboch prípadoch žiaci pohybovali fľašou smerom dole, nenechali ju však voľne padať, beztlážový stav skutočne nenastal. Vo svojich komentároch upozornili obaja žiaci na „rýchlosť padania“, zatiaľ nemajú vybudovaný pojem „zrýchlenie“.

-

zákon zachovania hybnosti

- „Keď pustím prvú guľičku, tak na druhej strane sa odrazí posledná guľička, lebo tie sily sa prenášajú a táto posledná guľička už nemá do ktorej udrieť, takže udrie naspäť“ - 7. ročník (1998/91)

Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov

nafúkanie balóna zvýšením teploty uzavretého plynu

- *Keď dám do horúcej vody túto fľašu, na ktorej je balón, tak by sa mal nafúknuť trochu, lebo horúci vzduch stúpa hore.* - 6. ročník (1998/210); túto predstavu žiak mohol získať pod vplyvom informácií o teplovzdušných balónoch; samotné stúpanie teplého vzduchu by pri daných podmienkach gumený balón nenafúklo, pre nafúknutie balóna je rozhodujúca

zmena tlaku vzduchu uzavretého vo fľaši s balónom, ku ktorej dochádza spolu so zmenou jeho teploty.

pokus nafúkať balónik vo fľaši, natiahnutý na jej hrdlo:

- „...*Keď dierky (vyvítané do steny fľaše) zapchám a budem chcieť nafúkať balón, bude sa to dať iba trochu. Keď dierky odopchám, tak sa bude dať nafúknuť veľa balónu. Je to tým, že keď dierky zapchávam, tak vzduch nebude môcť ísť von a balón sa nebude môcť zväčšovať. Ale keď dierky odopchám, tak už vzduch pôjde von.*“ - 3. ročník (1998/174)
- „... *vo fľaši je vzduch a ten nepustí vzduch, ktorý fúknem do balóna*“ - 4. ročník (1997/84)
- „...*fľaša je plná vzduchu... keď sa snažím ten balón vnútri nafúkať, nepodariť sa mi to, pretože ten vzduch nemôže ustúpiť tomu balónu, a teda sa nemôže nafúknuť. Keď k nemu pridám slamku (cez hrdlo fľaše, popri balónu), tak vlastne ten vzduch, ktorý má ustúpiť tomu balónu, vyjde von.*“ - 6. ročník (1998/224)

Vo všetkých troch uvedených príkladoch sa jedná o vysvetlenie javu, s ktorým sa žiaci na vyučovaní dosiaľ nestretli. Žiacke vysvetlenia sú veľmi jednoduché a aj bez použitia pojmov tlak, pretlak, tlaková sila zrozumiteľné.

vtiahnutie uvareného ošúpaného vajíčka položeného na hrdle fľaše, v ktorej horí papier:

- „... *fľaša, v ktorej nie je vzduch, ako keby sa potrebovala nadýchnuť*“ - 6. ročník (1998/159)
- „...*ak hodím zápalku do fľaše a položím vajíčko, zápalka spáli oxid uhličitý vo fľaši, vznikne podtlak a ten vcucne vajíčko dovnútra fľaše.*“ - 6. ročník (1998/208); žiak správne použil pojem podtlak, slovný opis účinku podtlaku ešte vychádza z podobnosti prejavov podtlaku a ťahania (žiak ešte nemá poznatky o vnútornej štruktúre plynov a pôvode tlaku v plynach, na základe ktorých by usúdil, že vajíčko je v skutočnosti vtlačané zvonku). Tento nedostatok vo vyjadrovaní pretrváva aj po prebratí celku Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov v 7. ročníku ZŠ (napr. 1997/69).

automatické napájadlo (fľaša s vodou otočená hore dnom, ponorená hrdlom v miske s vodou):

- „...*nad vodou (vo fľaši otočenej hore dnom) je vzduchoprázdno*“ - 6. ročník (1997/97)

Podobne hovoria o vzniku vzduchoprázdna žiaci aj v prípade, keď klesá tlak uzavretého vzduchu v dôsledku zmenšenia jeho množstva (odsátím vzduchu), 1998/148

fúknutie medzi plastové fľaše, resp. balóny, voľne visiace na nitkách (aerodynamický paradox):

- „... keď fúknem medzi fľaše, odfúknem ten atmosférický vzduch okolo fľaše a tým sa fľaše pritiahnú“ - 6. ročník (1997/90); toto vysvetlenie pripomína Aristotelovskú predstavu strachu prírody z prázdnoty.

Keďže v rámci celku „Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov“ sa žiaci na základnej škole nezaoberajú prúdením tekutín, možno v tomto prípade aj vysvetlenie siedmaka považovať za viac-menej neovplyvnené školskou výučbou:

- „Prúd vzduchu, ktorý pôsobil medzi fľašami, ich pritiahol.“ - 7. ročník (1998/71); žiak pravdepodobne vychádza zo skúsenosti, že predmety sú vťahované do prúdu.

demonštrácie povrchového napätia rozhrania kvapalina – vzduch:

- „... budeme kvapkať do sitka vodu a na dierkach sitka sa spravila vodná blana, ktorá udržuje menšie časti vody“ - 6. ročník (1998/52)
- „V sitku sa voda udrží preto, lebo tam sa vytvárajú také blanočky, ktoré tú vodu držia v tom sitku a keď priložím prst, tak poruším blanku a voda bude tiecť.“ - 6. ročník (1998/173)
- „Budem hádzať mince do pohára a keď sa pozriete, zarovno aby ste mali oči a pohár, tak tam uvidíte malé návršie. Vlastne molekuly vodíku a kyslíku držia tak pokope, že vlastne tá sila sa nepretrhne a preto tam budú vždycky malé návršia.“ - 6. ročník (1998/211)
- „...mydlová bublina sa chce stiahnuť a v tom jej prekáža pevné oko z drôtu. Voľný drôtik ju až tak neobmedzuje a keď sa naskytne príležitosť, blanka ho stiahne so sebou“ - 6. ročník (1998/61)

Žiaci majú zo skúsenosti intuitívnu predstavu o prejavoch povrchového napätia, pri snahe o priblíženie často používajú personifikáciu.

Elektromagnetické javy

domáci elektroskop

- „Keď pravítko triem o vlasy, vyrábam elektrinu, ktorá odpudzuje alobal od pliešku a priťahuje ho hore“ - 4. ročník (1997/95), skúsenostný poznatok, že pri trení sa stávajú

telesá elektricky nabitými (elektrický náboj = elektrina), vplyvom čoho sa môžu odpudzovať (alobal od pliešku ako vlasy od seba) a priťahovať (alobal k plastovému uzáveru ako vlasy k hrebeňu)

magnetické vlastnosti látok

- ... *magnet priťahuje kovové veci, keďže sám je kovový*“ - 5.ročník (1997/1), predkonceptia o pôvode magnetického poľa, žiak ešte prisudzuje magnetické vlastnosti všetkým kovom.

Svetelné javy

„vodná lupa“ (vrstva vody naliata do preliачeného celofánu prichyteného po obvode pohára)

- „... *voda zväčšuje*“ - 5. ročník (1997/3)

Žiak si všíma len zmenu prostredia, ktorým svetlo prechádza, tvar vodnej vrstvy ostáva zatiaľ nepovšimnutý.

Akustika

fúkanie do fľaše čiastočne naplnenej vodou

- „*Tón vzniká trením vzduchu o tú hladinu a o tú fľašu*“ - 7. ročník (1999/2)

Príloha E

Ukážky žiackych fyzikálnych miskoncepcií zaznamenaných v rámci projektu „SCHOLA LUDUS: Mysli, urob, ukáž“

Ukážky sú tematicky zoradené podľa vzdelávacieho štandardu [1]. Za citátom žiaka je uvedený ročník jeho školskej dochádzky, číslo v zátvorke udáva rok zaznamenania demonštrácie / poradové číslo demonštrácie v prepise videozáznamu. Miskoncepcie týkajúce sa mechanických vlastností kvapalín a plynov sú podrobnejšie rozobrané v IV. kapitole.

Sila a pohyb

zákon zotrvačnosti:

- *vajíčko surové a uvarené na tvrdo „...vajička roztočím a v tom istom momente ich zastavím. To vajíčko, ktoré je tekuté sa bude pohybovať, lebo v ňom pôsobí zotrvačnosť.“*
- 7.ročník (1998/18)
- *„Surové vajíčko sa bude točiť ďalej, to varené zastane. Príčinou je, že vo vnútri vajíčka, toho surového, je zotrvačnosť.“* - 7. ročník (1998/86)
- *Keby som to teraz zhasol, tak sa to bude ešte chvíľu húpať, lebo v sviečke je zotrvačnosť“*
- 8. ročník (1998/157)
- *„Keď trhne papierom, pohár ostane na svojom mieste a nevyleje sa. Je to tiež preto, lebo tam pôsobí zotrvačná sila. Keby sme tým pohárom ťahali pomaly, tak tá zotrvačná sila prestane pôsobiť a pohár sa buď posúva s tým papierom alebo sa vyleje.“* - 7. ročník (1998/79); zotrvačnosť sa prejavuje pri každej zmene pohybového stavu, aj pomalej, v uvedenom príklade neprestane pôsobiť „zotrvačná sila“, rozhodujúci je moment prekonania sily statického trenia medzi papierom a pohárom (v učebnici pre 7. ročník ZŠ je zavedený pojem zotrvačnosť, pojem zotrvačná sila sa nepoužíva).

