



**Fakulta pedagogická
Katedra obecné fyziky**

Experiment jako motivační prvek ve výuce mechaniky kapalin na základní škole

rigorózní práce

Prohlašuji, že jsem rigorózní práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne.....

.....

Plzeň, 2009

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mne během studia podporovali. Jedná se zejména o mou rodinu a kolegy a přátele z katedry obecné fyziky.

OBSAH

1	Úvod	7
2	Didaktika jako vědní obor	8
2.1	Vymezení pojmu didaktika.....	8
2.2	Didaktika fyziky	9
3	Didaktické zásady	11
3.1	Obecně platné didaktické zásady.....	11
3.1.1	Zásada komplexního rozvoje osobnosti žáka	11
3.1.2	Zásada vědeckosti	11
3.1.3	Zásada individuálního přístupu k žákům.....	12
3.1.4	Zásada spojení teorie s praxí	12
3.1.5	Zásada uvědomělosti a aktivity	12
3.1.6	Zásada názornosti	13
3.1.7	Zásada soustavnosti	13
3.1.8	Zásada přiměřenosti.....	13
3.1.9	Zásada trvalosti a operativnosti	13
3.2	Didaktické zásady ve vyučování fyziky	14
4	Výukové cíle	16
4.1	Vlastnosti výukových cílů	16
4.2	Současné pojetí cíle výuky fyziky na základní škole	17
4.2.1	Výukové cíle základní školy	17
4.2.2	Výukové cíle fyziky na základní škole.....	19
4.3	Taxonomie výukových cílů	20
4.3.1	Taxonomie kognitivních cílů podle B. S. Blooma a kol.	20
4.3.2	Taxonomie afektivních cílů podle D. B. Kratochvíla.....	22
4.3.3	Taxonomie psychomotorických cílů podle R. H. Davea.....	23
4.4	Stanovení cílů výuky	24
5	Metody výuky ve fyzice	25
5.1	Klasické metody výuky fyziky	27
5.1.1	Slovní metody.....	27
5.1.2	Názorně demonstrační metody	29
5.1.3	Praktické metody	30
5.2	Aktivizující metody výuky fyziky	30
5.2.1	Metoda problémového výkladu	30
5.2.2	Heuristická metoda	31
6	Motivace a aktivizace žáků při výuce fyziky.....	32
6.1	Vnitřní motivace	32
6.2	Vnější motivace	33
6.3	Motivace žáka v hodinách fyziky	34
6.3.1	Poznávací potřeby žáků a jejich rozvoj	34
6.3.2	Výkonové potřeby žáků a jejich rozvoj	35
6.3.3	Sociální potřeby žáků a jejich rozvoj	36
6.3.4	Aktivizace žáků	36
7	Experiment jako aktivizující prvek v hodině fyziky	38
7.1	Klasifikace experimentů ve školské fyzice	38
7.1.1	Klasifikace experimentů podle zaměření	39
7.1.2	Klasifikace experimentů podle provedení	40

7.1.3	Klasifikace experimentů podle logické povahy.....	41
7.1.4	Klasifikace experimentů podle didaktické funkce.....	41
7.2	Didaktické požadavky na demonstrační pokus	44
7.3	Hlavní fáze demonstračního experimentu	45
7.4	Technika přípravy a provádění demonstračních experimentů.....	46
7.5	Využití videoukázky zachycující experiment ve školské fyzice	47
7.6	Zásady bezpečnosti práce při provádění experimentů.....	48
8	Současný stav mechaniky kapalin ve výuce na základní škole.....	49
8.1	Teoretický rozbor mechaniky kapalin na základní škole	49
8.1.1	Vlastnosti kapalin	49
8.1.2	Tlak v kapalině	49
8.1.3	Síly v kapalině	50
8.1.4	Podmínka rovnováhy kapalin	50
8.1.5	Hydrostatický tlak	51
8.1.6	Pascalův zákon	51
8.1.7	Archimédův zákon.....	52
8.1.8	Plavání těles.....	53
8.2	Hlavní problémy spojené s výukou mechaniky kapalin.....	54
8.3	Mechanika kapalin v současných učebnicích fyziky pro základní školu	54
9	Experimenty ve výuce mechaniky kapalin.....	59
9.1	Mechanické vlastnosti kapalin.....	59
9.1.1	Nestlačitelnost kapalin.....	59
9.1.2	Mince na hladině	60
9.1.3	Využití změny povrchového napětí vody	61
9.1.4	Smáčení stěn kapalinou	62
9.2	Směr působení tlakové síly v kapalině	63
9.2.1	Působení tlakové síly kapaliny na stěnu tělesa.....	63
9.2.2	Působení tlakové síly na těleso ponořené v kapalině	64
9.2.3	Pevné dno	65
9.3	Hydrostatický tlak	66
9.3.1	Přístroj ukazující tlakovou sílu v kapalině	66
9.3.2	Závislost velikosti hydrostatického tlaku na hloubce.....	67
9.3.3	Závislost hydrostatického tlaku na hloubce.....	68
9.3.4	Poškozené lodě	69
9.3.5	Demonstrace účinků hydrostatického tlaku.....	70
9.4	Spojené nádoby	71
9.4.1	Spojené nádoby	71
9.4.2	Plastové spojené nádoby.....	72
9.4.3	Hadicová libela	73
9.4.4	Sifon	74
9.5	Archimédův zákon.....	75
9.5.1	Ověření Archimédova zákona	75
9.5.2	Ověření Archimédova zákona pro tělesa nepravidelného tvaru.....	76
9.5.3	Měření vztlakové síly	77
9.5.4	Archimédova rovnováha.....	78
9.5.5	Archimédova rovnováha II.....	78
9.5.6	Plavání v malém množství kapaliny.....	79
9.6	Plavání těles s neměnnou průměrnou hustotou	80
9.6.1	Které předměty plavou a které klesnou ke dnu?.....	80

9.6.2	Neposlušné vejce	81
9.6.3	Výměna nádoby	82
9.6.4	Závislost hustoty kapaliny na teplotě	83
9.6.5	Různorodá směs.....	84
9.7	Plavání těles s proměnnou průměrnou hustotou.....	85
9.7.1	Tančící hrozinky	85
9.7.2	Modelovací hmota	86
9.7.3	Plavání a potápění.....	87
9.7.4	Plovoucí závaží.....	87
9.7.5	Plovoucí závaží II	88
9.7.6	Námořníkovy rozpaky	89
9.7.7	Lékovka s broky	91
9.7.8	Hustoměr tvořený lékovkou s broky	92
9.7.9	Karteziánek	93
9.7.10	Karteziánek na dálkové ovládání.....	94
9.7.11	Uzavřený plynový měchýř ryb	94
9.7.12	Otevřený plynový měchýř ryb	95
9.7.13	Archimédův výtah	97
9.7.14	Jednoduchý Archimédův výtah	97
9.7.15	Časovaný Archimédův výtah.....	98
9.7.16	Plovoucí svíčka.....	100
9.8	Rozšiřující úlohy o plavání těles	100
9.8.1	Ledovec	100
9.8.2	Záhada plovoucího dřeva.....	101
9.8.3	Archimédův prst	102
9.8.4	Vratká nádoba.....	103
9.9	Pascalův zákon	104
9.9.1	Ježík	104
9.9.2	Sklenice s trubičkami	105
9.9.3	Pascalův svícen.....	105
9.9.4	Model hydraulického zařízení	106
10	Závěr.....	108
11	Seznam použité literatury a internetových zdrojů	109
12	Seznam obrázků a příloh	112
	Příloha A.....	114
	Resumé.....	115

1 Úvod

U současných žáků základních a středních škol velmi výrazně klesá zájem o přírodní vědy. Zejména fyzika je pro žáky složitou, obtížně pochopitelnou disciplínou, kterou navíc často vnímají jako odtažitou od svého běžného života. Tento trend lze rovněž pozorovat u studentů prvního ročníku oboru „Přírodovědná studia“ na Pedagogické fakultě Západočeské univerzity v Plzni, kteří si zapisují předmět „Fyzika pro přírodní vědy“. Pojem fyzika má velká většina posluchačů spjatý s množstvím nic neříkajících rovnic, složitých pouček a zákonů. Během mého tříletého působení na katedře obecné fyziky se mi však naskytlo mnoho příležitostí přesvědčit se o tom, že fyzika může být pro studenty zajímavá, zábavná, překvapivá, poutavá a poučná. Zejména hodiny „Fyzikálních hrátek pro každého“, které jsou věnovány neobvyklým pokusům z fyziky, se těšily velké oblibě studentů. Předvádění fyzikálních experimentů slavilo také nemalé úspěchy, na akcích zaměřených na popularizaci fyziky pro širokou veřejnost, jakými jsou například Dny vědy a techniky v Plzni nebo Noc vědců.

Cílem mé práce je nalézt možnosti zvýšení motivace žáků základní školy prostřednictvím experimentů. Práce se zaměřuje na experimentální podporu výuky mechaniky kapalin. Tato tradiční disciplína může na první pohled vypadat jednoduše. Přitom však správné pochopení jejích zákonitostí často působí žákům potíže. Současná výuka mechaniky kapalin se navíc musí vyrovnat s požadavky, jenž na ní klade Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání.

Pokus hraje nezastupitelnou roli ve výuce fyziky. Prostřednictvím experimentu získává žák jasnou představu o konkrétním jevu, což mu pomáhá objasnit příslušnou fyzikální zákonitost. Vhodně zvolený a provedený pokus navíc může vzbudit zájem žáka o nové učivo, upoutat jeho pozornost na zkoumaný předmět, nebo mu názorně připomenout zkušenost z běžného života.

Dílčími cíli této práce proto budou analýza současného stavu výuky mechaniky kapalin na základní škole a rozbor možností její experimentální podpory. Dále bude sestaven soubor vhodných experimentů, vytvořený s ohledem na didaktické zásady. Doplnkem budou názorné fotografie a videoukázky.

2 Didaktika jako vědní obor

2.1 Vymezení pojmu didaktika

Slovo didaktika pochází z řeckého výrazu *didaskhein*, který znamená učit, vyučovat, poučovat, jasně vykládat, dokazovat. Obsah tohoto pojmu se v průběhu vývoje společnosti měnil. V pedagogickém smyslu termín didaktika poprvé užil německý pedagog Wolfgang Ratke (1571-1635), který v roce 1619 zveřejnil pojednání *Nova Didactica*, v němž navrhoval zvláštní didaktický systém určený k odstranění problémů ve školách tehdejšího Německa. Didaktiku považoval ze umění vyučovat. Podobně J. A. Komenský (1592-1670) chápal didaktiku jako „všeobecné umění, jak naučit všechny všemu“.³⁹ V díle *Velká didaktika* zahrnuje pod pojem didaktika veškerou pedagogickou problematiku. Komenský sem zařazuje vymezení obecných cílů a úkolů výchovy, vymezení obsahu vzdělávání, mravní, náboženské a tělesné výchovy, vyučovací zásady a metody, teorii školy a organizaci školské soustavy. J. F. Herbart (1776-1841) a jeho následovníci považovali didaktiku jako teorii vyučování. Jeden z nejvýznamnějších českých pedagogů G. A. Lindner (1828-1887) zohledňoval oba zmíněné přístupy. Didaktiku chápal jako vědeckou disciplínu zabývající se vyučováním a zároveň jako umění učit.

Ne vždy však byl pojem didaktika používán. Například reformní pedagogická hnutí na počátku 20. století, mezi něž patří Daltonský plán nebo projektové vyučování, se zabývaly problematikou učení a vyučování, zároveň však neměly potřebu teoreticky analyzovat předmět, strukturu a funkci didaktiky.

Není bez zajímavosti, že pojem didaktika je užíván zejména na území kontinentální Evropy. Například anglofonní oblasti jej nepoužívají. V těchto zemích je zaveden jiný pojmový systém, který zahrnuje disciplíny označované jako „theory of curriculum and instruction“, „instructional science“ a „instructional technology / design“, které je možné do češtiny přeložit jako kurikulární teorie, technologie vzdělávání a pedagogické inženýrství.

Poměrně přesné vymezení pojmu (obecná) didaktika uvádí J. Skalková, která chápe didaktiku jako „...teorii vzdělávání a vyučování zabývající se problematikou obsahů, které se jakožto výsledky společensko-historické zkušenosti lidstva stávají v procesu vyučování individuálním majetkem žáků. Didaktika se zároveň zabývá procesem, který charakterizuje činnost učitele a žáků a v němž si žáci tento obsah osvojují, tedy vyučováním a učením.“³⁹ J. Kot'a uvádí, že „...didaktika je disciplínou zkoumající podstatu vyučování, provádí analýzu cílů, obsahu, vlastního procesu vyučování, vyučovacích zásad, organizačních forem, metod i vyučovacích předmětů; je obecným základem řady oborových didaktik.“⁴⁴

Didaktika jako samostatný vědní obor má svůj předmět zkoumání, systém základních kategorií a systém výzkumných metod. Předmětem didaktiky je zkoumání jednotlivých didaktických kategorií a jejich uplatnění ve vyučovacím procesu, další formy vzdělávání a proces sebevzdělávání. Vzděláváním označujeme záměrný, soustavný, organizovaný proces vedoucí k dosažení určitého stupně vzdělání. Vzdělání je chápáno jako souhrn vědomostí, dovedností, návyků, postojů, názorů a přesvědčení člověka a jako určitá úroveň rozvoje jeho schopností, potřeb, motivů a zájmů, kterých bylo dosaženo prostřednictvím výchovně vzdělávacího procesu.

Vedle obecné didaktiky, která zkoumá obecné otázky obsahu vzdělávání a procesu učení, jež jsou společné pro všechny předměty, se u nás po druhé světové válce začaly rozvíjet oborové didaktiky. Jedná se o samostatné vědní disciplíny, které jsou v úzkém vzájemném vztahu s obecnou didaktikou. Didaktika poskytuje obecný teoretický základ, jež mohou oborové didaktiky rozvíjet s ohledem na specifika svého předmětu. Naopak oborové didak-

tiky přicházejí s didaktickými výzkumy, jenž přinášejí řadu cenných obecně didaktických poznatků.^{18, 39, 44}

2.2 Didaktika fyziky

Didaktika fyziky jako samostatný vědní obor se na našem území začala rozvíjet ve druhé polovině 20. století. Za její zakladatele jsou považováni prof. RNDr. Emil Kašpar, DrSc., prof. PaedDr. Josef Fuka, RNDr. Marta Chytilová, CSc. a prof. RNDr. Jitka Fenclová-Brockmeyerová, CSc. Didaktika fyziky navázala na metodiku fyziky, která vytvářela nej-různější metodické návody pro učitele fyziky. Návody, jenž se týkaly zejména vedení laboratorních cvičení, zařizování učeben nebo výkladu náročného učiva, byly vytvářeny na základě zkušeností učitelů, nebyly však založeny na teoretickém základu. Metodika fyziky a matematiky si vydobyla významné postavení již ve druhé polovině devatenáctého století. Pravidelnou součástí Časopisu pro pěstování matematiky a fyziky byly články psané učiteli středních škol, které byly věnované výměně zkušeností nebo hodnocení učebnic.