Ani v jednom z uvedených príkladov nie je zotrvačnosť chápaná ako vlastnosť každého telesa.

pohybové zákony:

- *„lodka sa nám pohybuje preto, lebo tlak vzduchu, ktorý bol v balóne nám tlačil na steny vaničky“* - 7. ročník (1998/145); nepochopený zákon akcie a reakcie (je možné, že sa jedná o pretrvávajúcu intuitívnu predstavu); mentálny konflikt u žiaka možno navodiť

ukázaním, že loďka by sa pohybovala aj keby unikajúci vzduch nenarážal na steny vaničky - napr. keby bolo vo vaničke vody až po okraj.

otáčavé účinky sily - kladka, kladkostroj:

- „... voľná kladka - tá by sa musela dať na podklad... Voľná kladka je vlastne kotúč, po obvode ktorého je žliabok, do ktorého sa vkladá lanko. Voľná kladka je založená na páke. Páka je tyč otáčajúca sa okolo pevnej osi. Ak na jednu stranu tyče a na druhú stranu tyče zavesíme rovnaké závažia rovnakej dĺžky od ramena, zistíme, že páka je v rovnováhe... rameno prechádza od stredu kladky dole (ukazuje dĺžku voľného lanka).“ - 9. ročník (1999/10); nepochopená analógia medzi kladkou a pákou, neujasnený pojem „rameno“ v prípade kladky; nejasný rozdiel medzi pevnou a voľnou kladkou

deformačné účinky sily

- „...ihla prerazila mincu preto, že na menšiu plochu styčných plôch tlak pôsobil lepšie“ - 7. ročník (1999/38) zamieňanie pojmov tlak a tlaková sila.

skladanie síl

- „Na guľôčku, ktorá visí na šnúrke, pôsobí gravitačná sila a zotrvačnosť. Keby tam neboli magnety a pustili by sme guľôčku, tak by kmitala a neustále sa kmitanie zmenšovalo. Magnety narušajú gravitačnú silu a zotrvačnosť tej guľôčky a preto guľôčka mení svoj smer.“ - 7. ročník (1998/89); magnety neovplyvňujú gravitačnú silu ani zotrvačnosť, pohyb je určený výslednicou pôsobiacich síl.

Práca, energia, teplo

tepelná vodivosť

- „Blízko od nahriateho miesta je už kov chladný, takže to znamená, že kov dobre odvádza to teplo.“ - 8. ročník (1998/155) - práve preto, že použitý kov je dobrý vodič tepla, teplo sa šíri aj ďalej od nahrievaného miesta a ohrieva sa celá tyčka, naopak papier odvádza teplo pomalšie, preto sa jeho nahrievaný koniec zahreje nad zápalnú teplotu a vzbĺkne

premeny skupenstva látok

- „Tento ľad má teplotu pod 0° . Varič zapneme do električky. Ľad sa zohrieva na teplotu väčšiu ako 0° a stáva sa z neho kvapalina.“ - 9. ročník (1999/12) - ľad nemôže mať teplotu väčšiu ako 0°C , pri tejto teplote sa mení na kvapalinu.

Elektromagnetické javy

Elektrické pole

- „Statická elektrina sa skladá z drobných nábojov, ktoré dokážu hýbať i malými vecami, takže na povrch balóna je možné pritiahnúť papieriky, soľ, múku, ale keďže cukor je ťažký, nie je to možné.“ - 6. ročník (1998/92)
- „Statická elektrina sa vytvorila pomocou elektrických výbojov. Soľ, strúhanka sa pritiahne preto, lebo tam pôsobí na nich elektrický výboj. Ale keď to dám k cukru kryštálovému, tak tie kryštáliky nepritiahne, lebo tam je... menšie sú tam tie elektrické výboje.“ - 6. ročník (1998/171)

Magnetické pole

- „Tento tyčový magnet bol dlhší o takú istú časť, ako je toto (žiak drží v ruke polovicu pôvodného magnetu). A na tej druhej strane bol zase južný pól. Tuto je jadro toho magnetu (žiak ukazuje na kraj, pôvodne stred magnetu). Teraz toto (druhý koniec) má približne severný pól, tuto sa to už blíži k južnému pólu, ale len veľmi slabo.“ - 9. ročník (1999/26)

Elektromagnetické javy

- „Medzi cievkami vznikajú siločiar, ktoré udávajú pomer a dávajú krížok do pohybu, ktorý zaznamenáva na číselníku spotrebu.“ - 8. ročník (1999/93)

Svetelné javy

Lom svetla - vrstva vody naliata do preliačeného igelitu funguje ako lupa

- „... lebo táto vodná hladina láme svetelné lúče do zakriveného priestoru tvaru šošovky.“ - 7. ročník (1997/39) (v školskom roku 1996/97 sa ešte téma Svetelné javy preberala v 7. ročníku základnej školy)
- „Tá voda ten obrázok zdeformuje“ - 7. ročník (1997/51)

Príloha F

Prehľad zavedenia vybraných pojmov mechaniky tekutín v slovenských učebniciach

Uvedené sú definície základných fyzikálnych pojmov z oblasti mechaniky tekutín a ich postupné rozširovanie a precizovanie. Odsadený text predstavuje citáty z učebníc bežne používaných na Slovensku, kurzívou je uvedený komentár.

F.1 Pojmy tekutina, kvapalina, plyn, tuhá látka

Podľa Fyzikálnej terminológie [1] je

tekutina = spoločný názov pre kvapaliny a plyny

kvapalina = látka s veľkou objemovou, ale s takmer žiadnou tvarovou stálosťou

dokonalá / ideálna kvapalina = kvapalina s úplnou objemovou a žiadnou tvarovou stálosťou bez vnútorného trenia

plyn = látka bez objemovej a tvarovej stálosti

dokonalý / ideálny plyn = dokonale stlačiteľný plyn bez vnútorného trenia

(**teleso** = priestorovo vymedzený objekt látkovej povahy)

tuhá látka = látka, z ktorej telesá sa vyznačujú relatívnou objemovou aj tvarovou stálosťou (často sa v rovnakom význame používal termín pevná látka; termínom pevná látka sa označujú látky spĺňajúce technické požiadavky na pevnosť)

3. ročník základnej školy

S pojмами kvapalná, plynná a pevná látka sa žiaci priamo stretávajú prvýkrát na vyučovaní prírodovedy v 3. ročníku základnej školy v celku "Veci okolo nás - Látky a ich vlastnosti" [2].

Drevo, železo, hliník, meď, sklo, papier, textil, guma, koža, vosk sú pevné látky.

Mlieko, ocot, olej, med, šampón, atrament, nafta, benzín sú kvapalné látky. Kvapalné látky sa dajú prelievať.

Vzduch alebo zemný plyn, ktorý sa používa v plynových sporákoch, sú plynné látky.

Učia sa o kolobehu vody v prírode a jej využití v domácnosti; skúšajú, ktoré veci vo vode plávajú a ktoré nie. Spoznávajú tiež, že vzduch má hmotnosť, zaberá určitý objem a je stlačiteľný.

6. ročník základnej školy

V rámci vyučovania fyziky sa prvýkrát s kvapalinami a plynmi stretávajú žiaci v 6. ročníku základných škôl v rámci tematického celku Stavba látok. Cieľom vyučovania tejto časti je mimo iného naučiť žiakov rozlišovať pevné, kvapalné a plynné telesá a látky a charakterizovať časticové zloženie a vlastnosti pevných kryštalických látok, kvapalín a plynov [3].

V učebnici [4] sa žiaci môžu stretnúť s podobným vymedzením pojmov označujúcich skupenské stavy látok, ako v 3. ročníku na hodinách prírodovedy. Podrobnejšie sa oboznámia so základnými vlastnosťami kvapalín a plynov (schopnosť tiecť, voľný povrch kvapaliny, slabá stlačiteľnosť kvapalín, rozpínavosť a stlačiteľnosť plynov) a ich fyzikálnymi príčinami.

Vieme zo skúseností, že kvapalinu, napríklad vodu, môžeme prelievať z jednej nádoby do druhej, nižšie položenej. *(Na vysvetlenie tohto javu sa používa presýpanie krupice ako model prelievania kvapaliny.)*

Kvapalina sa skladá z molekúl, ktoré sa neustále neusporiadane pohybujú. Keď sa kvapalina nachádza v gravitačnom poli Zeme, pôsobí Zem na jednotlivé molekuly smerom dolu gravitačnou silou. Pôsobením tejto sily sa molekuly kvapaliny pohybujú k zemi. Pozorujeme, že kvapalina tečie.

Postavme na dosku stola kadičku a nalejme do nej zafarbenú vodu. Voda sa po chvíli ustáli, utvorí sa **voľný povrch**, rovná hladina kvapalného telesa v kadičke.

Rovina, v ktorej leží voľný povrch, hladina kvapalného telesa nachádzajúceho sa v pokoji, je **vodorovná rovina**.

Kvapalné teleso môžeme rozdeliť na menšie časti, na kvapky, alebo ho rozprášiť na drobné kvapôčky. Každá aj tá najmenšia kvapôčka však obsahuje ešte obrovský počet molekúl.

Molekuly kvapaliny sa totiž navzájom priťahujú, preto držia v kvapke pohromade.

Mnohými pokusmi sa zistilo, že **kvapalné teleso nemožno znateľne stlačiť**.

O plynoch vieme, že vypĺňajú celú nádobu, v ktorej sa nachádzajú, a že sú stlačiteľné. Práve tak ako kvapaliny, sú zložené z molekúl, ktoré sa neustále neusporiadane pohybujú. Vzájomné vzdialenosti molekúl plynu sú však väčšie ako vzdialenosti medzi molekulami kvapaliny. Preto sa molekuly plynu k sebe nepriťahujú. V nádobe sa pohybujú voľne, kým na seba náhodne nenarazia, alebo kým nenarazia na stenu nádoby. Týmto si môžeme vysvetliť **rozpínavosť a stlačiteľnosť plynov**.

Ak chceme utvoriť plynné teleso, musíme plyn uzavrieť do nádoby. Zo skúsenosti vieme, že plyn v nádobe môžeme ľahko stlačiť.

Podobne ako kvapaliny možno prelievať aj plyny z jednej nádoby do druhej.

V celku Meranie teploty telesa sa žiaci ďalej oboznámia so zmenou objemu kvapalných a plynných telies pri zohrievaní alebo ochladzovaní.

Kvapalné teleso má stály objem, dokiaľ sa nezmení jeho teplota.

Objem kvapalných telies sa pri zohrievaní zväčšuje, pri ochladzovaní sa znižuje. Objem kvapalných telies z rôznych látok sa pri zohrievaní telies za rovnakých podmienok zväčšuje rozlične.

Objem plynných telies sa pri ich zohrievaní zväčšuje, pri ochladzovaní znižuje.

V texte alternatívnej učebnice [5] sa pri vymedzení pojmov pevná, kvapalná a plynná látka kladie dôraz na stálosť/nestálosť tvaru a schopnosť vytiecť z nádoby s otvorom hore.

Model lode (*vo fľaši*) má stále rovnaký tvar, aj keď fľašu nakloníte. Je pevný.

Mlieko nemá stále rovnaký tvar. Keď fľašu nakloníte, mlieko svoj tvar zmení. Zo stojacej fľaše však nevytečie, aj keď je fľaša otvorená. Mlieko je kvapalné.

V poslednej nádobe je zelenkavý plyn, ktorý sa volá chlór. Pozor, chlór škodí zdraviu! Nádoba musí byť dobre zatvorená, lebo z každej otvorenej nádoby chlór unikne. Chlór je plynný.”

Ako základná charakteristika kvapalín je uvedená zmena tvaru už pri pôsobení veľmi malej sily, čo umožňuje kvapalinám tiecť. Žiaci sa tiež učia, že tiecť môžu aj plyny, ktoré zaberajú miesto rovnako ako kvapalné a pevné látky. Samostatný článok je venovaný porovnaniu kvapalín a plynov - rozdielu v ich stlačiteľnosti.

V stati o meraní objemu telies sa používa pojem tekutiny, predtým však nie je jasne vymedzené, že sa jedná o pojem zjednocujúci kvapalné a plynné látky.

V rámci tematického celku "O teplote" je venovaná pozornosť teplotnej rozťažnosti kvapalných a plynných látok, žiaci sú upozornení aj na zmenu tlaku plynu uzavretého v nádobe pri zmene teploty.

Keď zahrejeme plyn v uzatvorenej nádobe, tlačí na jej steny väčšími.

7. ročník základnej školy

Vlastnosťami kvapalín a plynov sa žiaci opätovne zaoberajú v 7. ročníku v rámci tematického celku "Mechanické vlastnosti kvapalín", resp. "Mechanické vlastnosti plynov". V ich úvode si pripomínajú učivo zo 6. ročníka [6]. Ako základné vlastnosti kvapalín v gravitačnom poli Zeme sú vypichnuté: tekutosť, prispôsobenie sa / preberanie tvaru nádoby, utvorenie voľnej hladiny, ktorá je v pokoji vodorovná, zachovávanie objemu a ľahká deliteľnosť kvapalín na

menšie časti. Ako základná charakteristika plynov je uvedený ustavičný neusporiadaný pohyb jeho molekúl, väčšia vzájomná vzdialenosť molekúl plynu v porovnaní s molekulami kvapalín, rozpínavosť plynov a ich tekutosť, neexistencia vlastného tvaru a vlastného objemu plynných telies.

1. ročník gymnázia

V prvom ročníku gymnázia [7] je zavedené zjednocujúce označenie kvapalín a plynov názvom **tekutiny**. Ako ich spoločná vlastnosť je zdôraznená ľahká deliteľnosť a skutočnosť, že ani kvapalné ani plynné telesá nemajú vlastný tvar. Podrobnejšie sú opísané vlastnosti kvapalín:

Z molekulovej štruktúry kvapalín vyplývajú tieto najdôležitejšie vlastnosti:

- a) Kvapaliny sú tekuté, nadobúdajú tvar nádoby, do ktorej boli naliate. Na voľnom povrchu utvárajú voľnú hladinu. Voľná hladina kvapaliny v pokoji je kolmá na tiažovú silu.
- b) Príčinou rozdielnej tekutosti kvapalín a odporu proti pohybu a zmene tvaru je **vnútorné trenie** (viskozita) kvapalín.
- c) Kvapaliny sú veľmi málo stlačiteľné.
- d) V kvapalinách, ktoré sú v pokoji, pôsobia tlakové sily kolmo na ľubovoľnú rovnú plochu.
- e) Pri kvapalinách sa vyskytujú **kapilárne javy**.

Pri skúmaní mnohých javov v skutočných kvapalinách môžeme zanedbať niektoré vlastnosti, ktoré nie sú podstatné a utvoriť predstavu kvapaliny s jednoduchými vlastnosťami. Idealizáciou a abstrakciou dostaneme model **ideálnej kvapaliny**. Pri tejto kvapaline zanedbávame molekulovú štruktúru **a považujeme ju za spojitú (kontinuum)**. **Ideálna kvapalina je bez vnútorného trenia, preto je dokonale tekutá; považujeme ju za nestlačiteľnú.**

V ďalšom texte sa venuje pozornosť mechanike kvapalín. Všeobecná platnosť uvádzaných zákonitostí pre tekutiny je explicitne spomenutá len v článku o odpore prostredia a základoch fyziky letu.

2. ročník gymnázia

V druhom ročníku gymnázia sa po základných poznatkoch molekulovej fyziky a termodynamiky študenti oboznamujú so štruktúrou a vlastnosťami jednotlivých

skupenských stavov látky. Zdôraznené sú podobnosti a rozdiely medzi jednotlivými skupenstvami. [8]

V stati o vlastnostiach plynného skupenstva látok je zavedený pojem ideálny plyn.

Pri odvodzovaní zákonov platných pre plyn je často vhodné nahradiť plyn zjednodušeným modelom, ktorý nazývame **ideálny plyn**. O molekulách ideálneho plynu vyslovujeme tri predpoklady:

1. Rozmery molekúl ideálneho plynu sú zanedbateľne malé v porovnaní so strednou vzájomnou vzdialenosťou molekúl.
2. Molekuly ideálneho plynu nepôsobia na seba navzájom príťažlivými silami.
3. Vzájomné zrážky molekúl ideálneho plynu a zrážky týchto molekúl so stenou nádoby sú dokonale pružné.

V ďalšom je zavedený pojem stredná kvadratická rýchlosť, závislosť jej veľkosti od termodynamickkej teploty a je odvodená stavová rovnica ideálneho plynu.

Nasleduje celok o štruktúre a vlastnostiach pevných látok a celok o štruktúre a vlastnostiach kvapalín.

...štruktúra kvapalín je podobná štruktúre amorfných látok. Každá častica kvapaliny kmitá okolo istej rovnovážnej polohy a po veľmi krátkom čase (rádovo 1 ns) zaujme novú rovnovážnu polohu. Keď sa teplota kvapaliny zvyšuje, čas zotrvania molekuly v rovnovážnej polohe sa znižuje.

Zmena rovnovážnych polôh molekúl kvapaliny nastáva v dôsledku náhodných zmien kinetickej energie molekúl.

Kvapaliny sa na rozdiel od plynov vyznačujú malými vzájomnými vzdialenosťami medzi molekulami; tieto vzdialenosti sú približne rovnaké ako v pevných látkach. Preto molekuly kvapaliny pôsobia na seba navzájom veľkými príťažlivými silami. Tieto sily majú vplyv na vlastnosti kvapaliny, najmä na vlastnosti jej povrchovej vrstvy.

Ďalej je vysvetlený dôvod vzniku a vlastnosti povrchovej vrstvy kvapaliny, zavedený je pojem povrchové napätie. Žiaci sa oboznamujú s javmi na rozhraní pevného telesa a kvapaliny - o príčinách kapilárnej elevácie a depresie a s teplotnou objemovou rozťažnosťou kvapalín.

F.2 Pojem tlak

Podľa Fyzikálnej terminológie [1]

tlak = normálové napätie smerujúce dovnútra telesa;

tlak v tekutine = podiel sily pôsojacej v tekutine kolmo na uvažovanú plochu a obsahu tejto plochy; (*návod na výpočet veľkosti tlaku*)

statický tlak tekutiny = tlak v tekutine na ploche, ktorá je vzhľadom na tekutinu v pokoji;

tlak hydrostatický = časť statického tlaku kvapaliny spôsobená účinkom silového (napr. tiažového) poľa na tekutinu;

vonkajší tlak = časť statického tlaku tekutiny spôsobená vonkajšími silami;

hydrodynamický tlak = tlak v prúdiacej tekutine;

tlak plynu = podiel sily, ktorá pôsobí v plyne kolmo na uvažovanú plochu a obsahu tejto plochy;

atmosférický tlak = tlak vzdušného obalu Zeme;

pretlak = rozdiel tlaku plynu v uzavretom objeme a vonkajšieho tlaku (*je zamlčaný predpoklad, že v nádobe s uzavretým objemom je väčší tlak ako vonkajší*);

podtlak = rozdiel vonkajšieho tlaku a tlaku plynu v uzavretom objeme (*je zamlčaný predpoklad, že v nádobe s uzavretým objemom je menší tlak ako vonkajší*).

Tlak nie je jasne prezentovaný ako veličina charakterizujúca stav látky v danom bode.

7. ročník základnej školy

S pojmom tlak sa žiaci na Slovensku, podobne ako vo väčšine krajín stretávajú po prvýkrát v súvislosti so skúmaním deformačných účinkov sily. Cieľom vyučovania tematického celku "Deformačné účinky sily" v 7. ročníku ZŠ [3] je okrem zavedenia pojmu tlaková sila, naučiť žiakov:

- vysvetliť závislosť veľkosti tlaku od veľkosti pôsobiacej sily a plochy
- aplikovať vzťah pre výpočet tlaku pri riešení úloh
- používať jednotky tlaku

V súlade s týmito cieľmi je v učebnici [6] tlak definovaný ako podiel veľkosti tlakovej sily F a obsahu plochy S , na ktorú sila pôsobí kolmo

$$p = \frac{F}{S}$$

so slovným zdôraznením závislosti:

Tlak zmenšíme zväčšením obsahu styčnej plochy,
zmenšením tlakovej sily.

Tlak zväčšíme zmenšením obsahu styčnej plochy,
zväčšením tlakovej sily.

Následne je zavedená jednotka fyzikálnej veličiny tlak.