Oproti tomu aplikační pojetí didaktiky fyziky upřednostňovalo před fyzikální vědou poznatky pedagogiky a obecné didaktiky, které se snažilo aplikovat na výuku fyziky.

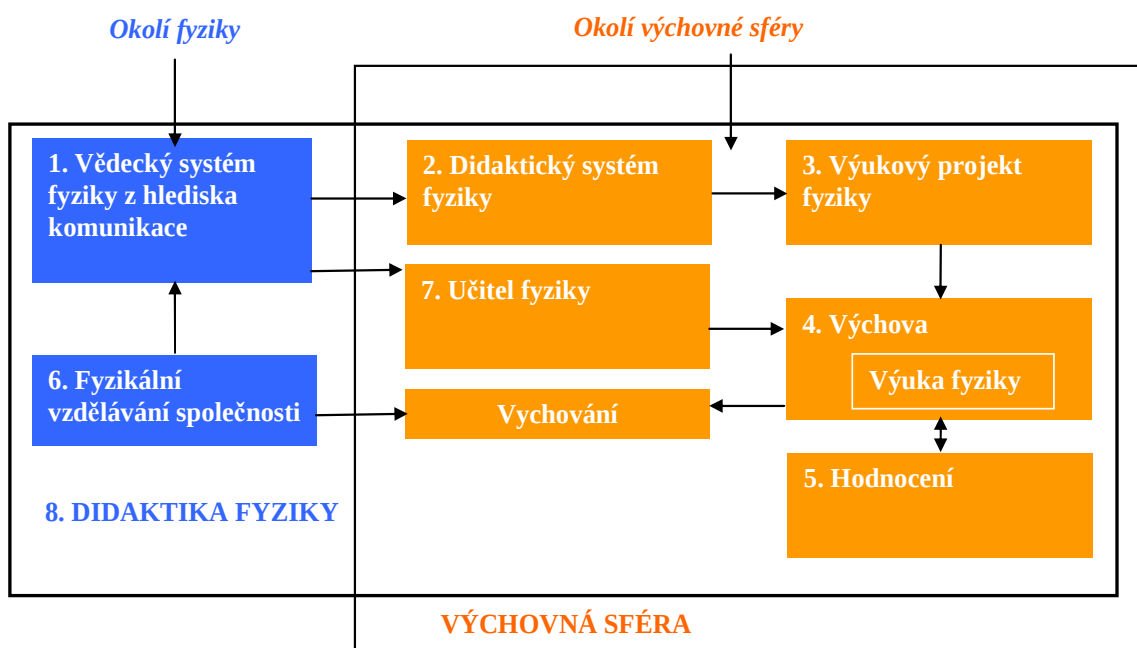
Moderní pojetí fyzikálního vzdělávání, jenž se snaží o modernizaci metod a prostředků a také o to, aby obsah výuky fyziky korespondoval se současným poznáním fyzikální vědy, odhalilo nedostatky stávajícího pojetí didaktiky fyziky. Pouhá aplikace obecné didaktiky nestačila. Bylo zapotřebí využít poznatků řady dalších vědních oborů, mezi něž patří zejména psychologie, sociologie, filosofie, matematika nebo technika. Hovoříme o integračním pojetí didaktiky fyziky, která tak získala mezioborový charakter. Přitom je zřejmé, že oblast didaktiky fyziky se nekryje s předmětem obecné didaktiky a nepostihuje ani celou oblast bádání fyzikální vědy. Podíváme-li se blíže na vztah didaktiky fyziky a vědecké fyziky, zjistíme, že obě disciplíny mají společný předmět zájmu, jímž je vytváření fyzikálního obrazu světa. Cílem fyziky je však obohacení lidského poznání, zatímco předmětová didaktika má za cíl vzdělávání a výchovu. Didaktika fyziky přebírá od vědecké fyziky řadu metod, mezi něž patří indukce a dedukce, analýza a syntéza. Některé metody, jakými je například experiment, upravuje pro školské potřeby. Navíc používá metody obecné didaktiky, jakými jsou výklad nebo tvůrčí činnost žáků.

S dalším rozvojem fyzikálního poznání bylo nutné, aby se didaktika fyziky zaměřila na systematizaci získaných fyzikálních poznatků a proces jejich předávání a osvojování. Nově vzniklé pojetí didaktiky fyziky, které je označováno jako komunikační, se stalo východiskem pro současné vymezení předmětu didaktiky fyziky. Podle J. Fenclové, je předmětem didaktiky fyziky v komunikačním pojetí „...celý souvislý proces předávání a zprostředkování výsledků a metod fyzikálního poznání do vědomí jednotlivců, kteří se na vzniku poznání nepodíleli, a tím i do společenského vědomí.“¹⁰ Popsaný proces se nazývá didaktická komunikace fyziky.

Dalším podstatným znakem je vedle předmětu didaktiky její systém základních kategorií z hlediska didaktické komunikace fyzikálního poznání. Systém je tvořen osmi základními oblastmi, jenž postihují celou cestu předávání fyzikálního poznání. Oblasti můžeme rozdělit do dvou skupin na okolí fyziky a okolí výchovné sféry (Obr. 1). Do okolí fyziky spadají vědy a oblasti, jenž fyzika využívá jako pomocné a přírodní vědy využívající fyziku jako vědu základní. Okolí výchovné sféry zahrnuje oblasti spojené s výchovou jedince.

Základní problémové oblasti didaktiky fyziky jsou:

1. **Vědecký systém fyziky z hlediska didaktické komunikace** – zahrnuje veškeré fyzikální poznání, jeho systém, metody a současně i předpokládané pojetí.
2. **Didaktický systém fyziky** – zabývá se výukou školské fyziky, strukturou cílů výuky, problematikou obsahu výuky fyziky a vzděláním vůbec.
3. **Výukový projekt fyziky a jeho prostředky** – je realizací didaktického systému fyziky prostřednictvím učebních plánů, osnov, učebnic, pomůcek a jejich kombinací.
4. **Výukový proces fyziky** – jedná se o jeden z nejvýznamnějších problémů didaktiky fyziky. Zahrnuje činnosti učitele i činnosti žáka.
5. **Výsledky výuky fyziky a jejich hodnocení** – objektivně zjišťuje a hodnotí výsledky výuky fyziky.
6. **Fyzikální vzdělávání a jeho uplatnění** – zabývá se uplatněním fyzikálního poznání mimo oblast výchovy.
7. **Výchova a vzdělávání učitelů fyziky** – zkoumá faktory ovlivňující kvalitu učitelů včetně jejich vzdělávání.
8. **Metodologie a historie didaktiky fyziky** – studuje předmět a metody didaktiky fyziky. Zabývá se historií, jenž je nezbytná k pochopení dílčích výsledků bádání v širším kontextu.



Obr. 1: Základní problémové oblasti didaktiky fyziky¹⁵

Třetím a posledním znakem didaktiky fyziky je systém výzkumných metod, které se používají pro studium základních problémových oblastí. Metody dělíme na empirické, mezi něž patří například pozorování, testování nebo dotazník, a metody teoretického výzkumu, které zahrnují didaktickou analýzu a syntézu, mezinárodní komparaci, vytváření didaktických modelů a mnoho dalších.^{10, 15, 40}

3 Didaktické zásady

Pod pojmem didaktické zásady rozumíme základní pravidla, jenž mají zajistit efektivnost výuky. Jedná se o nejobecnější normy podmiňující úspěšnost pedagogické práce. Tato pravidla se týkají všech stránek výuky. Mimo jiné zahrnují učitelovu vyučovací činnost, formy výuky, metody výuky, materiální didaktické prostředky, poznávací činnost žáka a učivo. Systém pedagogických zásad se utvářel po staletí. Prvotním východiskem pro formulaci didaktických zásad byly zkušenosti pedagogů. Jejich empirické poznatky byly postupem času upřesňovány a doplňovány prostřednictvím pedagogického vědeckého výzkumu.

Didaktické zásady se měnily společně s historicko-společenskými podmínkami a s rozvojem poznání podstaty vyučovacího procesu. První ucelenější systém didaktických zásad publikoval J. A. Komenský v XVI. kapitole *Velké didaktiky*. Zde uvádí devět didaktických zásad vyučování a učení. V díle nazvaném *Analytická didaktika* podrobně zpracovává celou řadu návodů, pravidel, pouček a doporučení pro učitele. Didaktické zásady však popisují i další významní pedagogové, např. J. H. Pestalozzi nebo J. F. Herbart.

Systém didaktických zásad není v současné pedagogické literatuře jednotný. Přesto však můžeme didaktické zásady rozdělit na obecně platné didaktické zásady a tzv. moderní zásady, které vznikly současně s některou z nových pedagogických koncepcí. Tyto zásady mají specifické požadavky vztahované k příslušné koncepci. Například B. F. Skinner, zakladatel koncepce programového vyučování, formuloval principy aktivní odpovědi, malých kroků, zpětné vazby, individuálního tempa a hodnocení žákova výkonu a prověřování programu v praxi. L. V. Zankov, představitel koncepce rozvíjejícího vyučování, formuloval odlišné zásady, mezi které patří: zásada vyučování na vysokém stupni vývoje, zásada postupu vpřed rychlým tempem, zásada vedoucí úlohy teoretických vědomostí v počátečním vyučování, zásada uvědomělosti a zásada cílevědomého a systematického rozvoje žáků ve třídě.^{18, 30}

3.1 Obecně platné didaktické zásady

Počet obecně platných didaktických zásad, jenž uvádí pedagogická literatura, se mění. Pokud ale vybereme zásady obsahující společné prvky, můžeme sestavit soubor devíti zásad.

3.1.1 Zásada komplexního rozvoje osobnosti žáka

Učitel by se měl snažit o komplexní rozvoj osobnosti žáka. Již při didaktické analýze učiva by měl zvážit, jakým způsobem může dané učivo rozvinout kognitivní (poznávací), afektivní (postojové) a psychomotorické struktury žákovy osobnosti a stanovit edukační cíle. Procesy vzdělávání a vychovávání probíhají společně. Přestože v určité fázi výuky učitel upřednostňuje různé cíle, musí mít na paměti, že ovlivňuje také ostatní struktury žákovy osobnosti. Neměl by zapomínat, že při vyučování se rozvíjí také základní mravní vlastnosti žáka, jeho vztah k ostatním lidem, pracovní a studijní návyky atd.^{18, 17, 30}

3.1.2 Zásada vědeckosti

Tato zásada vyplývá z požadavku, aby si žáci osvojili poznatky odpovídající jejich momentální kognitivní úrovni a aby byli zároveň seznámeni se současnými ověřenými vědeckými poznatky. Zásada vědeckosti proto klade vysoké nároky na osobnost učitele, od něhož se očekává, že bude mít neustálý přehled o současném vývoji vědeckých disciplín týkajících se jeho oboru. Učitel se proto musí neustále sebevzdělávat a aktualizovat tak své poznatky, jenž velmi rychle zastarávají.

Zásada vědeckosti navíc vyžaduje, aby vědecké informace byly předávány prostřednictvím vhodných výukových metod. Učitel by měl provázet žáky při vyhledávání, zpracování

a využívání potřebných informací. Rovněž by měl umět rozvinout myšlení žáků, vést je k samostatnosti, aktivitě, tvořivosti a porozumění, které je podmínkou trvalého zapamatování a aplikace získaných vědomostí.^{18, 17, 30}

3.1.3 Zásada individuálního přístupu k žákům

Žáci se odlišují v mnoha důležitých znacích. Jedná se zejména o úroveň jejich myšlení, chápání, řeči, citových a volních procesů. Každý žák má také jiný zdravotní stav, odlišné charakterové vlastnosti, zájmy, jiný postoj k učení, specifické domácí prostředí, rozdílné osobní zkušenosti a jinou motivaci k učení.

Pro efektivitu výuky je podstatné, aby učitel dobře poznal, v jakých podstatných znacích se žáci liší. Pro zjištění odlišnosti jednotlivých faktorů je nutné využít metod pedagogické diagnostiky. Její výsledky by měl učitel využít k tomu, aby následně diferencoval učení žáků, tak aby každému z nich umožnil být úspěšný v učební činnosti. Uplatnění zásady individuálního přístupu je základním podmínkou optimálního rozvoje osobnosti každého žáka.^{17, 18}

3.1.4 Zásada spojení teorie s praxí

Je důležité dbát na to, aby vědomosti žáků byly funkčně propojeny s praktickou činností. Přitom se může jednat o teoretické řešení problémů, nebo o uplatnění vědomosti v praxi. Žáci často mívají praktické zkušenosti a představy, týkající se probírané látky. Učitel by je měl poznat, správné představy by se měl snažit upevnit a dále rozvíjet, nesprávné naopak opravit.

Výukové cíle je nutné směřovat k aplikaci teoretických poznatků a tím žáky přesvědčovat o smysluplnosti výuky. Učitel by měl žáky učit uplatňovat teoretické vědomosti ve světě mimo školu. Žáci by měli být schopni hledat potřebné informace v praxi a dále s nimi pracovat.^{18, 17, 30}

3.1.5 Zásada uvědomělosti a aktivity

Poznatky, které si žák osvojí z vlastní vůle, jsou hluboce pochopené. Žák s nimi dokáže lépe pracovat, je chopen je vysvětlit, formulovat jiným způsobem, vyjádřit jejich podstatné znaky, využít je při řešení praktických příkladů a doložit získaná pravidla pomocí vlastních příkladů.

Uvědomělé osvojení poznatků vyžaduje, aby se žák z vnitřního podnětu aktivně účastnil výuky. Přitom je nutné, aby se do poznávacího procesu zapojila celá žákova osobnost. Z toho vyplývá, že kvalita žákovy uvědomělosti závisí na rozvoji rozumové, citové a volní stránky jeho osobnosti. K tomu, aby se žák chtěl z vlastní vůle učit, musí být splněno několik předpokladů. Žák si nejprve musí uvědomit a pochopit specifické výukové cíle, k nimž jeho učení směřuje. Dále musí být vnitřně přesvědčen o kvalitě, potřebě splnění a vysoké pravděpodobnosti dosažení výukových cílů. Je důležité, aby žák byl přesně a bezprostředně informován o průběhu a výsledcích svého učení. Výsledky učení by měly žáka naplňovat vnitřním uspokojením.