Aj v alternatívnej učebnici [9] je pojem tlak zavedený v rámci skúmania deformačných účinkov sily.

Keď položíme na stôl knihu, rozloží sa jej tiaž rovnomerne na všetky častice stola, ktoré sa knihy dotýkajú. Sila na každú časticu je preto

- tým väčšia, čím je väčšia tiaž knihy (tlaková sila)
- tým menšia, čím väčšia je plocha, ktorou sa kniha dotýka stola.

Aby sme vyjadrili, ako sa tlaková sila rozkladá, delíme ju obsahom plochy, na ktorú pôsobí. Dostaneme tak tlak.

tlak = tlaková sila : obsah plochy

Neskôr sa žiaci majú v rámci tematického celku „Mechanické vlastnosti kvapalín a plynov“ okrem iného naučiť [3]:

- vysvetliť Pascalov zákon a hydraulické zariadenie;
- graficky znázorniť závislosť hydraulického tlaku od hĺbky pod hladinou;
- vysvetliť príčinu atmosférického tlaku;
- opísať a vysvetliť Torricelliho pokus;
- vysvetliť princíp kvapalinového manometra;
- odmerať atmosférický tlak tlakomerom.

Najprv sa žiaci oboznamujú s účinkom vonkajšej tlakovej sily pôsobiacej na kvapalinu - s Pascalovým zákonom [6]

Pôsobením vonkajšej tlakovej sily na voľnú hladinu kvapaliny v uzavretej nádobe vznikne vo všetkých miestach kvapaliny rovnaký tlak.

a využívajú tento poznatok na vysvetlenie činnosti hydraulického zdviháka.

Až potom sa vezme do úvahy vplyv gravitačného poľa Zeme a skúmajú sa jeho účinky. Odvodený je vzťah pre veľkosť tlakovej sily, ktorou pôsobí kvapalina kolmo na dno valcovej nádoby. Následne je zavedený pojem hydrostatický tlak a odvodený vzťah pre výpočet veľkosti hydrostatického tlaku.

Gravitačná sila Zeme je príčinou tlaku v kvapaline v pokoji, ktorý nazývame hydrostatický tlak a označujeme p_h .

Vypočítajte tlak pri dne nádoby, ktorej obsah dna je 10 cm^2 a výška stĺpca vody nad dnom je 20 cm .

Riešenie: $S = 0,001 \text{ m}^2$, $h = 0,2 \text{ m}$, $\rho = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$, $p_h = ? \text{ Pa}$

Tlakovej sile, ktorá pôsobí na dno nádoby obsahu S v hĺbke h pod voľnou hladinou vody,

zodpovedá hydrostatický tlak $p_h = \frac{F}{S}$. Podľa state 2.3 je tlaková sila $F = S h \rho g$. Preto

hydrostatický tlak $p_h = \frac{F}{S} = \frac{S h \rho g}{S} = h \rho g$

$$p_h = (0,2 \cdot 1\,000 \cdot 10) \text{ Pa} = 2\,000 \text{ Pa} = 2 \text{ kPa}$$

Podľa riešenia príkladu pre hydrostatický tlak platí

$$p_h = h \cdot \rho \cdot g$$

Hydrostatický tlak závisí od hustoty kvapaliny a od hĺbky kvapaliny. Vo väčšej hĺbke je v tej istej kvapaline hydrostatický tlak väčší. Ak dve kvapaliny majú rôznu hustotu, je v rovnakej hĺbke pod voľnou hladinou väčší hydrostatický tlak v kvapaline s väčšou hustotou.

Pojem tlak je zavedený v prípade tuhých látok a bez ďalšieho spresnenia následne používaný v mechanike tekutín.

Pri zavedení pojmu atmosférický tlak sa tiež vychádza z pôsobenia tlakovej sily.

Horné vrstvy atmosféry Zeme pôsobia v gravitačnom poli Zeme tlakovou silou na spodné vrstvy atmosféry. Tým vzniká vo vzduchu tlak, ktorý nazývame **atmosférický tlak** a označujeme ho p_a . Preto na ľubovoľnú plochu obsahu S pôsobí v atmosférickom vzduchu kolmo tlaková sila, ktorú vypočítame zo známeho vzťahu $F = p_a \cdot S$.

Atmosférický tlak sa od hydrostatického tlaku v kvapalinách podstatne odlišuje jednou vlastnosťou. Kvapaliny sú takmer nestlačiteľné, preto sa ich hustota s hĺbkou takmer nemení. Vzduch je však stlačiteľný. Preto majú vrstvy atmosféry pri povrchu Zeme väčšiu hustotu ako vyššie vrstvy. Atmosférický tlak nemôžeme určiť výpočtom ako hydrostatický tlak.

Pomocou historického Torricelliho pokusu je vysvetlený princíp merania atmosférického tlaku ortuťovým barometrom.

Torricelliho pokus - Nad voľnou hladinou ortuti v nádobe je atmosférický tlak p_a . Voľná hladina ortuti v rúrke je vo výške h nad voľnou hladinou ortuti v nádobe. Tejto výške ortuti zodpovedá hydrostatický tlak ortuti p_h . Atmosférický tlak a hydrostatický tlak ortuti sú rovnaké $p_a = p_h$.

Atmosférický tlak teda môžeme určiť pomocou hydrostatického tlaku ortuti.

Žiaci sa tiež oboznamujú s princípom činnosti aneroidu.

Nasleduje vysvetlenie zmien atmosférického tlaku v závislosti od nadmorskej výšky, Nad miestami s väčšou nadmorskou výškou je hrúbka vzduchového obalu menšia a menšia je aj hustota vzduchu. Preto **atmosférický tlak so stúpajúcou nadmorskou výškou klesá. Najväčší atmosférický tlak je pri hladine mora.**

... vo výške 5 500 m sa atmosférický tlak rovná asi polovici atmosférického tlaku pri hladine mora.

ako aj časových zmien atmosférického tlaku na jednom mieste.

Vzduch v atmosfére je v ustavičnom pohybe vzhľadom na povrch Zeme, jeho teplota a vlhkosť sa mení. Preto sa na **tom istom mieste atmosférický tlak behom času mení.**

Dôležité je tiež upozornenie na závislosť niektorých fyzikálnych vlastností látok, napr. hustoty látky alebo teploty varu kvapalín od tlaku.

Aby bolo možné porovnávať ich hodnoty pre rôzne látky, udávajú sa tieto hodnoty v tabuľkách pri istom tlaku, zvyčajne pri **normálnom tlaku.**

Normálny tlak bol stanovený medzinárodnou dohodou: $p_n = 101\,325\text{ Pa}$ (presne).

Pri výpočtoch sa číselná hodnota normálneho tlaku zaokrúhľuje napr. takto: $p_n = 101\text{ kPa}$

Na záver tematického celku sa žiaci učia o tlaku plynu v uzavretej nádobe, zavádzajú sa pojmy pretlak a podtlak a vysvetlený je princíp merania pretlaku resp. podtlaku plynu v uzavretej nádobe otvoreným kvapalinovým manometrom.

Molekuly vzduchu konajú ustavičný neusporiadaný pohyb. Pritom neustále narážajú na seba a na steny podušky. Výsledok tohto trvalého javu zistíme ako **tlak plynu v uzavretej nádobe.**

Niekedy je tlak plynu v nádobe väčší ako atmosférický tlak zvonka nádoby. Potom je v nádobe **pretlak**. Ak je tlak plynu v nádobe menší ako atmosférický tlak, je v nádobe **podtlak**.

Malý podtlak alebo pretlak plynu v uzavretej nádobe meriame **otvoreným kvapalinovým manometrom**. Keď je v nádobe pretlak plynu, je voľná hladina kvapaliny v ramene pripojenom k nádobe nižšie ako v otvorenom ramene. Keď je v nádobe podtlak plynu, je voľná hladina kvapaliny v ramene pripojenom k nádobe vyššie ako v otvorenom ramene.

Pretlak alebo podtlak plynu v nádobe sa rovná hydrostatickému tlaku zodpovedajúcemu zvislej vzdialenosti voľných hladín kvapaliny v ramenách manometra.

V technickej praxi alebo vo výrobe sa veľké pretlaky merajú deformačnými manometrami.

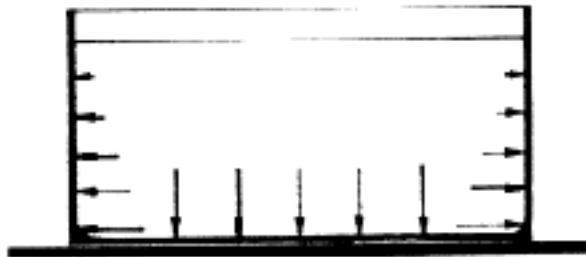
V alternatívnej učebnici pre 7. ročník základnej školy [10] je zvolená iná postupnosť. V úvode tematického celku venovaného mechanike kvapalín a plynov je zdôraznený rozdiel medzi

tlakom (resp. tlakovou silou) v kvapaline a v pevnej látke. Potom je pozornosť venovaná hydrostatickému tlaku – vysvetlená je jeho príčina, odvodený je vzťah pre výpočet veľkosti hydrostatického tlaku a zdôraznená je závislosť jeho veľkosti od hĺbky a od hustoty kvapaliny. Na základe vedomostí o hydrostatickom tlaku je vysvetlený aj princíp spojených nádob a princíp fungovania verejného a domového vodovodu.

Zavedený je pojem atmosférický tlak a na ilustráciu jeho veľkosti je uvedený pokus s pohárom vody prikrytým lepenkou a otočeným hore dnom. (bližšie pozri str. xx) Vysvetlené je fungovanie nasávacej pumpy. Na základe poznatku, že táto pumpa vytlačí vodu do výšky maximálne 10 metrov, je odvodená približná veľkosť atmosférického tlaku (na základe rovnosti veľkosti atmosférického tlaku a hydrostatického tlaku vody v hĺbke 10 m). Opísaný je Torricelliho pokus, princíp uzavretého i otvoreného ortuťového tlakomeru, princíp aneroidu a kovového manometra. Pascalov zákon a vysvetlenie činnosti hydraulického lisu sú zaradené až na záver tematického celku.