Aktivita žáků závisí především na jejich vnitřní motivaci. Zásada uvědomělosti a aktivity proto vyžaduje, aby byly uspokojeny psychické potřeby žáků, mezi něž patří poznávací potřeby, výkonové potřeby a sociální potřeby. Tento požadavek ovlivňuje volbu výukových metod. Přitom je důraz kladen na individuální přístup k žákům. Učitel může využít například problémový způsob výuky, projektové vyučování, samostatnou práci žáků, heuristický způsob výuky, soutěže a mnoho jiných prostředků. O možnostech rozvoje poznávacích, výkonových a sociálních potřeb žáků pojednává podrobněji kapitola (6.3)^{18, 17, 30, 31}

3.1.6 Zásada názornosti

Učební činnost by měla aktivovat co největší množství smyslů. Tento požadavek formuloval již J. A. Komenský. Učitel by názornost měl použít v případech, že reálné představy žáků neumožňují vytváření nových představ. Požadavek názornosti je velmi důležitý pro žáky, kteří nemají dostatek zkušeností. Smyslové vnímání umožní žákovi vytvořit základní představy o věcech a jevech, které následně může zpracovat v pojmy. Názornost tedy usnadňuje přechod k abstraktnímu myšlení.

K uplatnění názornosti ve vyučování slouží pomůcky a didaktická technika. Není-li možné použít předměty a jevy reálné skutečnosti, využívá se jejich zobrazení. Učitel přitom musí řídit proces vnímání a pozorování žáků. Žáci mladšího školního věku si všímají celku. Zaujímou je hlavně výrazné znaky předváděného jevu. Učitel musí žáky postupně vést k analytickému vnímání, aby mohli proniknout k poznání podstaty předmětů a jevů, a následně s nimi pracovat.

Při porovnání podílu jednotlivých analyzátorů na příjmu informací zjistíme, že 80 % informací vnímáme zrakem, sluchem zachytíme pouze 12 %. Podíl hmatu (5 %) a ostatních smyslů (3 %) je velmi malý. Tomuto rozdělení by mělo odpovídat i zapojení jednotlivých smyslů při výuce. Názorných pomůcek je však zapotřebí užívat přiměřeně, jinak hrozí rozptýlení pozornosti, ulpívání na povrchnostech, přehlédnutí nebo nepochopení podstaty pozorovaných jevů a věcí.^{18, 17, 30}

3.1.7 Zásada soustavnosti

Tato zásada vyžaduje, aby učivo bylo logicky uspořádáno podle didaktického systému. Uspořádání učiva by mělo vycházet ze systému příslušných vědeckých disciplín, je však nutné jej upravit s ohledem na věk žáků. Poznatky musí tvořit logickou posloupnost, kdy jeden poznatek vyplývá z druhého. Vlastní systém uspořádání učiva si učitel vytváří řadu let, avšak i po jeho ucelení na něm neustále pracuje a zdokonaluje ho.

Požadavek soustavnosti se vztahuje nejen k obsahu učiva, ale i k výukovým metodám. Proto je nutné soustavně opakovat, procvičovat, průběžně podporovat žáka v učební činnosti a systematicky hodnotit jeho výsledky. Žák by se měl naučit pracovat pravidelně a soustavně, čímž se vytvoří jeho osobní učební a pracovní styl.^{18, 17, 30}

3.1.8 Zásada přiměřenosti

Učitel by měl dbát na to, aby rozsah a obsah učiva, výběr vyučovacích metod, organizačních forem a učebních pomůcek odpovídal psychickému a somatickému rozvoji dítěte příslušného věku, ale také individuálním zvláštnostem jednotlivých žáků. Věkové zvláštnosti jsou zohledněny v učebních osnovách a učebnicích určených pro daný typ školy. Úkolem učitele je přiměřeně upravit látku vzhledem k individuálním zvláštnostem žáků.

Přiměřené vyučování žáka optimálně podněcuje a přispívá v nejvyšší možné míře k jeho rozvoji. Z toho plyne požadavek na dostatečnou obtížnost učiva i postupů práce a na jejich osvojování náležitým tempem. Obtížnost a tempo je však potřeba přizpůsobit individuálním rozdílům mezi žáky.^{17, 30}

3.1.9 Zásada trvalosti a operativnosti

Žák by si měl osvojit vědomosti a dovednosti trvale, aby si je mohl kdykoliv vybavit a použít při dalším procesu sebevzdělávání a v praktických činnostech. Přitom je důležité během učební činnosti respektovat zákonitosti paměti a faktory zapamatování. Trvalé osvojení vědomostí a dovedností podporuje především vhodná motivace žáků, logické uspořádání učiva do systémů, pečlivý výběr základního učiva, které je podstatné pro

správné pochopení problematiky, zapojení více smyslů do procesu poznání a aktivní opakování.

Učitel by se neměl zaměřit pouze na kvantitu opakování, ale měl by se soustředit i na jeho kvalitu. Měl by zařazovat opakování prostřednictvím řešení konkrétních praktických či intelektuálních úkolů.^{17, 30}

3.2 Didaktické zásady ve vyučování fyziky

Při výuce fyziky se konkretizují obecně platné didaktické zásady. Současná vědecká fyzika neustále přináší nové poznatky ve všech svých oblastech. Zároveň vznikají nové obory. Zásada vědeckosti požaduje, aby byl obsah učiva fyziky v souladu se současným stavem vědecké fyziky, což je vzhledem k její obsáhlosti velmi obtížné. Školská fyzika proto vybírá z vědeckých poznatků pouze omezené množství látky, které se snaží vyložit za pomoci vědeckých metod fyziky. Vědeckost školské fyziky není orientována na šíři poznatků, ale snaží se proniknout do podstaty několika pečlivě vybraných jevů a zákonitostí. Vybrané poznatky je nutné vyložit žákům tak, aby pro ně byly srozumitelné. Proto dochází k určitému zjednodušení poznatků, jehož cílem je přiblížit učivo schopnostem žáků. Důraz je kladen především na jasnost a srozumitelnost, nikoliv na vědeckou úplnost a přesnost učiva. Přitom je důležité najít vhodný kompromis mezi didaktickou zásadou vědeckosti a zásadou přiměřenosti a názornosti.

Zásada soustavnosti naráží na podobný problém jako zásada vědeckosti. Ve školské fyzice není možné, aby splynula vědní soustava odborné fyziky s didaktickou soustavou učiva fyziky. Učivo proto musí být upraveno tak, aby odpovídalo věkovým zvláštnostem žáků a úrovni jejich dosavadních vědomostí. Zároveň je potřeba, aby didaktická soustava respektovala vědní systém. Nové poznatky by měly vycházet ze stávajících poznatků, měly by být doloženy důkazem plynoucím z předchozího učiva, pokusem nebo matematickým vyjádřením. Učitel by se měl uchýlit k dogmatickému sdělování poznatků pouze tehdy, je-li to nevyhnutelné. V každém případě je nutné upevnit sdělený poznatek příklady potvrzujícími jeho platnost, praktickým užitím v dalších souvislostech a v aplikacích.

Velmi důležitá je zásada vědeckosti, jenž se týká metod podávajících fyzikální látku. Při řešení problémů vychází školská fyzika, podobně jako fyzikální věda, z pozorování a z pokusu. Součástí výuky fyziky proto musí být každodenní zkušenost žáků a fyzikální experiment. Samotné provedení pokusu však k poznání podstaty fyzikálního jevu nestačí. Pokus by měl sloužit k doložení teorie.

Didaktická zásada spojení teorie s praxí logicky vyplývá ze zásady vědeckosti. Ve výuce fyziky slouží praktické uplatnění teoretických poznatků k jejich prověření, hlubšímu poznání a upřesnění. Žáci se navíc seznámí s možnostmi uplatnění fyzikálních poznatků v běžném životě a v technické praxi, což je utvrdí ve smysluplnosti fyzikálního poznání. Rozbor příkladů z historie, kdy využití teoretických poznatků v praxi formovalo vědecké poznání fyzikálních zákonitostí, může žákům ukázat, jakým způsobem vědecké objevy ovlivnily rozvoj techniky a jak technika zpětně ovlivňuje výzkumnou činnost.

Učitel při výuce fyziky často používá matematický aparát, vysvětluje různě obtížné soustavy poznatků, fyzikální teorie, aplikace fyzikálních poznatků v praxi apod. Během přípravy na hodinu musí učitel přihlížet k rozumovým schopnostem, věku a vývoji žáků, upravit podle nich obsah učiva konkrétní vyučovací hodiny a volit vhodné výukové metody. Na obsah učiva dané vyučovací hodiny je potřeba nahlížet z hlediska kvalitativní a kvantitativní přiměřenosti látky. Kvantitativně přiměřené učivo odpovídá časovým možnostem výkladu jedné vyučovací hodiny. Jeho rozsah je nutné stanovit s ohledem na individuální schopnosti žáků. Kvalitativní přiměřenost rozděluje učivo podle mentální úrovně žáků na

dostupné a nedostupné. Určité fyzikální učivo lze například vyložit pouze tehdy, když žáci mají osvojen příslušný matematický aparát. Pro objektivní posouzení míry dostupnosti učiva je zapotřebí využít objektivní diagnostické metody pedagogického výzkumu.

Podcenění zásady přiměřenosti může vést k formalismu ve vědomostech žáků. Není-li výklad tvořen s ohledem na individuální rozdíly mezi žáky, jedinci, kteří výkladu neporozuměli nebo jej nestihli sledovat, se pouze učí mechanicky memorovat učivo. Fyzikální zákonitosti jsou pro ně bezobsažné fráze.

Klasická interpretace zásady názornosti požaduje, aby představy a pojmy vytvořené v myslech žáků byly založeny na vjemech získaných bezprostředním studiem objektů. Z toho vyplývá, že základem vyučování fyziky by mělo být pozorování a fyzikální experiment. Pokus může mít formu učitelovy demonstrace nebo vlastní činnosti žáků. Rovněž výklad by měl být názorný. Učitel by jej proto měl doprovázet zápisem a náčrtky na tabuli, pracovat s učebnicí a obrazovými pomůckami. Vhodné uplatnění metody názornosti pomáhá zvyšovat vědomosti, dovednosti a poznávací schopnosti žáků.

Předpokladem uvědomělého osvojování učiva je úplné pochopení probírané látky. K tomu je důležitá aktivní účast žáka na vyučování. Za aktivní a uvědomělé osvojování učiva považujeme vlastní práci žáka i jeho aktivní myšlenkovou činnost. Důležitou roli pro uvědomělé osvojování fyzikálních poznatků hraje provázanost učiva. Žák by měl mezi jednotlivými poznatky a jevy vidět fyzikální souvislosti a vzájemné vztahy.^{12, 15}

4 Výukové cíle

Cíl výuky je jednou ze stěžejních kategorií školní didaktiky. Stejně jako koncepce výchovy, vzdělání a vyučování prošlo i pojetí výukového cíle historickým vývojem. V současnosti je chápán jako „...zamýšlené změny v učení a rozvoji žáka (vědomostech, vlastnostech, hodnotových orientacích, osobnostním a sociálním rozvoji jedince), kterých má být dosaženo výukou“⁴⁴ nebo také jako představa „...o kvalitativních i kvantitativních změnách u jednotlivých žáků v oblasti kognitivní, afektivní a psychomotorické, kterých má být dosaženo ve stanoveném čase v procesu výuky.“¹⁸

Kategorie výukového cíle je významná v několika ohledech. Především je důležitá pro současné kompetenční pojetí vzdělávání. Stanovení cílů výuky zahrnuje výčet kompetencí, na něž se vyučování zaměří. Uvědomění cílů vzdělání konkrétní školy je důležitým východiskem pro učitele, kteří v souladu se současnými Rámcovými vzdělávacími programy vytvářejí vzdělávací programy dané školy. V současné době se prosazují cílové standardy nad standardy obsahovými, což v praxi umožňuje volnost při tvorbě tematických plánů a hlubší integraci učiva. Namísto pokynů předepisujících konkrétní postupy se uplatňují doporučení. Důležitým východiskem současného pojetí vyučování je požadavek, aby se na stanovování cílů výuky podíleli učitelé i žáci. Pokud se i žáci podílejí na utváření didaktických cílů, lépe je přijímají a ztotožňují se s nimi. Výukové cíle tak mohou plnit i významnou usměrňovací a motivující roli v činnosti žáků.

Cíle výuky jsou zaměřeny na celou osobnost žáka. S ohledem na jednotlivé oblasti osobnosti je můžeme rozdělit na:

- *Kognitivní cíle* – zaměřené na rozvoj poznávacích procesů
- *Afektivní cíle* – orientované na utváření postojů, hodnotových orientací
- *Psychomotorické cíle* – zaměřené na činnosti vyžadující nervosvalovou koordinaci

Každou skupinu cílů je potřeba promyslet a formulovat samostatně, při výuce by se však tyto cíle měly vzájemně doplňovat.^{18, 39, 44}

4.1 Vlastnosti výukových cílů

Z hlediska funkčnosti výukových cílů je nutné, aby byly komplexní, soudržné, kontrolovatelné a přiměřené.

Komplexnost výukových cílů

Učitel by měl při stanovování výukových cílů dbát na to, aby výuka v rámci každého tematického celku rozvíjela všechny oblasti osobnosti žáka. Přitom je možné v rámci jedné vyučovací hodiny upřednostnit jen některé cíle.

Kognitivní cíle výuky by měly být formulovány tak, aby bylo zřejmé, co a jak se má žák naučit. Přitom musí být formulovány konkrétní činnosti, které se od žáka očekávají. Z formulace musí být například jasné, jestli má být žák schopen určitý vztah pouze reprodukovat, vysvětlit nebo aplikovat v praxi.

Formulace afektivních cílů by měla vycházet z toho, jakým způsobem může daný tematický okruh ovlivnit postoje žáků a jejich hodnotovou orientaci. Pro rozvoj afektivních cílů je důležité stanovit dobu, kdy je nejvhodnější dát žákům možnost sdělit své osobní zkušenosti, dát jim prostor pro diskusi nebo zadat vhodnou učební úlohu.

Psychomotorické cíle je nutné stanovit podle konkrétních psychomotorických dovedností, jež mají žáci získat.