V učebnici [10] sa na viacerých miestach vyskytuje slovné spojenie „tlak pôsobí“, „tlak tlačí“, „zhora pôsobí tlak“, „väčší tlak okolo vtláča ...“ a pod. Na strane 12 je upozornenie na závislosť veľkosti hydrostatického tlaku od hĺbky kvapaliny ilustrované obrázkom (obr. 1).

Hoci v obrázku nie je označené, čo predstavujú šípky, z textu sa žiaci môžu domnievať, že je to hydrostatický tlak a že dĺžka šípky predstavuje veľkosť tlaku v jednotlivých bodoch.



obr.1 - "Hydrostatický tlak nepôsobí iba na dno, ale aj na steny a na všetko, čo je v kvapaline ponorené. Aký je veľký, to vždy závisí od hĺbky pod hladinou.

Keby autorovi išlo o znázornenie pôsobiacich tlakových síl, bolo by znázornenie šípkami namieste, ich pôsobiská by sa však mali nachádzať v bodoch na stene, resp. dne nádoby. (Podobne je to v prípade obrázkov na stranách 28 a 29 učebnice [10].)

1. ročník gymnázia

V 1. ročníku gymnázia [7] sa vychádza z definície tlaku ako veličiny charakterizujúcej stav kvapaliny v istom mieste.

Tlak v ideálnej kvapaline je jednoznačne určený svojou hodnotou, je to skalárna veličina.

Tlak v kvapaline môže byť vyvolaný vonkajšou silou alebo tiažovou silou, alebo často aj ich súčasným pôsobením.

1. Keď pôsobí vonkajšia sila veľkosti F na povrch rovnej plochy s obsahom S uzavretého objemu kvapaliny a žiadne iné sily na kvapalinu nepôsobia, vznikne

v kvapaline tlak, ktorý je vo všetkých miestach kvapaliny rovnaký $p = \frac{F}{S}$

2. Tiažová sila pôsobiaca na kvapalinu (na povrch kvapaliny nepôsobia vonkajšie sily) vyvoláva hydrostatický tlak, pre ktorý platí $p = h \cdot \rho \cdot g$

... Hovoríme, že tlakové pomery v kvapaline môžeme matematicky opísať (zobraziť) **tlakovým poľom**. Pretože tlak v ideálnej kvapaline je skalár, tlakové pole kvapaliny je **skalárne pole**. Všetky uvedené závery možno aplikovať aj na plyny v pokoji (platia aj v aerostatike).

V skutočnosti ale vzhľadom na stlačiteľnosť plynov nie je možné pre výpočet tlaku vyvolaného tiažou plynu použiť vzťah analogický vzťahu pre výpočet hydrostatického tlaku.

Ďalej je odvodená Bernoulliho rovnica vyjadrujúca zákon zachovania mechanickej energie prúdiacej ideálnej kvapaliny vo vodorovnej trubici, uvedený je dôsledok tohto zákona - zníženie tlaku prúdiacej kvapaliny v zúženom mieste (historicky známy ako hydrodynamický paradox), ako aj využitie tohto javu na meranie rýchlosti prúdiacej kvapaliny.

2. ročník gymnázia

V 2. ročníku gymnázia [8] je v rámci celku „Štruktúra a vlastnosti plynov“ vysvetlená príčina vzniku tlaku plynu a jeho fluktuácií. Odvodená je stavová rovnica pre tlak ideálneho plynu.

Vypočítame strednú hodnotu tlaku p_s ideálneho plynu v uzavretej nádobe. Predpokladajme, že nádoba s objemom V má tvar kocky a obsahuje N rovnakých molekúl s hmotnosťou m_0 .

Hustotu molekúl plynu v nádobe definujeme vzťahom $n = \frac{N}{V}$.

Molekuly plynu sa pohybujú neusporiadane všetkými smermi rýchlosťami rozličnej veľkosti. Keďže smery rýchlostí molekúl sú náhodné, pri ďalších úvahách budeme predpokladať, že tretina molekúl sa pohybuje v smere osi x , druhá tretina v smere osi y a tretia tretina v smere

osi z. Ďalej budeme predpokladať, že všetky molekuly majú rovnakú rýchlosť v . Zistíme, že tieto zjednodušujúce predpoklady neovplyvnia výsledok našej úvahy.

Zvoľme na pravej strane nádoby plochu s obsahom S ; za čas τ dopadnú na túto plochu všetky molekuly, ktoré ležia v priestore s objemom $v \tau S$ a pohybujú sa v kladnom smere osi x (t.j. od ľavej strany nádoby k pravej). V priestore s objemom $v \tau S$ je $N_1 = n v \tau S$ molekúl; z toho počtu sa však v kladnom smere osi x pohybuje iba jedna šestina molekúl. Počet molekúl N' ,

ktoré za čas τ narazia na plochu s obsahom S , je teda $N' = \frac{1}{6} N_1 = \frac{1}{6} n v \tau S$. Každá molekula, ktorá sa od plochy s obsahom S odráža, mení svoju hybnosť $p_1 = m_0 v$ na hybnosť $p_2 = -p_1$. Zmena hybnosti jednej molekuly po jej odraze od steny je $p_2 - p_1 = -2p_1$ a celková zmena hybnosti všetkých molekúl, ktoré sa za čas τ odrazia od plochy s obsahom S , je $\Delta p = N' (-2p_1)$.

Veľkosť tejto zmeny hybnosti je

$$\Delta p = N' (-2p_1) = \frac{1}{6} n v \tau S \cdot 2m_0 v = \frac{1}{3} n v^2 \tau S m_0$$

Pri veľkom počte dopadajúcich molekúl sa javia nárazy na plochu s obsahom S tak, ako by na túto plochu pôsobila za čas τ stála stredná sila s veľkosťou F_s . Podľa zákona akcie a reakcie rovnako veľkou silou opačného smeru pôsobí stena na molekuly; táto sila je príčinou zmeny ich hybnosti. Z druhého pohybového zákona potom vyplýva

$$F_s = \frac{|\Delta p|}{\tau} = \frac{1}{3} n v^2 S m_0$$

Odtiaľ pre hľadajú strednú hodnotu tlaku p_s dostaneme

$$p_s = \frac{F_s}{S} = \frac{1}{3} n m_0 v^2$$

Pri veľkom počte molekúl je skutočná hodnota tlaku p takmer stála a je totožná so strednou

hodnotou tlaku p_s . Teda

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v^2$$

Pri odvodení tohto vzťahu sme predpokladali, že všetky molekuly sa pohybujú rovnakou rýchlosťou v . V skutočnosti má ΔN_1 molekúl veľkosti rýchlostí v intervale $v_1, v_1 + \Delta v$; ΔN_2 molekúl veľkosti rýchlostí v intervale $v_2, v_2 + \Delta v$ atď.

Preto pre hľadaný tlak p platí

$$p = \frac{1}{3} \frac{\Delta N_1}{V} m_1 v_1^2 + \frac{1}{3} \frac{\Delta N_2}{V} m_2 v_2^2 + \frac{1}{3} \frac{\Delta N_3}{V} m_3 v_3^2 =$$

$$= \frac{1}{3} \frac{m_0}{V} (\Delta N_1 v_1^2 + \Delta N_2 v_2^2 + \Delta N_3 v_3^2)$$

Použitím vzťahu pre druhú mocninu strednej kvadratickej rýchlosti v_k^2 potom dostaneme

$$p = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m_0 v_k^2$$

Táto rovnica sa nazýva základná rovnica pre tlak ideálneho plynu. Pri jej odvodení sme vychádzali z niektorých zjednodušujúcich predpokladov; presnejším odvodením by sme však dostali rovnaký výsledok.

Základnú rovnicu pre tlak ideálneho plynu možno napísať aj v tvare

$$pV = \frac{2}{3} N \frac{m_0 v_k^2}{2} = \frac{2}{3} E_k$$

kde E_k je celková kinetická energia molekúl vyplývajúca z ich neusporiadaného posuvného pohybu. Pre ideálny plyn s jednoatómovými molekulami je celková kinetická energia E_k totožná s vnútornou energiou plynu.

Ďalej je základná stavová rovnica plynu upravená dosadením vzťahu pre strednú kinetickú

energiu molekuly $\bar{\epsilon}_{kl} = \frac{3}{2} kT$ na tvar

$$pV = NkT$$

Rovnica vyjadruje vzťah medzi stavovými veličinami p , V , N a T .

Uvedená je tiež úprava stavovej rovnice pre prípad, keď je stav plynu charakterizovaný stavovými veličinami p , V , m a T , resp. p , V , n a T .

Odvodenie stavovej rovnice ideálneho plynu je v rámci 30% voliteľnej úprave učebných osnov zväčša vynechávané, resp. preberané len ako informačné učivo, jeho zvládnutie sa väčšinou vyžaduje len od žiakov, ktorí majú záujem maturovať z fyziky.

Zvláštna pozornosť je venovaná izotermickému, izochorickému a izobarickému deju s ideálnym plynom a adiabatickému deju. Na záver tematického celku sú stručne spomenuté charakteristické vlastnosti plynu pri nízkom a vysokom tlaku.

V druhom ročníku gymnázia sa žiaci v rámci tematického celku Štruktúra a vlastnosti kvapalín dozvedajú o príčinách vzniku kapilárneho tlaku v prípade zakriveného voľného

povrchu kvapalín (v kapilárach, kvapkách a bublinách), uvedená je aj závislosť kapilárneho tlaku od povrchového napätia a polomeru zakrivenia.

$$P_k = \frac{2\sigma}{r}$$

Následne sú pomocou kapilárneho tlaku objasnené kapilárne javy a odvodený vzťah pre zvýšenie voľnej hladiny v prípade kapilárnej elevácie.