Soudržnost výukových cílů

Výukové cíle jsou strukturovány tak, že nižší cíle jsou podřízeny cílům vyšším. Zároveň splnění vyšších (obecnějších) cílů závisí na dosažení nižších cílů. Ve výuce se nejobecnější výukové cíle jednotlivých typů škol postupně konkretizují na klíčové kompetence, jenž si má žák osvojit. Z nich se odvozují cíle vzdělávacích oblastí a jednotlivých oborů, ze kterých jsou vyvozovány cíle tematických celků, jenž formulují cíle jednotlivých témat, z nichž vychází cíle vyučovacích hodin a jejich částí.

Cíle jednotlivých výukových hodin může vyučující vhodně upravovat podle momentální potřeby. Musí však zachovat soudržnost výukových cílů vzhledem k cíli příslušného tematického celku.

Kontrolovatelnost výukových cílů

Pozorování činnosti žáka přináší informaci o splnění nebo nesplnění výukového cíle. Proto je důležité, aby definice výukového cíle obsahovala kritéria jeho splnění. Jedná se o konkrétní úkoly (nazývané také výstupy výuky, nebo učební požadavky), kterých má žák v určité etapě učení dosáhnout, podmínky, při nichž má být výkon proveden a normu výkonu. Fixace postojů žáka a jeho hodnot je dlouhodobý proces, je tedy zřejmé, že kritéria splnění afektivních cílů jsou obtížně realizovatelná.

Požadovaný výkon by měl být formulován tak, aby jej bylo možné pozorovat. Při formulaci je proto vhodné použít aktivní slovesa ve spojení s předmětem nebo činností, např. určit velikost vztahové síly působící na těleso, formulovat vlastními slovy podmínky plavání těles. Podmínky výkonu stanovují předpoklady, za nichž má být požadovaný výkon proveden. Jedná se například o stanovení časového limitu nebo vymezení potřebných pomůcek. Norma výkonu vyjadřuje požadovanou kvalitu provedení výkonu.

Přiměřenost výukových cílů

Výukové cíle by měly být dostatečně náročné, přitom je ale nezbytné, aby byly pro všechny žáky splnitelné. Učitel má za úkol analyzovat, v jaké míře jsou momentálně ve třídě splněny kognitivní, afektivní a psychomotorické cíle výuky a následně stanovit výukové cíle další vyučovací hodiny.

Učitel při formulování výukových cílů musí mít neustále na paměti, že se mentální, afektivní a psychomotorická úroveň jednotlivých žáků liší. Proto by i výukové cíle měly být diferencovány tak, aby schopnější žáci měli za úkol splnit náročnější cíle.^{30, 32, 44}

4.2 Současné pojetí cíle výuky fyziky na základní škole

4.2.1 Výukové cíle základní školy

Základní vzdělávání má podle Rámcově vzdělávacího programu pro základní vzdělávání „...pomoci utvářet a postupně rozvíjet klíčové kompetence a poskytnout spolehlivý základ všeobecného vzdělání orientovaného zejména na situace blízké životu a na praktické jednání.“²

Obecné cíle základního vzdělávání jsou vymezeny takto:

- umožnit žákům osvojit si strategie učení a motivovat je pro celoživotní učení
- podněcovat žáky k tvořivému myšlení, logickému uvažování a k řešení problémů
- vést žáky k všestranné, účinné a otevřené komunikaci
- rozvíjet u žáků schopnost spolupracovat a respektovat práci a úspěchy vlastní i druhých

- připravovat žáky k tomu, aby se projevovali jako svěbytné, svobodné a zodpovědné osobnosti, uplatňovali svá práva a naplňovali své povinnosti
- vytvářet u žáků potřebu projevovat pozitivní city v chování, jednání a v prožívání životních situací; rozvíjet vnímavost a citlivé vztahy k lidem, prostředí i k přírodě
- učit žáky aktivně rozvíjet a chránit fyzické, duševní a sociální zdraví a být za ně odpovědný
- vést žáky k toleranci a ohleduplnosti k jiným lidem, jejich kulturám a duchovním hodnotám, učit je žít společně s ostatními lidmi
- pomáhat žákům poznávat a rozvíjet vlastní schopnosti v souladu s reálnými možnostmi a uplatňovat je spolu s osvojenými vědomostmi a dovednostmi při rozhodování o vlastní životní a profesní orientaci²

Pod pojmem klíčové kompetence rozumíme určité univerzální dovednosti, které žák využívá a rozvíjí ve všech vyučovacích předmětech. Jedná se o umění učit se, umění dorozumívat se, spolupracovat, jednat demokraticky, řešit problémy a pracovat soustředěně. Klíčové kompetence formují žákův osobní rozvoj a slouží k jeho uplatnění ve společnosti. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání rozlišuje šest klíčových kompetencí:

Kompetence k učení

Žák je schopen efektivního učení. Vybírá a využívá vhodné způsoby, metody a strategie, plánuje a organizuje vlastní učení. Samostatně pozoruje a experimentuje. Získané výsledky kriticky posuzuje. Poznává smysl učení. K učení má kladný vztah. Posoudí vlastní pokrok, určí překážky či problémy bránící učení, naplánuje si, jakým způsobem by mohl své učení zdokonalit.

Kompetence k řešení problémů

Žák vnímá problémové situace ve škole i mimo ni. Samostatně řeší problémy. Rozpozná a pochopí problém, vyhledá informace vhodné k řešení problému, promyslí a naplánuje způsob řešení problémů a využívá k tomu vlastního úsudku a zkušeností. Prakticky ověřuje správnost řešení problémů. Myslí kriticky, je schopen obhájit svá rozhodnutí a uvědomit si zodpovědnost, kterou nese za svá rozhodnutí a za své činy.

Kompetence komunikativní

Žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky v písemném i ústním projevu. Naslouchá druhým, účinně se zapojuje do diskuze a vhodně argumentuje. Rozumí různým typům textů, využívá informační a komunikační prostředky pro účinnou komunikaci s okolím a využívá získané komunikativní dovednosti k vytváření vztahů s ostatními lidmi.

Kompetence sociální a personální

Žák účinně spolupracuje ve skupině lidí, pozitivně ovlivňuje kvalitu společné práce. Podílí se na utváření příjemné atmosféry v týmu, v případě potřeby poskytne pomoc nebo o ni požádá. Přispívá k diskusi v malé skupině i k debatě celé třídy. Vytváří si pozitivní představu o sobě samém, která podporuje jeho sebedůvěru a samostatný rozvoj. Svým chováním dosahuje pocitu sebeuspokojení a sebeúcty.

Kompetence občanské

Žák respektuje přesvědčení druhých lidí, uvědomuje si povinnost postavit se proti fyzickému i psychickému násilí. Chová se zodpovědně v krizových situacích, podle svých mož-

ností poskytuje účinnou pomoc. Je si vědom svých práv a povinností ve škole i mimo ni. Respektuje kulturní a historické dědictví, chápe základní ekologické souvislosti.

Kompetence pracovní

Žák ve vlastním zájmu využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech. Účinně a bezpečně používá materiály, nástroje a vybavení. Dodržuje nezbytná pravidla. Orientuje se v základních aktivitách nezbytných k uskutečnění podnikatelského záměru.^{1, 2}



Obr. 2: Struktura cílů základního vzdělávání se zaměřením na výuku fyziky⁴⁰

4.2.2 Výukové cíle fyziky na základní škole

Rámcově vzdělávací program pro základní vzdělávání vymezuje vzdělávací oblasti, které jsou tvořeny obsahově blízkými vzdělávacími obory. Vzdělávací obor Fyzika patří společně s obory Chemie, Přírodopis a Zeměpis do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Tato oblast má stanoveny vlastní výukové cíle, které směřují k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí žáka (Obr. 2). Vzdělávání v oblasti Člověk a příroda by mělo žáka vést ke:

- zkoumání přírodních faktů a jejich souvislostí s využitím různých empirických metod poznávání (pozorování, měření, experiment) i různých metod racionálního uvažování
- potřebě klást si otázky o průběhu a příčinách různých přírodních procesů, správně tyto otázky formulovat a hledat na ně adekvátní odpovědi
- způsobu myšlení, které vyžaduje ověřování vyslovovaných domněnek o přírodních faktech více nezávislými způsoby
- posuzování důležitosti, spolehlivosti a správnosti získaných přírodovědných dat pro potvrzení nebo vyvrácení vyslovovaných hypotéz či závěrů
- zapojování do aktivit směřujících k šetrnému chování k přírodním systémům, ke svému zdraví i zdraví ostatních lidí
- porozumění souvislostem mezi činnostmi lidí a stavem přírodního a životního prostředí

- uvažování a jednání, která preferují co nejefektivnější využívání zdrojů energie v praxi, včetně co nejširšího využívání jejich obnovitelných zdrojů, zejména pak slunečního záření, větru, vody a biomasy
- utváření dovedností vhodně se chovat při kontaktu s objekty či situacemi potenciálně či aktuálně ohrožujícími životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí lidí

Vzdělávací obsah vzdělávacího oboru Fyzika je dále rozčleněn na sedm částí: Látky a tělesa, Pohyb těles a síly, Mechanické vlastnosti tekutin, Energie, Zvukové děje, Elektromagnetické a světelné děje a Vesmír. Každá část obsahuje očekávané výstupy vymezující úroveň, které mají žáci prostřednictvím učiva dosáhnout. Očekávané výstupy mají činnostní povahu, jsou využitelné v běžném životě, dají se ověřit a prakticky změřit.^{1, 2, 40}

4.3 Taxonomie výukových cílů

Pojem taxonomie vznikl původně v biologii, v níž označuje obor zabývající se teorií a praxí klasifikace organismů a jejich hierarchickým uspořádáním. Později tento termín našel uplatnění i v jiných oborech. V pedagogice se užívá díky práci B. S. Blooma. Termínem taxonomie označujeme systémy umožňující klasifikovat vzdělávací cíle. Taxonomie výukových cílů má učiteli pomoci upřesnit výukové cíle a zajistit, aby si žáci osvojili učivo daného předmětu a aby se zároveň učili nabyté vědomosti, dovednosti a postoje aplikovat a dále s nimi pracovat. Taxonomie výukových cílů vycházejí z procesu záměrné změny osobnosti žáka, k níž dochází při výuce, a ze strukturálního pojetí osobnosti.

Následuje rozbor vybraných taxonomií cílů v kognitivní, afektivní a psychomotorické oblasti osobnosti.^{18, 24}

4.3.1 Taxonomie kognitivních cílů podle B. S. Blooma a kol.

Bloomovu taxonomii kognitivních cílů vytvořil v roce 1956 pětičlenný kolektiv autorů. Jedním z autorů byl B. S. Bloom, který kolektiv zároveň i vedl. Bloom předpokládal, že taxonomie kognitivních cílů bude sloužit jako východisko pro tvorbu specializovaných taxonomií pro jednotlivé učební předměty.

Základem Bloomovy taxonomie je šest kategorií odpovídajících kognitivním úrovním. Každá kategorie je dále rozdělena na několik subkategorií. Kategorie jsou řazeny vzestupně podle míry obtížnosti a komplexnosti kognitivních procesů. Zároveň mají kumulativní charakter. Dosažení vyšší cílové kategorie je podmíněné důkladným osvojením učební látky odpovídající nižší kategorii.

Základními kategoriemi Bloomovy taxonomie kognitivních cílů jsou:

1. Znalost

Od žáka se vyžaduje pouze opětné poznání specifické informace, opakované vybavení obecných poznatků, metod a procesů a jejich reprodukování. Aktivní slovesa vystihující tyto základní operace jsou: definovat, doplnit, opakovat, pojmenovat, popsat, přiřadit apod.

2. Pochopení

Každá z následujících kategorií již vyžaduje určité intelektové schopnosti, které jsou potřebné k operování se známou informací. V tomto případě má žák prokázat pochopení a schopnost užití znalosti. Aktivními slovesy jsou: dokázat jinak formulovat, uvést příklad, objasnit, vysvětlit, převést, vyjádřit vlastními slovy, vypočítat apod.

3. Aplikace

Žák musí být schopen uplatnit pochopené znalosti při řešení nových problémových situací. Vhodná aktivní slovesa jsou zejména: aplikovat, demonstrovat, diskutovat, interpretovat údaje, načrtnout, navrhnout, použít, řešit, uvést vztah, vyčíslit apod.

4. Analýza

Jedná se o žákovu schopnost rozložit určité sdělení nebo objekt na jednotlivé prvky tak, aby byly zřejmé vztahy mezi prvky a jejich struktura. Žák mimo jiné rozlišuje fakta od hypotéz a podstatné údaje od méně důležitých. Mezi aktivní slovesa patří: analyzovat, najít princip uspořádání, provést rozbor, rozdělit apod.

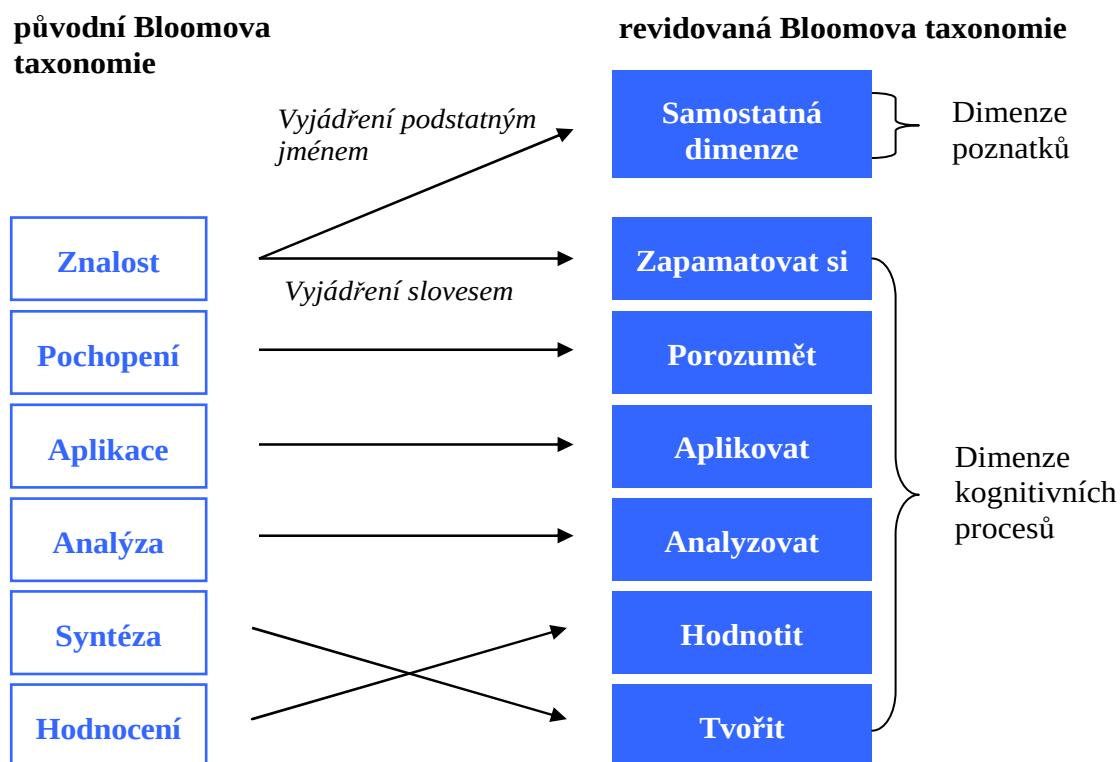
5. Syntéza

Jde o schopnost žáka skládat jednotlivé prvky a části v celek. Jejich kombinací je vytvořena dříve neexistující struktura. Podmínkou syntézy je proto schopnost vyhledávání prvků z různých zdrojů a dovednost vytvořit z nich nový útvar. Aktivními slovesy jsou: kategorizovat, klasifikovat, kombinovat, modifikovat, organizovat, shrnout, vyvodit obecné závěry apod.

6. Hodnocení

Nejvýše postavená kategorie vyžaduje, aby žák byl schopen vyhodnotit myšlenky, dokumenty, způsoby řešení aj. Hodnocení slouží k propojení kognitivních cílů s cíly afektivními, u nichž dochází ke zvnitřnění oceněných hodnot. Mezi aktivní slovesa patří argumentovat, obhájit, posoudit, provést kritiku, prověřit, vybrat, zhodnotit aj.

Bloomova taxonomie byla v roce 2001 zrevidována. Důvodem revize byla snaha kolektivu autorů, vedeného L. W. Andersenem a D. R. Krathwohlem, oživit zájem učitelů o Bloomovu taxonomii kognitivních cílů a začlenit do původní taxonomie nové poznatky. Cílem



Obr. 3: Srovnání původní a revidované Bloomovy taxonomie⁶

revize je pomoci učitelům při přípravě a realizaci výuky a také při hodnocení jejích výsledků. Autoři revize se zaměřili na otázky výběru podstatných vzdělávacích cílů, přiměřenosti výukových prostředků, hodnocení splnění cílů, vzájemné konzistence vzdělávacích cílů, vyučování a hodnocení výsledků vzdělávání.

Revidovaná taxonomie změnila názvy jednotlivých kategorií tak, aby odpovídaly způsobu vymezování cílů (Obr. 3). Formulace výukového cíle nově obsahuje činnost studenta vyjádřenou slovesem a předmět této činnosti popsáný podstatným jménem. Zároveň byla přejmenována kategorie „pochopení“ na „porozumět“ a kategorie „syntéza je nově označena jako „tvořit“. Kategorie „znalost“ se stala samostatnou dimenzí.

Změněna byla také struktura Bloomovy taxonomie. Původní taxonomie má pouze jednu dimenzi, kterou je hierarchické uspořádání kognitivních procesů. Revidovaná taxonomie má dvě dimenze. Jedná se o obsahovou a procesuální stránku při vymezování cílů. Obsahovou stránkou jsou „poznatky“, procesuální stránku tvoří „kognitivní procesy“. Poznatky jsou rozděleny do čtyř kategorií. Faktické poznatky jsou základní poznatkové prvky, jejichž osvojení je nutné k tomu, aby se žáci byli schopni orientovat v daném oboru a aby v něm mohli řešit úlohy a problémy. Konceptuální poznatky jsou charakteristické vzájemnými vztahy mezi poznatky uvnitř větší struktury. Procedurální poznatky jsou zejména pracovní postupy a metody zkoumání. Obecné poznatky o poznávání jsou metakognitivní poznatky. Kognitivní procesy jsou rozděleny do šesti kategorií charakterizovaných slovesy. Obě dimenze revidované taxonomie jsou přehledně uspořádány v tabulce (tab. 1), která slouží k vymezování a klasifikaci výukových cílů a k volbě vhodných výukových prostředků. Revidovaná taxonomie nemá kumulativní charakter.^{6, 18}

Poznatky	Kognitivní procesy					
	1 Zapamatovat si	2 Porozumět	3 Aplikovat	4 Analyzovat	5 Hodnotit	6 Tvořit
A Poznatky faktické						
B Poznatky konceptuální						
C Poznatky procedurální						
D Poznatky metakognitivní						

Tab. 1: Taxonomická tabulka⁶

4.3.2 Taxonomie afektivních cílů podle D. B. Kratwohla

Taxonomie afektivních cílů jsou založeny na postupném zvnitřňování postojů a hodnot žáků. Kratwohlova taxonomie má pět na sebe navazujících kategorií, které jsou dále členěny do několika subkategorií.

1. Přijímání

Základním předpokladem k tomu, aby učení jedince směřovalo příslušným výchovným směrem, je ochota jedince vnímat nebo přijímat existenci určitých jevů nebo podnětů. Žák v hodině fyziky například věnuje pozornost pokusu, který provádí učitel. Podle stupně vnímavosti k jevům je tato kategorie rozdělena do tří subkategorií: uvědomění, ochota přijímat, usměrněná, výběrová pozornost.

2. Reagování

Jedinec je při reagování na vnímaný podnět aktivnější a hlouběji zainteresován. Žák má zájem o fyziku. Jeho zaujetí se projevuje například tím, že pomáhá učiteli při provádění pokusu, pokládá otázky, navrhuje zlepšení či modifikace postupu. Rozlišujeme tři subkategorie reagování: souhlas s reagováním, ochota reagovat a uspokojení z reagování.

3. Oceňování hodnot

Zvnitřněné skutečnosti nabývají pro jedince vnitřní hodnotu. Jedinec vnímá závazek k hodnotě. Pociťovaný závazek ovlivňuje jeho jednání. Žák touží po poznání a porozumění, získává vztah k přírodě a společnosti. Subkategoriemi oceňování hodnot jsou: akceptování hodnoty, preferování hodnoty, přesvědčení o hodnotě.

4. Integrovaní hodnot

K určitým situacím se vztahuje více než jedna hodnota. Hodnoty je proto potřeba integrovat do systému, určit jejich hierarchii a vzájemný vztah mezi nimi. Nejprve nutná konceptualizace hodnot, již následuje integrování hodnot do systému.

5. Zvnitřnění hodnot

Zvnitřnělá hodnota získává stálé místo v hodnotové hierarchii jedince. Systém integrovaných hodnot je začleněn do charakteru jedince, čímž je dosaženo vnitřní přesvědčení osobnosti. Žák si buduje osobitý názor na svět, k němuž patří i fyzikální obraz světa. Internalizace hodnot je členěna na obecnou zaměřenost a charakterovou vyhraněnost.^{18, 30, 39, 40}

4.3.3 Taxonomie psychomotorických cílů podle R. H. Davea

Daveova taxonomie patří mezi nejstarší taxonomie psychomotorických cílů. Vznikla v roce 1968. Taxonomie je rozdělena do pěti kategorií, které jsou založeny na fázích utváření motorických dovedností. Jednotlivé fáze na sebe navazují. Postup do vyšší kategorie je podmíněn zvládnutí nižších psychomotorických dovedností.

1. Imitace

Žák pozoruje určitou činnost a následně jí vědomě napodobuje. Rozlišujeme impulsivní imitaci a vědomé opakování. V hodině fyziky se může jednat například o frontální žákovský pokus, při kterém žáci sledují práci učitele a následně ji opakuji. Vhodnými aktivními slovesy jsou napodobovat, opakovat apod.

2. Manipulace

Jedná se o praktická cvičení, při kterých žák provádí příslušnou činnost podle návodu. Žák rozlišuje jednotlivé činnosti, je schopen zvolit vhodnou činnost, projevuje jistou míru obratnosti při zacházení s nástroji. Subkategoriemi praktických cvičení jsou manipulace podle instrukce, selekce a fixace. Příkladem může být fyzikální měření pod dohledem učitele nebo podle návodu. Aktivní slovesa jsou manipulovat, pracovat podle pokynů, procvičovat apod.

3. Zpřesňování

Žák začíná pracovat přesněji a efektivněji. Snaží se vyvarovat chyb, opakuje konkrétní činnost, dokud není správně provedena. Zpřesňování se dělí na reprodukci a kontrolu. Aktivní slovesa jsou například opakovat, zlepšovat, zpřesňovat apod.

4. Koordinace

Jednotlivé činnosti jsou odpovídajícím způsobem řazeny za sebou a jsou vzájemně koordinovány. Tato kategorie se dále dělí na sekvenci a harmonii. Příkladem činnosti vyžadující koordinaci může být laboratorní cvičení, při němž žák měří více fyzikálních veličin najednou. Vhodná aktivní slovesa jsou členit, koordinovat, současně dělat apod.

5. Automatizace

Při automatizaci jsou psychomotorické dovednosti žáka maximálně účinné. K jejich správnému provedení je zapotřebí vynaložit minimální energii. Automatizovaná práce vyžaduje sebekontrolu. Subkategoriemi automatizace jsou částečné zautomatizování a úplně zautomatizování. Aktivní slovesa jsou například automatizovat nebo podvědomě provádět.^{30, 40}

4.4 Stanovení cílů výuky

Vhodné stanovení edukačních cílů je podmínkou účinné a efektivní výuky. Specifické vzdělávací a postoje cíle by měly být formulovány zvlášť. Učitel by se je neměl snažit vyjadřovat společně.

Zároveň je potřeba vyvarovat se vymezení příliš obecných cílů. Nevhodná je například formulace „Žák si osvojí základní dovednosti a návyky potřebné k provádění laboratorních úloh“. Toto vyjádření nespecifikuje konkrétní a kontrolovatelné cíle. Správná formulace by proto měla uvádět příslušné dovednosti a návyky, jenž si žák má osvojit.

Nevhodné je také nahrazení cílů názvy tématických okruhů. Chybné je například formulovat cíl jako „Archimédův zákon“. V tomto případě je popis cíle zredukován na strohé vyjmenování obsahu. Správně by měl být zřejmý rozsah a požadovaná úroveň osvojení znalostí.

Vymezení cílů výuky by nemělo být nahrazeno popisem činnosti učitele. Zcela nevhodné je formulovat výukový cíl jako „demonstrovat Pascalův zákon“ nebo „seznámit žáky s podmínkami plavání těles“. Tyto formulace není možné považovat za výsledek výuky.

Výukový cíl by měl pomocí aktivních sloves popsat požadovaný výkon studenta. Dále by měl obsahovat rozsah požadovaného výkonu, podmínky, za nichž má být výkon realizován, způsob řešení, potřebné pomůcky. Důležitá je i konkrétně stanovená norma hodnocení výkonu.

Vhodným postupem pro vymezení cílů je nejprve analyzovat učivo, předběžně stanovit obsah a strukturu učební látky, poté vymežit obecné cíle a konkrétní výkony. Přitom je důležité mít na paměti, jaké kompetence musí žák získat. Nakonec je vhodné pomocí aktivních sloves definovat specifické dílčí cíle a uspořádat je podle časové posloupnosti.^{15, 18, 40}

5 Metody výuky ve fyzice

Podobně jako obecná didaktika chápe i didaktika fyziky pojem vyučovací metoda jako záměrné uspořádání činností učitele a žáků, které směřuje ke stanoveným cílům výuky v souladu s didaktickými zásadami a se zásadami organizace výuky.

Volba vhodných výukových metod je podmínkou splnění cílů a úkolů výuky, proto se učitel musí vyznat v členění metod výuky a být schopen vhodně využít zvolenou výukovou metodu. Při výběru vhodné metody by vyučující měl brát v úvahu cíl výuky, obsah učiva, učební možnosti žáků, prostředí, v němž se výuka odehrává, prostředky výuky a své zkušenosti a pedagogické schopnosti.

Odborná literatura uvádí různé možnosti třídění metod výuky. Komplexní klasifikaci základních výukových metod publikoval J. Maňák²⁸:

I. Metody z hlediska pramene poznání a typu poznatků – didaktický aspekt

A) Slovní metody

1. Monologické metody
2. Dialogické metody
3. Metody písemných prací
4. Metody práce s učebnicí, knihou, textovým materiálem

B) Názorně demonstrační metody

1. Pozorování předmětů a jevů
2. Předvádění
3. Demonstrace statických obrazů
4. Statická a dynamická projekce

C) Praktické metody

1. Nácvik pohybových a pracovních dovedností
2. Laboratorní činnosti žáků
3. Pracovní činnosti
4. Grafické a výtvarné činnosti

II. Metody z hlediska aktivity a samostatnosti žáků – psychologický aspekt

- A) Sdělovací metody
- B) Metody samostatné práce žáků
- C) Badatelské, výzkumné, problémové metody

III. Charakteristika metod z hlediska myšlenkových operací – logický aspekt

- A) Srovnávací postup
- B) Induktivní postup
- C) Deduktivní postup
- D) Analyticko-syntetický postup

IV. Varianty metod z hlediska fází výchovně vzdělávacího procesu – procesuální aspekt

- A) Motivační metody
- B) Expoziční metody
- C) Fixační metody
- D) Diagnostické metody
- E) Aplikační metody

V. Varianty metod z hlediska výukových forem a prostředků – organizační aspekt

- A) Kombinace metod s vyučovacími formami
- B) Kombinace metod s vyučovacími pomůckami

VI. Aktivizující metody – interaktivní aspekt

- A) Diskusní metody
- B) Situační metody
- C) Inscenační metody
- D) Didaktické hry
- E) Specifické metody^{15, 39, 40}

Stručnější klasifikaci metod zohledňující současné aktuální potřeby školní didaktiky uvádí I. J. Lerner (1986). Jeho klasifikace výukových metod vychází ze základní charakteristiky činnosti učitele a z charakteru kognitivních činností žáka. Lerner uvádí celkem tři skupiny obsahující pět metod výuky:

I. Reproductivní metody

- A) Informačně-receptivní metoda

Podstatou informačně-receptivní metody je předávání hotové informace učitelem a její uvědomělé vnímání a zapamatování žáky. Cílem této metody je osvojení vědomostí.

- B) Reproductivní metoda

Metoda reproductivní navazuje na informačně-receptivní metodu. Učitel vytvoří systém učebních úloh pro činnost, kterou již dříve žákům předal. Reproductivní metoda slouží k hlubšímu porozumění dříve osvojeným poznatkům.

II. Produktivní metody

- A) Heuristická metoda

Učitel při heuristické metodě vytvoří úlohu vycházející z problematiky, kterou žák zná, avšak řešení úlohy pro něj představuje rozpor či obtíž. Učitel i žáci aktivně postupují při řešení jednotlivých kroků nastoleného problému.