... Zakrivený dutý povrch kvapaliny v kapiláre pôsobí na kvapalinu silou F_t v smere von z kvapaliny, teda proti hydrostatickej sile F_h . To má za následok, že v kapiláre vystúpi kvapalina do takej výšky h , aby hydrostatický tlak zodpovedajúci stĺpcu h bol rovnaký ako kapilárny tlak zodpovedajúci zakriveniu povrchu....

F.3 Pojem sila

Pojem sila je pre žiakov veľmi náročný. Ako uvádza P. Ferko [11], sila je logickou kategóriou a preto nemôže byť stanovená definíciou. Sila je základný skúsenostný pojem, ktorý nemožno definovať všeobecne. Vytváranie a rozvíjanie pojmu sila predstavuje v školskej fyzike dlhodobý proces, ktorý začína štúdiom vzájomného pôsobenia makroskopických telies. Ďalší rozvoj pojmu si vyžaduje zložitejšie predstavy a stále väčšie myšlienkové abstrakcie.

Podľa Fyzikálnej terminológie [1]

sila = vektorová fyzikálna veličina charakterizujúca vzájomné pôsobenie hmotných objektov, ktorá sa môže prejaviť zmenou ich pohybových stavov (*chýba zmienka o možných deformačných účinkoch*);

tlaková sila = sila, ktorá spôsobuje namáhanie telesa tlakom;

namáhanie tlakom = pôsobenie dvoch rovnako veľkých síl v tej istej priamke a orientovaných navzájom opačne dovnútra telesa;

vztlaková sila = výslednica tlakových síl vyvolaných hydrostatickým tlakom na povrch telesa ponoreného v tekutine;

vnútorná sila = sila, ktorá pôsobí medzi časťami sústavy telies;

vonkajšia sila = sila, ktorou pôsobí teleso nepatriace do sústavy na sústavu alebo jej časť.

3. ročník základnej školy

S pojmom sila sa žiaci prvýkrát oboznamujú na hodinách prírodovedy v 3. ročníku základnej školy [2].

Ak chceme premiestniť stoličku, musíme ju odsunúť, pritiahnuť alebo preniesť. Pri premiestňovaní stoličky pôsobíme na ňu určitou **silou**.

Keď natiahneme pružinu, predĺži sa. Pružinu napíname väčšou alebo menšou silou. Predĺži sa tým viac, čím väčšia sila na ňu pôsobí. Ak sila prestane pôsobiť na pružinu, skrúti sa - pružina nadobudne pôvodný tvar. Pomocou ocelevej pružiny môžeme porovnávať veľkosť síl.

Prístroj na meranie sily sa volá **silomer**. Jednotka sily sa volá **newton** (čítaj ňjútn). Má značku N.

6. ročník základnej školy

V 6. ročníku základnej školy sa žiaci s pojmom sila stretávajú v rámci tematického celku Stavba látok. Jedným z cieľov vyučovania tohto tematického celku je naučiť žiakov opísať pozorovanie pohybových a deformačných účinkov síl na teleso [3].

Ak pôsobí jedno teleso na druhé, pôsobí súčasne aj druhé teleso na prvé. Pôsobenie telies je vždy vzájomné.

Zväčša si však všímame len to teleso, na ktoré pôsobíme. Tlačíme stôl, ťaháme vozík, napíname pružinu. Skutočnosť, že aj stôl, vozík alebo pružina pôsobí pritom na našu ruku, si zvyčajne nevšímame. Sledujeme iba účinok nášho pôsobenia na teleso. Svoje pôsobenie na teleso potom zvykneme opisovať pomocou slova **sila**. Hovoríme, že vozík ťaháme, pružinu napíname väčšou alebo menšou silou.

Ak napíname pružinu upevnenú vo zveráku, ak pôsobíme na pružinu silou, pružina sa predĺži...

Pružina sa predĺži tým viac, čím väčšou silou na ňu pôsobíme.

Žiaci sa ďalej učia o gravitačnom poli a gravitačnej sile; neskôr v šiestom ročníku sa ešte stretnú s príťažlivou a odpudivou elektrickou silou a s magnetickou silou ako prejavom elektrického, resp. magnetického poľa.

Aj v [5] sa vychádza z priameho silového pôsobenia na telesá a následne je venovaná pozornosť „silám, ktoré pôsobia na diaľku“ - magnetickej, elektrickej a gravitačnej sile.

7. ročník základnej školy

Do učiva pre 7. ročník základnej školy sú zaradené tematické celky „Sila a jej meranie“, „Skladanie síl“, „Posuvné účinky sily. Pohybové zákony“, „Otáčavé účinky sily“, „Deformačné účinky sily“ a „Trenie“ [3]. Žiaci sa učia opísať a znázorniť silu.

Keď chceme jednoznačne opísať silu, musíme uviesť nielen jej veľkosť, ale aj jej smer. Silu budeme označovať písmenom F .

Miesto, v ktorom sila pôsobí, nazývame pôsobisko sily.

Sila je fyzikálna veličina, ktorou opisujeme vzájomné silové pôsobenie telies alebo silové pôsobenie polí na telesá. Je určená veľkosťou a smerom. Jej účinok na teleso závisí aj od jej pôsobiska. Silu znázorňujeme úsečkou so šípkou.

Opäť sa stretávajú s meraním sily pomocou silomera. Učia sa skladať sily rovnakého a opačného smeru. Oboznamujú sa s účinkami sily pôsobiacej na teleso

Sila môže uviesť teleso z pokoja do posuvného pohybu, môže pohyb telesa urýchliť, spomaliť alebo zastaviť. Hovoríme, že má **posuvné účinky**. Sila môže teleso roztočiť, zrýchliť alebo zabrzdiť, alebo zastaviť jeho **otáčavý pohyb**. Hovoríme, že má **otáčavé účinky**. Sila môže zmeniť aj tvar telesa. Hovoríme, že má **deformačné účinky**.

a ďalej ich bližšie sledujú. V rámci učiva o deformačných účinkoch sily je zavedený pojem tlaková sila.

Tlaková sila je celková sila, ktorou pôsobí jedno teleso na druhé kolmo na plochu.

Rovnako veľká tlaková sila môže vyvolať rôzne deformačné účinky podľa toho, aký je obsah plochy, na ktorú pôsobí.

Následne je zavedený pojem tlak.

V alternatívnej učebnici [9] je v úvode tematického celku zaoberajúceho sa silou zdôraznené, že slovo sila má v bežnej reči aj iné významy ako vo fyzike. Žiaci si pripomínajú magnetickú a elektrickú silu, rozširujú si poznatky o gravitačnej sile. Oproti klasickej učebnici je väčšia pozornosť venovaná silám medzi časticami, pomocou ktorých je vysvetlený vznik sily, ktorou pôsobí napríklad stôl na knihy na ňom položené a pôvod trecej sily. V článku zaoberajúcom sa deformáciou telies je použitý pojem „tlaková sila“ s vymenovaním príkladov pôsobenia tlakovej sily, ale bez explicitnej definície. V tematickom celku Newtonove pohybové zákony sú oproti klasickej učebnici navyše zavedené pojmy dostredivá a odstredivá sila (ako reakcia na dostredivú silu).

V rámci tematického celku „Mechanické vlastnosti kvapalín“ sa žiaci majú ďalej v 7. ročníku naučiť okrem iného vysvetliť pôsobenie vztlakovej sily na telesá ponorené do kvapaliny a aplikovať vzťah pre výpočet tlakovej sily pri riešení úloh. Neskôr, pri preberaní tematického celku „Mechanické vlastnosti plynov“ je jedným z cieľov, aby žiaci vedeli vysvetliť pôsobenie aerostatickej vztlakovej sily v atmosfére. [3]

V učebnici [6] je príčina vzniku tlakovej sily v kvapalinách vysvetlená na príklade sily pôsobiacej na dno valcovej nádoby, na základe tohto príkladu je odvodený vzťah pre výpočet jej veľkosti.

Na povrchu Zeme pôsobí kvapalina v nádobe v pokoji tlakovou silou kolmo na dno nádoby, na steny nádoby, na plochy ponorené v kvapaline. Príčinou tejto tlakovej sily je gravitačná sila Zeme pôsobiaca na kvapalinu.

$$F = \rho_k \cdot g \cdot V$$

Pomocou pokusu - ponáraním telesa zaveseného na silomere do kvapaliny je zavedený pojem vztlaková sila.

Teleso ponorené do kvapaliny v pokoji je nadnášané silou, ktorá má opačný smer ako sila F_g . Táto sila sa nazýva **vztlaková sila** a označujeme ju F_{vz} . Veľkosť vztlakovej sily určíme ako rozdiel veľkostí síl nameraných silomerom v oboch častiach pokusu.

$$F_{vz} = F_g - F$$

(F_g – sila, ktorou pôsobí na silomer zavesené teleso, F – sila, ktorou pôsobí na silomer zavesené teleso, ktoré je súčasne ponorené do kvapaliny)

Vysvetlená je aj príčina vzniku vztlakovej sily v kvapalinách.

Pretože dolná stena je vo väčšej hĺbke pod voľnou hladinou kvapaliny ako horná, je tlaková sila na dolnú stenu kocky väčšia ako na hornú stenu. Výslednica týchto dvoch síl má smer ako väčšia sila, teda zvislo nahor.

Vztlaková sila pôsobiaca na teleso ponorené do kvapaliny závisí od objemu ponorenej časti telesa a od hustoty kvapaliny.

... Tento poznatok všeobecne vyjadruje **Archimedov zákon**:

Na teleso ponorené do kvapaliny pôsobí zvislo nahor vztlaková sila. Veľkosť vztlakovej sily $F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$, kde V je objem ponorenej časti telesa a ρ_k je hustota kvapaliny.

Odvedenie vzťahu pre výpočet veľkosti vztlakovej sily vychádza z rovnováhy gravitačnej a vztlakovej sily pôsobiacej na vznášajúce sa teleso - mikroténové vrečko s vodou vo vode. Tak sa vo vzťahu pre výpočet gravitačnej sily pôsobiacej na teleso objavuje hustota kvapaliny, do ktorej je teleso súčasne ponárané.