- B) Výzkumná metoda

Žáci při výzkumné metodě sami aktivně hledají řešení složitějších problémů.

III. Metoda problémového výkladu

Tato metoda je zařazena do přechodové skupiny, protože od žáků vyžaduje osvojení hotových informací i tvořivou činnost.

Učitel při metodě problémového výkladu nastolí úlohu, na níž žáci neznají odpověď. K řešení úlohy se však mohou dopracovat na základě vlastní aktivity. Postupně se tak seznamují s jednotlivými fázemi řešení problému.

Metoda problémového výkladu slouží stejně jako heuristická metoda k aplikaci osvojeného učiva.^{18, 40}

5.1 Klasické metody výuky fyziky

Pojďme se podrobněji podívat na klasické metody výuky fyziky vycházející z Maňákovy klasifikace výukových metod.

5.1.1 Slovní metody

Slovo je nezbytným nástrojem lidského myšlení. Mluvené i psané slovo má velký význam ve vyučovacím procesu, neboť učitel umožňuje přenést požadovanou informaci rychle a efektivně. Slovní metody jsou jedny z nejvšestrannějších výukových metod. Uplatňují se samostatně, nebo mohou doprovázet všechny ostatní metody. Slovní metody je však nutné užívat s rozmyslem. Jsou-li využívány výhradně slovní metody, výuka sklouzává k verbalismu a formalismu.^{18, 39, 40}

5.1.1.1 Monologické metody

Metody monologické jsou založeny na souvislém mluveném projevu učitele k žákům či jednoho žáka k ostatním žákům. Ve výuce fyziky na základní škole se nejčastěji využívá popis, vysvětlování, vyprávění, žákovský referát a instruktáž učitele.

a) Popis

Při poznávání vnější stránky určitého fyzikálního objektu nebo jevu se uplatňuje popis. Využívá se zejména tehdy, když jde o poznání ukončených fyzikálních jevů, jenž jsou statické. Popis předchází vysvětlování pozorovaných jevů, vyvozování zobecňujících závěrů a objasňování fyzikálních zákonů.

b) Vysvětlování

Při osvojování látky pojmové povahy a při odvozování zobecňujících závěrů se užívá vysvětlování, což je metoda zahrnující popis a analýzu příslušných jevů, která zároveň usměrňuje a rozvíjí logické myšlení žáků. Důležité je vysvětlit problematiku postupně po dílčích krocích, dbát na vhodné tempo řeči, srozumitelnost, minimální používání cizích slov a zároveň soustavně ověřovat míru pochopení žáků. Pro zvýšení aktivity posluchačů a účinnosti osvojování poznatků se vysvětlování kombinuje společně s dalšími metodami

c) Vyprávění

V hodinách fyziky je vyprávění vhodné zejména k vyložení učiva, jenž nelze vyvodit na základě dřívější zkušenosti žáků, k seznámení s historickým pokusem nebo fyzikální teorií, či ke zvýšení motivace žáků. Má-li být vyprávění přínosné, musí vypravěč ve zvýšené míře dbát na kultivovanost projevu, správně artikulovat a pracovat s hlasem.

d) Žákovský referát

Cílem žákovského referátu je prohloubit vědomosti a rozvinout intelektové dovednosti žáků. Při přípravě referátu se žák sám věnuje vybrané fyzikální problematice. Učitel má roli poradce, který pomáhá referát dotvářet, aby byl přínosem i pro ostatní žáky. Během prezentace referátu v hodině fyziky může žák předvést i jednoduchý experiment. Pečlivě připravený referát rozšiřuje technický a kulturní rozhled žáků, pomáhá rozvíjet žákovy zájmy a vede jej k samostatnosti.

e) Instruktáž učitele

Pokyn obsahující zadání určité učební úlohy se nazývá instrukce. Ve fyzice se uplatňuje zejména při frontálních experimentech, kdy učitel žákům dává jednoduché pokyny, jak zacházet s pomůckami. Instruktáž je soubor pokynů a návodů k určité činnosti, kterou mají žáci vykonat. Užívá se při přípravě laboratorních úloh, před měřením v laboratoři, či před

využitím technických zařízení nebo výpočetní techniky. Instruktaž mnohdy zahrnuje i jiné metody, jakými je například vysvětlování, předvádění nebo vlastní nácvik dané činnosti. Instruktaž musí být srozumitelná, jednotlivé instrukce by měly být stručné a výstižné.^{15, 18, 39, 40, 44}

5.1.1.2 Dialogické metody

Při slovních metodách dialogických dochází ke vzájemné komunikaci mezi učitelem a jedním či více žáky, nebo mezi žáky navzájem. Ve výuce fyziky se z dialogických metod uplatňuje rozhovor, dialog, diskuse a brainstorming. Výhodou dialogických metod je rozvinutí komunikačních dovedností žáků, jenž zahrnují například přesnost formulace myšlenky, schopnost obhájit své stanovisko nebo zapojení do týmového řešení problémů. Žáci se rovněž učí naslouchat názorům druhých.

a) Rozhovor

Jednou z nejstarších didaktických metod je rozhovor. Během něj dochází ke střídání otázek a odpovědí všech zúčastněných. Může probíhat mezi učitelem a jedním, nebo více žáky, či mezi žáky navzájem. Cílem rozhovoru může být příprava žáků na nové seznámení s látkou, vlastní seznamování s novým učivem, systematizace a upevňování nově získaných znalostí, nebo průběžná kontrola stupně osvojení nových vědomostí.

Otázky kladené učitelem by měly sledovat stanovený cíl výuky, zároveň by měly být stručné, srozumitelné, jazykově správné. Pokud je to možné, vyučující by neměl pokládat otázky vedoucí k pouhé mechanické reprodukci nebo jednoslovné odpovědi.

b) Dialog

Rozvinutější forma rozhovoru, kdy vzájemná komunikace mezi učitelem a žáky, nebo žáky navzájem vede k řešení didaktického problému, se nazývá dialog. Při něm si zúčastnění vzájemně vyměňují argumenty, formulují, zpřesňují a rozšiřují určitá tvrzení. Nutným předpokladem dialogu je dobrá vůle a ochota k porozumění všech zúčastněných. Učitel má za úkol vytvořit atmosféru důvěry, umožnit žákům svobodně vyjádřit vlastní názory, učit žáky klást otázky, argumentovat, naslouchat druhému, spolupracovat s druhými a být k nim tolerantní.

c) Diskuze

Vzájemný rozhovor mezi všemi členy skupiny, který slouží k vyjasnění, analýze, nebo řešení určité problematiky, se nazývá diskuze. Na rozdíl od rozhovoru jsou při diskuzi kladeny širší otázky vymezující určitý úkol. Žáci proto musí mít dostatek znalostí, aby mohli o daném problému diskutovat. Učitel má za úkol řídit diskuzi a podporovat její rozvoj. Proto dbá na to, aby diskuze směřovala vytyčeným směrem, vede žáky k věcné argumentaci, taktně opraví nesprávné názory, zabráňuje zesměšňování a přílišné útočnosti. Diskuze by měla vyústit ve formulování závěrů, které poslouží jako východisko pro další výuku.

Při diskuzi se žák učí samostatně formulovat a obhajovat svůj názor, nahlížet na problematiku z různých úhlů a být tolerantní k názorům druhých.

d) Brainstorming

Burza nápadů je osvědčenou metodou hledání nových nápadů. Žáci mají při brainstormingu za úkol ve stanoveném čase vymyslet co nejvíce spontánních nápadů týkajících se daného problému. Nápady jsou zapsány na tabuli, aby je měli ostatní žáci na očích, čímž je podněcována jejich tvořivost. Zformulované myšlenky se v počáteční fázi nekritizují. Po uplynutí určené doby nastává krátká pauza, za níž následuje analýza všech napsaných nápadů.

Žáci se při první části brainstormingu učí tolerovat sdělení druhých, zatímco ve druhé fázi uplatňují kritické myšlení.^{18, 39, 40, 44}

5.1.1.3 Metody písemných prací

Nedílnou součástí výuky je psaný projev. Učitel by měl metodu písemných prací využívat s mírou, neboť někteří žáci mohou mít potíže písemně vystihnout podstatu problému v několika větách. Naopak žáci, kterým dělá problém vyjádřit se ústně, tuto metodu vítají.

Samostatnou kategorii tvoří domácí úkol, jehož cílem je procvičení a upevnění probraného učiva. Domácí úkoly také plní funkci ověřovací, neboť učiteli umožňují zjistit míru pochopení daného problému individuálně u každého žáka. Domácí úkoly by měly být zadávány systematicky. Učitel musí zadané úkoly důsledně kontrolovat.^{39, 44}

5.1.1.4 Metody práce s učebnicí, knihou, textovým materiálem

Práce s učebnicí, knihou a ostatním textovým materiálem patří mezi nejdůležitější metody získávání a upevňování nových poznatků. Vzhledem k tomu, že zdrojem poznání při práci s psaným materiálem je slovo, řadíme tuto metodu mezi slovní metody.

Učitel má za úkol postupně rozvíjet schopnosti žáků samostatně pracovat s učebnicí. Zadává proto žákům otázky a úkoly, jenž jim mají umožnit snadnější proniknutí do čteného textu, vysvětluje obtížné termíny a cizí slova a učí žáky reprodukovat čtený text vlastními slovy. Cílem je naučit žáka číst s porozuměním odborný text, který kromě psaného slova často obsahuje zejména ilustrace, tabulky, grafy, a naučit jej samostatně vypracovat výpisky, vyhledat další informace v pomocné literatuře a připravit referát.

Správné osvojení samostatné práce s psaným textem je podmínkou dalšího sebevzdělávání člověka.^{18, 39, 44}

5.1.2 Názorně demonstrační metody

Při názorně demonstračních metodách učitel předvádí názorný materiál, prostřednictvím jehož pozorování si žák obohacuje své představy, upřesňuje a rozvíjí abstraktní pojmy a spojuje si sledovanou skutečnost s mimoškolní praxí.

Názorné demonstrační metody ve fyzice se od sebe liší názorným materiálem a technikou demonstrace. Patří sem pozorování a předvádění nejrůznějších fyzikálních objektů, jevů nebo procesů; demonstrace obrazových pomůcek a statická a dynamická projekce. Tyto metody bývají doplňovány monologickými či dialogickými metodami.

Nejjednodušší a nejběžnější demonstrační metodou je ilustrace. Učitel fyziky často doplňuje svůj výklad nákresy a náčrtky na tabuli. Složitější metodou je demonstrace, jenž vyžaduje předvedení určitého předmětu, procesu nebo činnosti. Při demonstraci jsou využívány nejrůznější názorné pomůcky. Ve fyzice jsou kromě statických a dynamických obrazových pomůcek využívány zejména pomůcky soužící k provedení demonstračního fyzikálního experimentu. Demonstračním pokusům se věnuje velká část 7. kapitoly, v níž jsou popsány didaktické požadavky na demonstrační pokus, jeho hlavní fáze a technika přípravy a provedení.

Základem demonstračních metod je plánovitě a cílevědomě pozorování předváděného fenoménu. Má-li být pozorování účinné, je nutné, aby učitel nejprve jasně formuloval cíl pozorování demonstrace. Během vlastní demonstrace učitel upozorňuje na podstatné rysy, jichž si žáci mají všimnout, a zároveň kontroluje, zda žáci pozorovanou skutečnost opravdu vnímají.

Kromě poznávací funkce mají názorně demonstrační metody i funkci motivační. Mají-li být obě funkce plně využity, je nutné demonstrační metody vhodně kombinovat s ostatními metodami. Obzvláště vhodné je volit takové metody, jenž umožní aktivní zapojení žáků do vyučovacího procesu.^{18, 39, 40, 44}

5.1.3 Praktické metody

Podstatou praktických metod je přímá vlastní činnost žáků, při níž dochází k přímému styku s konkrétním předmětem a manipulaci s ním. Žáci si při těchto metodách osvojují motorické a psychomotorické dovednosti. Praktická činnost navíc žákům umožní hlouběji proniknout do podstaty fyzikálních jevů, procesů a zákonů. Učitel se účastní celého procesu jako poradce.

Osvojování dovedností žáka probíhá v několika krocích. Nejprve dochází k aktualizaci jeho schopností a zkušeností, následuje orientace v nastalé situaci, aktivní hledání řešení, variace podmínek pro následné širší uplatnění získané dovednosti a přenos získaných dovedností do nových situací.

V hodinách fyziky mají praktické metody podobu žákovských pokusů, laboratorních úloh, řešení fyzikálních úloh a technických námětů. O žákovských pokusech a laboratorních úlohách pojednává kapitola (7.1.1).^{18, 39, 40, 44}

5.2 Aktivizující metody výuky fyziky

Následující část se zabývá stěžejními aktivizujícími metodami výuky fyziky na základní škole. Jedná se především o heuristickou metodu a metodu problémového výkladu.

5.2.1 Metoda problémového výkladu

Situace vyžadující řešení problému aktivuje chování žáka, vede jej k překonání těžkostí a vzbuzuje jeho poznávací potřebu. Při problémovém výkladu učitel společně s žáky formuluje problém a hledá jeho řešení.

Problémová situace je překážka, kterou nelze zdolat okamžitě na základě známých znalostí a dovedností. K jejímu překonání žák potřebuje nalézt nové poznatky, činnosti a způsoby jednání. Problémová situace vznikne zejména tehdy, pokud žáci neumějí odpovědět na položenou otázku, nejsou schopni nalézt nové souvislosti, nedokáží vysvětlit nový jev, neznají způsob řešení úkolu nebo objeví rozpor mezi teoretickým a praktickým řešením úlohy.

V hodině fyziky mohou být problémové situace vytvořeny pomocí problémové úlohy, kterou lze formulovat například tak, že v jejím zadání chybí, nebo naopak přebývají některé údaje. Velmi často bývá problémová situace navozena prostřednictvím minulé zkušenosti žáka nebo pomocí demonstračního, žákovského či historického pokusu. O experimentech uvádějících fyzikální problém a o historických pokusech se zmiňuje kapitola (7.1.4).

Řešení navozené problémové situace má pět fází. Nejprve je zapotřebí analyzovat problémovou situaci, objevit a formulovat problém. Tato část je klíčová pro úspěšný průběh řešení problémové situace. Učitel jí proto věnuje zvýšenou pozornost, sleduje reakce žáků a usměrňuje jejich činnost. Následuje vytvoření hypotéz řešení problému, výběr nejpravděpodobnějšího řešení a jeho následné uskutečňování. Poté je nutné ověřit správnost hypotézy. Pokud je hypotéza vyvrácena, je zapotřebí stanovit novou. Po vyřešení problému je vhodné zopakovat postup celého procesu, aby si žáci ujasnili a zapamatovali význam a posloupnost všech fází. Rekapitulací postupu je zároveň zdůrazněn výsledek správného

řešení. Pokud je to možné, měl by být výsledek úlohy zobecněn a aplikován na situaci z běžného života.^{15, 18, 40}

5.2.2 Heuristická metoda

Na rozdíl od problémového výkladu nevychází hledání nových poznatků při užití heuristické metody z formulování hypotéz. Nový poznatek žáci objevují sami. Proces poznání začíná velmi hrubým odhadem, který je postupně upřesňován při hledání odpovědí na otázky kladené učitelem.