Následne sú skúmané podmienky potápania, plávania a vznášania sa rovnorodého telesa v kvapaline - sú porovnávané veľkosti gravitačnej a vztlakovej sily, hustota telesa a hustota kvapaliny. Žiaci sú upozorení na postupné znižovanie vztlakovej sily pri vynáraní sa ponoreného telesa s hustotou menšou ako je hustota kvapaliny až do okamihu, kým sa vztlaková sila nezmenší na hodnotu rovnú gravitačnej sile pôsobiacej na dané teleso.

Pri plávaní telesa v kvapaline pôsobia na teleso dve stále sily, ktoré sú v rovnováhe: gravitačná sila F_g a vztlaková sila F_{vz} zodpovedajúca tej časti telesa, ktorá je ponorená v kvapaline.

V tematickom celku „Mechanické vlastnosti plynov“ je pojem tlakovej sily rozšírený.

Horné vrstvy atmosféry Zeme pôsobia v gravitačnom poli Zeme tlakovou silou na spodné vrstvy atmosféry. Tým vzniká vo vzduchu tlak, ktorý nazývame atmosférický tlak a označujeme ho p_a . Preto na ľubovoľnú plochu obsahu S pôsobí v atmosférickom vzduchu kolmo tlaková sila, ktorú vypočítame zo známeho vzťahu $F = p_a S$.

Podobne je na plyny rozšírený aj pojem vztlakovej sily a platnosť Archimedovho zákona.

...na teleso v atmosférickom vzduchu pôsobí vztlaková sila. Podľa Archimedovho zákona platí $F_{vz} = V \cdot \rho_v \cdot g$, kde V je objem telesa a ρ_v je hustota vzduchu. Hustota vzduchu vo vrstve pri povrchu Zeme je $1,29 \text{ kg/m}^3$.

V učebnici [10] je v úvode časti o mechanických vlastnostiach tekutín opísaný guľôčkový model kvapaliny, pomocou ktorého sú vysvetlené vlastnosti tlakovej sily v kvapalinách. Pomocou odpudivých síl medzi molekulami kvapaliny je vysvetlený prenos tlakovej sily v kvapalinách a upozornením na zanedbateľnosť príťažlivých síl je poukázané na skutočnosť, že kvapaliny neprenášajú takmer žiaden ťah. Porovnaná je podstata vzniku tlakovej sily v kvapalinách a v plynoch.

Kvapaliny nemôžeme takmer vôbec stlačiť, pretože jej molekuly sú tesne pri sebe. Tlak v kvapaline je zapríčinený tým, že sa jej molekuly od seba odpudzujú.

Plyn môžeme stlačiť, lebo jeho molekuly sú ďaleko od seba. Tlak v plyne je zapríčinený tým, že jeho molekuly voľne lietajú a narážajú na steny.

Vysvetlený je tzv. hydrostatický paradox (nezávislosť veľkosti tlakovej sily pôsobiacej na dno nádoby od jej tvaru, pokiaľ je zachovaná veľkosť plochy dna a výška vodného stĺpca).

Vztlaková sila je zavedená ako sila smerom hore, ktorá pôsobí na teleso ponorené do kvapaliny. Pri odvodení vzťahu pre výpočet veľkosti vztlakovej sily sa podobne ako v učebnici [6] vychádza z porovnania vztlakovej a gravitačnej sily pôsobiacej na vznášajúce

sa teleso (v tomto prípade plastovej fľaše naplnenej vodou). Ak sa zmení hmotnosť tohto telesa (fľašu vyprázdňime), vztlaková sila sa nezmení -

...je stále rovnako veľká ako tiaž vody ktorá sa zmesť do fľaše. Túto tiaž ľahko vypočítame, keď poznáme objem fľaše. To isté platí aj pre kovové závažie.

Ďalej je Archimedov zákon zovšeobecný aj na telesá v plynnom prostredí.

1. ročník gymnázia

V 1. ročníku gymnázia [7] sa žiaci vracajú k už získaným vedomostiam o sile ako miere vzájomného pôsobenia telies alebo telies a polí. Učia sa tiež určiť silu na základe jej dynamických účinkov - z druhého Newtonovho pohybového zákona.

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Sila je určená pomerom zmeny hybnosti hmotného bodu alebo telesa a doby, v ktorej túto zmenu spôsobila.

... keď je hmotnosť m počas doby Δt konštantná, uvedený vzťah pre silu môžeme napísať v tvare

$$\vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \vec{a}$$

... z tohto vzťahu určíme jednotku sily $[F] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. Nazýva sa newton (N)

Žiaci sa tiež oboznamujú so základnými druhmi silového pôsobenia.

Podľa záverov modernej fyziky existujú štyri základné druhy silového pôsobenia - fyzikálne interakcie. Je to gravitačná, elektromagnetická, slabá a silná interakcia.

Ďalej žiaci podrobnejšie rozoberajú pohybové zákony, zavedené sú pojmy tiažová sila, dostredivá sila, zotrvačná sila, odstredivá sila. V tematickom celku „Mechanika kvapalín a plynov“ sa opäť vracajú k pojmu tlaková sila.

Ak je v istom mieste kvapaliny tlak p , potom na ľubovoľne orientovanú rovinnú plochu, ktorá je v styku s kvapalinou, pôsobí kolmá tlaková sila, pre ktorej veľkosť platí

$$F = p S$$

Odvodená je vztlaková sila ako výslednica tlakových síl pôsobiacich na teleso ponorené do kvapaliny.

Vo vodorovnom smere sa tlakové sily navzájom rušia. V zvislom smere sa v dôsledku výšky telesa prejaví odlišný tlak pri hornej a spodnej časti telesa; vzniká hydrostatická vztlaková sila. Odvodíme jej veľkosť pre valec s obsahom podstavy S a výškou a (objem valca je $V =$

$S a$). Ak je horná podstava valca v hĺbke h a je vodorovná, pôsobí na ňu tlaková sila, ktorá má veľkosť

$$F_1 = S h \rho g$$

Veľkosť tlakovej sily na spodnú podstavu je

$$F_2 = S (h + a) \rho g \quad F_2 > F_1$$

Výsledná hydrostatická vztlaková sila je orientovaná zvislo nahor a pre jej veľkosť platí

$$F_{vz} = F_2 - F_1 = S (h + a) \rho g - S h \rho g = V \rho g$$

Tento výsledok platí pre telesá ľubovoľného tvaru i pre čiastočne ponorené (potom uvažujeme len o objeme ponorenej časti telesa) a všeobecne ho vyjadruje Archimedov zákon:

Teleso ponorené do kvapaliny je nadľahčované vztlakovou hydrostatickou silou, ktorej veľkosť sa rovná tiaži kvapaliny s rovnakým objemom, ako je objem ponorenej časti telesa.

V závere tematického celku sa žiaci oboznamujú ešte s odporovou silou a v rámci článku „Základy fyziky letu“ aj s aerodynamickou silou a jej zložkami – odporovou aerodynamickou silou a vztlakovou aerodynamickou silou.

2. ročník gymnázia

V 2. ročníku gymnázia v tematickom celku „Štruktúra a vlastnosti kvapalín“ [8] je na základe molekulového pôsobenia odvodená existencia tlakovej sily, ktorou pôsobí povrchová vrstva na vnútro kvapaliny. Zavedená je tiež povrchová sila pôsobiaca na okraj povrchovej blany a odvodený je vzťah pre výpočet jej veľkosti $F = \sigma l$ (kde σ je povrchové napätie a l je dĺžka okraja povrchovej blany). Zvláštna pozornosť je venovaná silám pôsobiacim na molekuly kvapaliny na rozhraní s nádobou, vysvetlená je príčina zakrivenia voľného povrchu kvapaliny a vznik kapilárneho tlaku ako dôsledok pôsobiacich povrchových síl.

F.4 Literatúra:

- [1] Garaj, J. a kol.: Fyzikálna terminológia, Bratislava: SPN, 1987
- [2] Stanko, J., Stanková, A.: Prírodoveda pre 3.ročník ZŠ, Bratislava: SPN, 1997
- [3] Učebné osnovy Fyziky pre 6. až 9. ročník základnej školy, rozhodnutie Ministerstva školstva SR č. 1640/97 - 151
- [4] Janovič, J.: Fyzika pre 6.ročník základnej školy, Bratislava: SPN, 1990
- [5] Macháček, M.: Fyzika pre 6 ročník ZŠ - 1. diel, Bratislava: SPN, 1994

- [6] Bohuňek, J. a kol.: Fyzika pre 7.ročník základnej školy, Bratislava: SPN, 1991
- [7] Vachek, J. a kol.: Fyzika pre 1. ročník gymnázia, Bratislava: SPN, 1984
- [8] Svoboda, E. a kol.: Fyzika pre 2. ročník gymnázia, Bratislava: SPN, 1985
- [9] Macháček, M.: Fyzika pre 7 ročník ZŠ - 1. diel, Bratislava: SPN, 1993
- [10] Macháček, M.: Fyzika pre 7 ročník ZŠ - 2. diel, Bratislava: SPN, 1993
- [11] Ferko, P.: Fyzikálny obsah pojmov hmotnosť a sila, Fyzikálne obzory, zväzok 19, 1991, s. 28 - 41

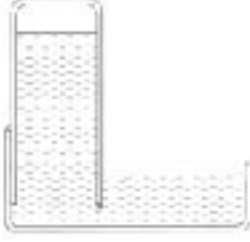
Príloha G

Návrh štruktúry vyučovacej jednotky „Kedy podložka nespadne?“

Obsah	Cieľ / úloha	Učiteľ	Žiaci	Metodické poznámky
<p>1. Atraktívne uvedenie demonštrácie, prvé predvedenie demonštrácie</p> <p>~3 minúty</p>	<p>Prekvapenie, vzбудenie záujmu, motivácia</p> <hr/> <p>Predpovedať vývoj</p>	<p>Napríklad: „<i>Ukážem vám pokus, ktorý mám veľmi rada. Keď sa mám postarať o nejaké menšie deti a zabaviť ich, vždy zaberie. Možno sa niekedy zíde aj vám, keď budete mať na starosti mladších súrodencov. Mám pohár s vodou, prikrytý papierom. Čo sa stane, ak to celé otočím a potom papier pustím?</i>“</p> <hr/> <p>Predvedie demonštráciu</p>	<p>spontánne reagujú: „<i>Celé sa to vyleje / papier ostane na pohári / udržalo by sa to, keby v pohári nebol vzduch...</i>“</p> <p>Odpoveď je zatiaľ iba hádaním bez hlbšej analýzy javu.</p>	<p>Dôležité je, aby sa vyjadril každý žiak (aspoň hlasovaním o jednotlivých kategóriách odpovedí), aby bol vtiahnutý do problému.</p> <p>Až potom nasleduje úplná realizácia demonštrácie.</p> <p>Ak niekto zo žiakov už pokus pozná (a dá to najavo), je vhodné požiadať ho, aby demonštráciu predvádzal, ale aby ju zatiaľ nevysvetľoval, neovplyvňoval spolužiakov svojím názorom.</p>
<p>2. Individuálne opakovanie demonštrácie žiakmi</p> <p>~10 minút *</p>	<p>Vytvorenie prvých predstáv</p> <p>Heuristické riešenie problému: Kedy podložka nespadne; hľadanie konkrétnych podmienok</p>	<p>Môžete si demonštráciu sami zopakovať.</p> <p>Povzbudzuje žiakov k zmene podmienok</p> <p><i>Kedy podložka spadne, kedy nespadne?</i></p>	<p>Individuálne alebo vo dvojiciach opakujú pôvodnú demonštráciu, menia podmienky realizácie</p>	<p>Vytvorenie predstáv o prebiehajúcich javoch umožní až hra s demonštráciou – vlastné experimentovanie – možnosť meniť objem, tvar, pevnosť nádoby, kvalitu podložky, množstvo, prípadne druh použitej kvapaliny.</p>
<p>3. Spoločná diskusia o interpretácii javu, o možných princípoch jeho fungovania</p> <p>~12 minút *</p>	<p>Uvedenie si konkrétnych podmienok realizácie.</p>	<p>Čo ste zistili? Podarilo sa vám udržať podložku na pohári aj po jeho otočení hore dnom?</p> <p>Opíš podrobne, ako prebiehala Tvoja demonštrácia. Aké podmienky si si zvolil? Opakoval si pokus viackrát?</p>	<p>opis vlastného experimentovania</p> <p>diskusia</p>	<p>V predchádzajúcej časti žiaci pravde-podobne menili viacero podmienok realizácie naraz, robili nekorektné závery.</p> <p>Žiaci by mali mať ešte stále možnosť pokus zopakovať, vyskúšať jeho realizáciu v nových podmienkach, na ktoré sú počas diskusie upozornení.</p>

Obsah	Cieľ / úloha	Učiteľ	Žiaci	Metodické poznámky
	Systematické sledovanie vplyvu zmeny jednotlivých faktorov. Uvedomenie si vplyvu jednotlivých podmienok.	Menil si pritom podmienky? Ktoré? Ako? Zvolili ste si všetci rovnaké podmienky? Čo bolo pre jednotlivé realizácie spoločné, v čom sa líšili? Ako sa zmenené podmienky prejavili na priebehu javu? Môžeme vysloviť vierohodný záver – menila sa len jedna podmienka (ostali ostatné parametre nezmenené)? Čo všetko ovplyvňuje priebeh sledovaného javu?	Žiaci spoločne vytvoria zoznam pravdepodobných určujúcich faktorov.	
doplňujúce pokusy	Hľadanie analógií, súvislostí skúmaného javu s predchádzajúcimi skúsenosťami a poznatkami. Upozornenie na vplyv vzduchu uzavretého v pohári.	Pokúste sa vysvetliť príčiny jednotlivých vplyvov. Navrhnite pokusy, ktoré fungujú na rovnakom princípe. <i>Ak žiaci nenavrhnú žiadne „objasňujúce“ demonštrácie, učiteľ ich k nim otázkami navedie..</i>	žiaci navrhujú doplňujúce – „objasňujúce“ pokusy, žiak, ktorý pokus navrhne, ho predvedie (alebo aspoň opíše), vysvetlí v čom vidí podobnosť, diskusia	Mnohí siedmáci ešte nemajú dostatočne vyvinuté abstraktné myslenie a teoretický poznávací postup. Je pre nich jednoduchšie vysvetliť sledovaný jav pomocou iného konkrétneho príkladu. Je vhodné, aby si učiteľ vopred pripravil doplňujúce pokusy objasňujúce: - pôsobenie atmosférickej tlakovej sily, - nutnosť poklesu tlaku uzavretého vzduchu, rôzne spôsoby zníženia tlaku, - vplyv tiaže podložky, - vplyv povrchového napätia kvapaliny. Samotnú realizáciu doplňujúcich pokusov doporučujeme prenechať žiakom, ktorí ich navrhnu.
Obsah	Cieľ / úloha	Učiteľ	Žiaci	Metodické poznámky

<p>4. Riešenie problému – Prečo sa podložka môže udržať na pohári? ~5 minút *</p>	<p>Rozvíjanie schopnosti všímať si detaily Uvedomenie si „otvorenosti“ sústavy. Vytvorenie kvalitatívnej predstavy o vzájomnej súvislosti atmosférického tlaku, hydrostatického tlaku a tlaku vzduchu v pohári po utvorení rovnováhy</p>	<p>Učiteľ ako koordinátor žiackej diskusie zhrnie v jej závere príklady poukazujúce na proces zníženia tlaku vzduchu uzavretého v pohári. Upriami pozornosť žiakov na detail, ktorý je kľúčom k porozumeniu - malé množstvo vody, ktoré odtečie, resp. sa môže nasat' do podložky.</p>	<p>v prípade potreby žiaci opakujú demonštráciu, všímajú si odtečenie kvapaliny</p>	<p>Sústava pohár s vodou a podložkou nie je uzavretá. Po otočení pohára hore dnom vytvorí vrstva vody medzi pohárom a podložkou rozhranie – netesnú hranicu.</p>
<p>5. Teoretické zdôvodnenie ~3 minúty *</p>	<p>Formulácia podmienky rovnováhy pôsobiach sil.</p>	<p><i>Aké sily pôsobia na podložku? Aký by bol účinok samostatného pôsobenia jednotlivých síl?</i> Za akých podmienok sa podložka udrží na pohári?</p>	<p><i>ťaž podložky, atmosférická tlaková sila, tlaková sila uzavretého vzduchu, hydrostatická tlaková sila, (prilnavé sily medzi molekulami kvapaliny, nádoby a podložky)</i> <i>Podložka nespadne, ostane v pokoji, ak výsledná pôsobiaca sila je nulová</i></p>	<p>Niektorí žiaci nerozlišujú medzi ťažovou a tlakovou silou vody. Poukázať na ich rozdiel možno napríklad pri použití fľaše s úzkym hrdlom namiesto pohára.</p>
<p>Obsah</p>	<p>Cieľ / úloha</p>	<p>Učiteľ</p>	<p>Žiaci</p>	<p>Metodické poznámky</p>

<p>6. Aplikácia poznatkov – riešenie praktických a teoretických úloh</p> <p>~10 minút *</p>	<p>Vytvorenie kvantitatívnej predstavy o veľkostiach síl pôsobiacich na podložku, o veľkosti hydrostatického tlaku, atmosférického tlaku a tlaku vzduchu v pohári</p>	<p><i>Akou veľkou silou tlačí na podložku voda, ktorá je v pohári, vzduch, ktorý je v pohári a akou veľkou silou tlačí okolitý vzduch?</i></p> <p><i>Odhadnite, aký je tlak vzduchu v pohári. Porovnajte ho s atmosférickým tlakom.</i></p> <p><i>Vysvetlite princíp fungovania napájadla pre vtáky.</i></p>	$F_a = p_a \cdot S$ $G = m_{pod} \cdot g$ <p>po ustálení rovnováhy</p> $F_a = F_v + G$ $F_a = F_a$ $F_v = \frac{F_v}{S}$	<p>Hodnoty jednotlivých parametrov – h', S, m_{pod} – možno žiakom zadať, alebo (v prípade väčšej časovej dotácie) ich môžu žiaci sami merať.</p> <p>Tlaková sila vody je o dva rády menšia ako atmosférická tlaková sila, v prípade použitia kancelárskeho papiera je tiažová sila podložky ešte o ďalšie dva rády menšia. So žiakmi je vhodné diskutovať o podmienkach, kedy možno niektorú z pôsobiacich síl zanedbať.</p>
				

* Uvedené sú minimálne časové nároky, doporučujeme však téme venovať niekoľko naväzujúcich hodín, aby žiaci mali dostatok času na získanie bezprostrednej skúsenosti, na vytvorenie vlastných predstáv o fungovaní sledovaných javov, na ich formuláciu a overenie.

Súpis pomôcok k jednotlivým častiam hodiny:

1. učiteľský pokus: sklenený pohár, ¼ kancelárskeho papiera, väčšia miska;
2. žiacke pokusy – pre každého žiaka (skupinu žiakov): dva sklenené (napr.. zaváraninové) poháre rôznej veľkosti, fľaša s úzkym hrdlom, plastový pohár, podložky rôznej kvality a veľkosti (z odpadových materiálov – kancelársky papier, novinový papier, kartón, plastové viečko; miska pod kvetináč, ...), plastová fľaša ako zásobník na vodu a väčšia miska (napr. fotomiska), nad ktorou môžu žiaci pokus vykonávať;
3. na doplnujúce pokusy (okrem už uvedených pomôcok): gumový zvon na čistenie vodovodného odpadu, vedro, injekčná striekačka, plastový pohár s vrchnákom (s otvorom v dne pohára a vo vrchnáku), slamka / pipeta, širšia priehľadná trubica, gáza / obväz, gumička, saponátový roztok;
6. na experimentálne určenie veľkostí pôsobiacich síl (okrem pomôcok uvedených v bode 2.): milimetrový papier, lepiaca páska, váhy, barometer.