Ve výuce fyziky se uplatňují různé formy heuristických metod. Často se využívá heuristický rozhovor, jenž vede učitel s žáky. Pokládá jim vhodně formulované a na sebe navazující otázky, jejichž cílem je přimět žáky zamyslet se, zkombinovat dosavadní znalosti a objevit mezi nimi nové souvislosti. Nejen rozhovor, ale i kvantitativní a kvalitativní úlohy mohou mít heuristickou povahu, pokud jsou formulovány tak, aby žák postupně objevoval nový poznatek.

Při heuristickém pokusu žáci napodobují činnost experimentálního fyzika. Objevují jevy a zákonitosti, které jsou pro ně doposud neznámé. Heuristickými experimenty se blíže zabývá kapitola (7.1.4).

Heuristickou metodu lze použít i k ověření poznatků, kdy žák musí sám určit kritéria pravdivosti určitého tvrzení, dále pak při řešení technických problémů, pokud je zapotřebí vystihnout fyzikální podstatu problému a samostatně určit, jaké veličiny je třeba spočítat.

Má-li být heuristická metoda účinná, musí být dodrženy některé zásady. Učitel by měl zvolit takové zadání úkolu, u něhož není pravděpodobné, že žáci budou znát odpověď předem. Je nezbytné, aby žáci měli základní znalosti a dovednosti potřebné k úspěšnému zvládnutí úkolu a aby většina žáků byla schopna úkol splnit. Zadání úkolu musí být jasně vysvětleno tak, aby jej všichni žáci pochopili. Na řešení úkolu je nutné dát dostatek času. Během řešení úkolu musí učitel pozorně sledovat a kontrolovat práci žáků. Pokud jsou žáci bezradní či se rozhodli pro nesprávný postup, vyučující by jim měl pomoci položením vhodných otázek. Závěr by měl být věnován shrnutí všeho, co se žáci měli naučit.

Výhodou heuristické metody je, že žáky motivuje, aktivně je zapojuje do výuky, vede je k trvalejšímu a hlubšímu pochopení učiva, podněcuje je hledat souvislosti s ostatními fyzikálními okruhy učiva a každodenními praktickými zkušenostmi, vzbuzuje jejich tvořivost a učí je shromažďovat a třídit fakta.

Naopak nevýhodou heuristické metody je časová náročnost přípravy a provedení. Tato metoda navíc není příliš vhodná pro osvojení abstraktních témat.^{18, 32, 40}

6 Motivace a aktivizace žáků při výuce fyziky

Motivace je hybnou silou našeho jednání. Vzniká současným působením několika motivačních vlivů. Motivaci chování člověka ovlivňují vnější a vnitřní faktory. Vnitřními faktory jsou potřeby člověka, vnějšími faktory jsou popudy.

Lidských potřeb je celá řada. Společné mají to, že se projevují pocitem vnitřního nedostatku, nebo přebytku. Fyziologické potřeby jsou vrozené, patří mezi ně zejména hlad, žízeň, potřeba kyslíku, tepla, mozkové aktivity nebo například potřeba vyhnout se bolesti. Oproti tomu psychické potřeby se utvářejí během života jedince. Jedná se o sociálně podmíněné potřeby, jež lze rozvíjet pomocí učení. Jsou proto velmi důležité pro školní motivaci. Řadíme mezi ně především potřeby sociální, poznávací, výkonové, estetické a seberealizační.

Vnější podnět, který dokáže vzbudit a často také uspokojit potřeby člověka, se nazývá popud neboli incentiva. Popud, jež člověk vyhledává, se označuje jako pozitivní. Ve škole se často jedná o pochvalu. Naopak negativní incentiva, jakou představuje například výsměch, se člověk snaží vyhnout. Pokud negativní incentiva vzbudí určitou potřebu, jakou může být potřeba pocitu bezpečí, nedokáže ji uspokojit. Popudy vyvolávající nutnost uspokojit vícero potřeb se nazývají komplexními incentivy.

Vzájemnou interakcí lidských potřeb a popudů vzniká motiv chování člověka. Vzhledem k tomu, že se žáci vyvíjejí individuálně, liší se jejich struktura potřeb. Každý žák je tedy jinak citlivý k určitému vnějšímu podnětu. Učitel proto musí volit vhodný způsob, jak žáka motivovat. Většina potřeb nemůže být uspokojena okamžitě, proto je nutné, aby učitel postupoval systematicky, stanovoval si dílčí cíle a postupně je plnil. Přitom je často nucen vypořádat se s tím, že u žáků mohou být vytvořeny obranné mechanismy, jež zabraňují uspokojení určitých potřeb.

Motivace žáků má dvojí význam. Z krátkodobého hlediska zvyšuje efektivitu učení, z dlouhodobého hlediska rozvíjí potřeby, zájmy, vůli, aktivní vztah k budoucnosti a další motivační a autoregulační dispozice žáků. Učitel by měl žáky motivovat tak, aby podpořil krátkodobý i dlouhodobý efekt motivace žáků.^{8, 18, 31}

6.1 Vnitřní motivace

Ve školní praxi rozlišujeme vnitřní a vnější motivaci k učení. Vnitřní motivace vzniká na základě poznávacích potřeb. Žák se učí z vlastní vůle, protože jej učební činnost zajímá. Je-li žák dostatečně vnitřně motivován, pociťuje vnitřní uspokojení, dokáže hlouběji porozumět učivu a lépe chápe souvislosti. Takováto motivace mívá dlouhodobý charakter.

Vnitřní motivace však má i seberozvojovou funkci. Žák se postupně osamostatňuje, poma-lu přebírá zodpovědnost za svůj rozvoj. Z tohoto hlediska je potřeba rozlišit dva případy. V situaci, kdy si žák může určitý úkol stanovit sám, jedná nezávisle, spontánně, bez nátlaku, prováděná činnost jej těší a uspokojuje. Naopak pokud je žákovi určitý úkol přidělen někým jiným, jeho jednání je řízené. Zadaná činnost musí být splněna, což vyvolává negativní emoce, jimiž mohou být například napětí nebo nervozita. V tomto případě je žákova vnitřní motivace snížena.

Pokud chce učitel přimět žáky přistupovat k učení aktivně, měl by si s nimi v první řadě promluvit, odhalit příčinu jejich nízké motivace a povzbudit je. Učitel by dále měl vystupovat v roli pomocníka a průvodce, jež žákovi usnadňuje proces převzetí zodpovědnosti za jeho vlastní učení. Proto by měl poskytovat žákům možnosti výběru, omezit svou vlastní kontrolu jejich práce, vést je k tomu, aby se určitou část látky učili z učebnice a projevoval žákům uznání za splněný úkol. Učitel by měl rovněž v hojné míře užívat metodu

objevování a učit žáky samostatnému provádění experimentů. Kromě potřeby autonomie je vnitřní motivace ovlivňována potřebou osobní úspěšnosti a potřebou sounáležitosti, jenž pramení z touhy po uspokojení dobrých mezilidských vztahů.

Zvláštním případem vnitřní motivace je hluboké zaujetí prací, pro něž je charakteristická vysoká míra koncentrace, značné pracovní nasazení a splynutí s prací, při kterém čas plyne subjektivně daleko rychleji. Hluboké zaujetí prací může nastat i během učení ve škole. Tento jev není doposud dobře prozkoumán. Přesto si můžeme uvést některé podmínky jeho vzniku. Důležitá je zejména vyrovnanost úrovně schopností a požadavků žáka, rozdělení činnosti na jednotlivé kroky a fungující zpětná odezva na vykonanou práci.^{31, 32}

6.2 Vnější motivace

Pokud učení uspokojuje potřeby, které na něm nezávisí, jedná se o motivaci vnější. Její efekt může být krátkodobý nebo dlouhodobý. Pochvala motivuje žáka pouze krátce, ale například touha získat na vysvědčení dobré známky může trvat podstatně déle. Žáci, kteří se učí pouze vlivem působení vnějších incentív, se nezajímají o danou látku, ale snaží se dosáhnout maximálního možného úspěchu za použití co možná nejnižšího úsilí.

Vnější motivace zpravidla potlačuje vnitřní motivaci. To platí zejména v případech, kdy je u žáka silně vyvinuta vnitřní motivace k učení. Dodatečné ovlivňování motivace vnějšími faktory může často výslednou motivaci snížit. Mohou však nastat i případy, kdy se obě motivace vhodně doplňují.

Podle míry osvojení vnější motivace žákem rozlišujeme čtyři druhy vnější regulace.

a) Externí regulace

Žák je motivován výhradně vnějšími činiteli, které formuluje zpravidla učitel. Nejčastěji se jedná o odměnu nebo trest. Žák například sleduje demonstrační pokus předváděný učitelem pouze kvůli tomu, že může být odměněn, pokud správně odpoví na otázky týkající se probíhajícího pokusu.

b) Introjektovaná regulace

Při tomto typu vnější motivace žák pouze pasivně přijímá určitá pravidla chování, aniž by je vnitřně akceptoval. Žák plně nechápe, proč by měl experiment sledovat, avšak pozoruje jej, protože se to má dělat a protože se dívají i ostatní žáci.

c) Identifikovaná regulace

V tomto případě dochází k určitému zvnitřnění vnější motivace. Žák chápe a přijímá nastolená pravidla a ztotožňuje se s nimi. Ve větší míře jedná z vlastního rozhodnutí. Žák chápe význam sledování předváděného pokusu. Například je mu jasné, že pokud pochopí princip předváděného jevu, snáze porozumí příslušné fyzikální zákonitosti.

d) Integrovaná regulace

Vnější motivace je zcela integrována do motivační struktury žáka, který jedná z vlastního přesvědčení. Na rozdíl od vnitřní motivace však žák při integrované regulaci neprovádí danou činnost kvůli tomu, že by se o ní zajímal, ale kvůli její důležitosti a jejímu výsledku. Žák sleduje demonstrační experiment z vlastní vůle, o obsah předváděného jevu však nemá přílišný zájem.

Učitel by měl podporovat proces zvnitřnění vnější motivace. Měl by žáky vést k tomu, aby pochopili význam učení, aby se sami chtěli učit a aby měli zájem o učení. Proces pozvolného přechodu od vnější motivace k vnitřní se nazývá interiorizace. Jedná se o velmi složitý proces, který je ovlivňován mnoha faktory. U každého žáka probíhá mírně odlišným

způsobem. Interiorizace vnější motivace má několik zdrojů. Jedním z nich je výše zmíněná interiorizace vnější motivace. Jejími iniciátory jsou učitel a rodiče. Žák se zpočátku rozhoduje o přijetí či nepřijetí vnější regulace na základě vyhodnocení výhod a nevýhod jejího akceptování. Pokud žák při procesu převzetí zodpovědnosti za vlastní učení cítí podporu ze strany učitele a rodičů, cítí uznání a má dostatečný prostor pro sebeuplatnění, začíná přemýšlet o smyslu požadavků, jenž na něj klade vnější regulace. Žák začíná postupně chápat význam učení a původně vnější motivace se postupně pomalu integruje do jeho motivační struktury. Druhým důležitým zdrojem interiorizace vnější regulace je rozvoj poznávacích potřeb a zájmů žáků.^{18, 31}

6.3 Motivace žáka v hodinách fyziky

Pokud učitel ví, jak žáky správně motivovat, může tempo jejich učení výrazně zvýšit. K tomu potřebuje dobře znát poznávací, sociální a výkonové potřeby žáků.

6.3.1 Poznávací potřeby žáků a jejich rozvoj

Poznávací potřeby žáků jsou sekundárními potřebami. Vychází však z primární potřeby mozkové aktivity. Nejvhodnější doba pro rozvíjení poznávacích potřeb je v průběhu školní docházky. Jsou-li během školní docházky poznávací potřeby rozvinuty, trvale působí na rozvoj osobnosti jedince. Pokud učitel dokáže vzbudit poznávací potřeby žáků, rozvine jejich poznávací dovednosti a vytvoří dobrý předpoklad pro úspěšné učení. Ve školní praxi se setkáme především s potřebou získání nových poznatků a informací a s potřebou vyhledávání a řešení problémů.

K rozvoji poznávacích potřeb žáků přispívá, pokud je pro ně výuka zajímavá a zábavná. Učitel by měl využít tvořivost žáků, aktivně je zapojit do výuky, obměňovat jejich činnosti, využívat překvapení a neobvyklé aktivity, dodat problematice osobní rozměr a zdůrazňovat propojení látky s praxí. Důležitá je i míra zaujetí učitele pro jeho obor. Žáci se snadněji nadchnou pro určitou problematiku, pokud vidí, že sám učitel projevuje značný zájem o předmět, který vyučuje.

Je zřejmé, že žák si raději osvojí znalost či dovednost, kterou může uplatnit v běžném životě než tu, o které se domnívá, že ji nikdy neupotřebí. Zde je na místě, aby učitel často zdůrazňoval provázanost látky s běžným životem a aby svá tvrzení opíral o patřičné příklady. Při výuce fyziky lze najít značné množství příkladů praktického využití fyzikálních jevů a zákonů v praxi. Například v hodinách mechaniky kapalin je s pomocí znalosti hydrostatického tlaku vysvětlen princip vodováhy, sifonu nebo zdymadla. Využití Archimédova zákona lze velmi dobře ukázat na popisu funkce ponorky, Pascalův zákon využívá třeba hydraulický zvedák nebo hydraulický lis. Podobných spojitostí je celá řada. Rovněž je vhodné vytvářet souvislosti se zájmy žáků. Pokud se někdo zajímá o rybaření, jistě ho bude zajímat, jak je možné, že kapr dokáže ve vodě stoupat a klesat, modeláře naopak jistě zaujme, proč mohou plavat i lodě s velmi těžkým nákladem nebo jak zvýšit stabilitu modelu lodě. Mají-li být žáci přesvědčení o smysluplnosti učení, musí být látka předkládaná učitelem spojena se světem mimo školu.

Jednoduchou metodou pro zvýšení zajímavosti probírané látky je dodání osobního rozměru. Zejména obecné principy a abstraktní pojmy jsou pro žáky mnohem zajímavější, pokud jsou vysvětlovány z pohledu jedince, jehož ovlivňují. Přitom je důležité, aby žáci měli konkrétní představu, jakým způsobem je jedinec v daném případě ovlivňován. Například v hodině fyziky věnované problematice hydrostatického tlaku může učitel doplnit výklad o vyprávění na téma, co se stane a plícemi žáka, pokud se bude potápět bez dýchacího pří-

stroje. Vyprávění s osobním rozměrem může být doplněno názorným pokusem, který je popsán v kapitole (9.3.5).

Poznávací potřeby žáků se zvýší, pokud je vzbuze jejich zvědavost. Učitel nejprve uvede záhadný jev, který žáci neumějí vysvětlit. Například do třídy přinese tři stejné kádinky s vodou. V každé z nich je jedno vejce. Avšak vejce v první kádince plave u hladiny, ve druhé se vznáší uprostřed a ve třetí sedí u dna nádoby. Aniž by pokus vysvětloval, začne výklad o podmínkách plavání těles. Na konci výkladu nechá žáky ochutnat vodu, ve které vejce plavou. Žáci zjistí, že voda v kádinkách je různě slaná a že vztlaková síla, která na vejce působí, není ve všech třech případech stejně velká. Jiná možnost je využít fyzikálního paradoxu, jevu vyvolávající očekávání, jenž je v rozporu s fyzikální realitou. Učitel může předvést například hydrostatický paradoxon. Žákům ukáže tři kádinky po okraj naplněné vodou. Každá z nádob má jiný průměr hrdla, ale všechny jsou stejně vysoké. Zeptá-li se učitel třídy, ve které kádince bude u dna největší hydrostatický tlak, velmi pravděpodobně se mu dostane odpovědi, že největší hydrostatický tlak bude v kádince s nejširším hrdlem, protože v ní je nejvíce vody. Měření tlakoměry však odhalí, že ve všech kádinkách je u dna stejný hydrostatický tlak, protože ve všech kádinkách sahá voda do stejné výšky.^{31, 32}

6.3.2 Výkonové potřeby žáků a jejich rozvoj

Výkonové potřeby řadíme mezi sekundární. Rozvoj výkonových potřeb je obzvláště důležitý, protože souvisí s rozvojem zdravého sebehodnocení jedince. Tyto potřeby se aktivizují vždy, když nastane situace jejíž výsledek lze hodnotit. Výkonová motivace zahrnuje zejména potřebu úspěšného výkonu a potřebu vyhnout se neúspěchu. Obě potřeby vznikají u dětí velmi brzy a jsou silně formovány mnoha faktory. Hlavním činitelem, jenž formuje výkonové potřeby dětí, je míra přiměřenosti mateřských nároků. Každý žák má proto jiné výkonové zaměření.

Úspěch je jedním z nejsilnějších motivačních faktorů v procesu učení. Činnost, ve které se žákovi daří, ho baví výrazně více než ta, která mu nejde. V případě, že žák prožívá úspěch, setká se s pochvalou učitele, získává sebedůvěru ve své schopnosti něčemu se naučit, zvyšuje se jeho sebevědomí a sebehodnocení. Nabytá sebedůvěra ho dále motivuje k dalšímu studiu, jenž pravděpodobně přinese další úspěch, který je opět oceněn učitelem. Žákova sebedůvěra se ještě víc posílí. Tím vzniká jakýsi kruh, ve kterém úspěch plodí další úspěch. Výše popsaný mechanismus podmiňuje veškeré učení. Pokud se jej nepodaří u žáka aktivovat, žák se ničemu nenaučí a to i v případě, že ostatní motivační faktory spolehlivě fungují.

Na stejném principu však funguje i mechanismus opačný, ve kterém prožitý neúspěch vyvolá kritiku od učitele, žák pociťuje osobní nespokojenost, klesá jeho sebedůvěra. Snižuje se jeho sebehodnocení i sebevědomí. Žákova motivace klesá, jeho studijní práce se zhoršuje.

Učitel by měl žákům pomoci překonat obavy z neúspěchu a zároveň podporovat jejich potřebu úspěšného výkonu. Je tedy důležité, aby byl žák za vydobytý úspěch náležitě pochválen. Učitel by měl žáky chválit pravidelně i za dílčí úspěchy, jako je správné vypracování domácího úkolu nebo protokolu z laboratorního měření.

Úkoly zadané vyučujícím by měly být přiměřeně náročné. Žákům by neměly připadat ani příliš jednoduché ani přespříliš náročné. Pokud je řešení nastoleného problému příliš obtížné, žáci při jejich plnění zažívají neúspěch, jemuž se snaží uniknout. Naopak velmi snadné úkoly utlumí výkonové potřeby žáků. Po úspěšném splnění úkolu by mělo co nejdříve přijít ocenění žáka.

V hodině fyziky může být zadaným úkolem například vytvoření fungující fyzikální hračky. Vyučující může žákům zadat za úkol vyrobit jednoduchý karteziánek. Podrobný návod na jeho výrobu je popsán v kapitole (9.7.9). Žáci jsou předem seznámeni s tím, jak karteziánek funguje. Každý žák dostane jednoduché pomůcky, mezi nimiž je plastová láhev s vodou, brčko, plastelína a kancelářská sponka. Učitel pozoruje žáky při práci, pokud je to nutné, radí jim. Žáci, kteří jsou s prací hotovi před vypršením vymezeného času, mohou pomáhat svým kolegům. Po skončení časového limitu učitel pochválí všechny žáky, jimž se podařilo úspěšně splnit zadaný úkol.^{31, 32}

6.3.3 Sociální potřeby žáků a jejich rozvoj

Člověk má celou řadu sociálních potřeb. Jako první se vytvářejí sociální potřeby vázané na blízké osoby. Jedná se zejména o potřebu mateřské lásky. Během začleňování dítěte mezi vrstevníky se může vytvořit jeho potřeba pozitivních vztahů neboli afiliace, potřeba sociálního vlivu, nebo potřeba prestiže. Potřeba identifikace umožňuje sociální učení. Tato potřeba se vyvíjí celý život, přitom se mění osoba, se kterou se jedinec ztotožňuje. Během školní docházky se žák identifikuje s osobou učitele, s vrstevníky a mnohými dalšími jedinci. Sociální potřeby souvisí podobně jako výkonové potřeby se sebevědomím žáka. Žák chce být pozitivně vnímán svým okolím, proto se snaží nezaostávat za zbytkem třídy, přestože ho učení příliš nebaví.

Významným prostředkem aktivace sociálních potřeb jsou soutěže. K pozitivní aktivaci sociálních potřeb dochází zejména tehdy, když mají všichni žáci šanci uspět a střídají-li se různé druhy soutěží. V opačném případě může soutěž být žákům lhostejná, nebo je dokonce odradit. Zároveň je potřeba vyvarovat se toho, aby zvýšené sebehodnocení a motivace vítězů bylo vyváжено poklesem sebehodnocení a motivace poražených. Učitel by rovněž neměl tolerovat chování žáků, kteří poukazují na chyby druhých, či se je dokonce pokoušejí zesměšnit. Naopak se musí snažit u žáků vytvořit optimistický přístup k učení.

Jako příklad rozvoje sociálních potřeb žáků za pomoci soutěže můžeme uvést problémovou úlohu vycházející z pokusu popsaného v kapitole (9.7.15). Žáci jsou rozděleni do skupinek po třech až čtyřech. Každá skupinka dostane stejné potřeby: gumový balónek, závaží, kousek látky, pytlík soli, laboratorní váhy, provázek a vysokou kádinku s vodou. Úkolem žáků je sestavit s pomocí dodaných pomůcek časovaný Archimédův výtah, který po vložení do vody klesne ke dnu nádoby a po rozpuštění potřebného množství soli vystoupí na hladinu. Skupina, jejíž zařízení se dostane na hladinu nejrychleji, vyhrává. Na přípravu pokusu mají žáci přesně vymezený čas. Po jeho skončení všechny skupiny ponoří své výtvary do vody. Učitel odmění vítězný tým a ocení práci žáků, kterým se úspěšně podařilo splnit úkol. Výše popsané pojetí soutěže upřednostňuje kooperativní práci žáků.

Sociální motivaci žáků ovlivňuje také zaměření sociálních potřeb učitele. Například je velmi pravděpodobné, že učitel s rozvinutou potřebou pozitivních vztahů podnítl afiliaci u svých žáků. Učitel s pozitivně orientovanou potřebou sociálního vlivu zpravidla vyvíjí přiměřený sociální tlak na žáky, jenž vede k zvýšení jejich výkonu.^{31, 32}

6.3.4 Aktivizace žáků

Výše zmíněné způsoby, jakými lze vzbudit zájem žáků při vyučování fyziky, můžeme pro přehlednost shrnout do několika bodů. Žáky motivuje, pokud:

- učitel projevuje zaujetí pro svůj obor.
- je zřejmé užití probírané látky v běžném životě.
- probíraná látka souvisí se zájmy žáků.

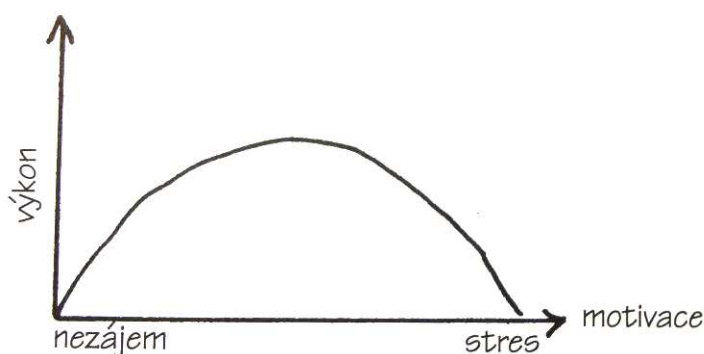
- žáci mají prostor pro uplatnění tvořivosti a sebevyjádření.
- jsou žáci aktivně zapojeni do výuky.
- je pravidelně obměňována činnost žáků.
- jsou žáci překvapováni a jsou-li do výuky zařazovány neobvyklé činnosti.
- žáci mohou řešit problémové úlohy a vzájemně soutěžit.
- je výuka vedena heuristicky.
- učitel dodá učivu osobní rozměr.

V hodině fyziky plní velkou část těchto požadavků fyzikální experiment.

Učitel by se měl snažit přistupovat k motivaci žáků z dlouhodobého hlediska. Rozhodně by se neměl spokojit s tím, že vzbudí zájem žáků na začátku hodiny nebo určitého tématického celku. Tato vstupní motivace totiž nepůsobí v průběhu vlastního učení. Naopak je důležité věnovat pozornost motivaci spojené s prováděním konkrétní učební činnosti.

Nemá-li se motivace žáků vytratit, je vhodné, aby učitel:

- navodil podmínky se silnými incentivy pro dané skupiny potřeb.
- respektoval dominující potřeby žáků. Individualizoval proces výuky, nebo jej naopak směřoval ke kooperaci žáků.
- dlouhodobě rozvíjel motivační dispozice žáků. Věnoval pozornost rozvoji jejich potřeb, zájmů a vůle.



Obr. 4: Závislost výkonu žáka na míře jeho motivovanosti³²

Uvedené postupy je vhodné vzájemně kombinovat. Přitom je nutné brát v úvahu mnoho faktorů. Mezi stěžejní patří rozdíly v rozvinutosti potřeb, zájmů a schopnostech žáků, povaha učiva, schopnosti a zkušenosti učitele.

Existuje řada faktorů, jenž mohou motivaci žáků snižovat. Kromě již zmíněných činitelů se jedná především o fyziologické faktory, jimiž může být hlad, hluk nebo chlad. Řadíme sem i emocionální faktory, mezi které patří například úzkost vyvolaná neúspěchem. Rovněž přílišná motivovanost má nepříznivý vliv na učení. Má-li žák přílišné obavy ze zkoušky, může se přepracovat, vyčerpat nebo stresovat do té míry, že poklesne jeho výkonnost.^{7, 32}

7 Experiment jako aktivizující prvek v hodině fyziky

Zdrojem poznatků ve fyzice je pozorování a následný rozbor fyzikálních jevů. V přírodě jsou fyzikální děje většinou velmi složité, probíhají za různých podmínek, které zpravidla nemůžeme přímo kontrolovat. Zkoumaný jev bývá často neopakovatelný. Proto se ve fyzikální vědě navozují umělé děje za předem stanovených podmínek tak, aby bylo možné je za stejných podmínek kdykoliv zopakovat. Tuto vědeckou poznávací metodu nazýváme fyzikálním experimentem.

Experiment ve fyzice slouží k získávání nových poznatků o přírodě a jejich zařazení do systému fyziky; ověření pravdivosti vytvořené hypotézy či teorie a ke spojení vědeckých poznatků s technikou, výrobou a životem.

Experiment ve výuce fyziky nemá na rozdíl od vědeckého experimentu za cíl objevení nových fyzikálních zákonitostí, ale jejich objasnění a zdůraznění důležitých vlastností jevu. Jeho hlavním úkolem je předvést složitý přírodní děj ve školních podmínkách, které se od reálných podmínek liší časovým či prostorovým uspořádáním. Zjednodušení jevu usnadňuje následnou analýzu a syntézu získaných poznatků. Vhodně zařazený a provedený experiment navíc zvyšuje zájem žáků o fyziku, pomáhá získat jasné představy o zkoumaných jevech, a tím výrazně ulehčuje osvojení učiva. Pokusy pomáhají rozvíjet fyzikální myšlení, pozorovací schopnosti a technické dovednosti žáků. Jsou-li experimenty prováděny přímo žáky, výrazně se zvyšuje jejich aktivizace.^{12, 15, 40}

7.1 Klasifikace experimentů ve školské fyzice

Didaktická fyzikální literatura uvádí různá kritéria klasifikace experimentů. Pokusy bývají nejčastěji tříděny podle jejich zaměření, provedení, logické povahy a didaktické funkce.

Klasifikace experimentů:^{15, 40}

- Podle zaměření
 - Demonstrační
 - Frontální žákovské, skupinové žákovské a domácí žákovské
 - Laboratorní
- Podle provedení
 - Reálné (pravé pokusy)
 - Myšlenkové
- Podle logické povahy
 - Kvalitativní
 - Kvantitativní
- Podle didaktické funkce

- Heuristické (objevitelské) - Ověřovací (verifikační) - Motivující učivo - Ilustrační (expoziční) - Uvádějící fyzikální problém	- Aplikační (použitelné v praxi) - Historické - Opakující a prohlubující (fixační) - Kontrolní (diagnostické)
--	--

7.1.1 Klasifikace experimentů podle zaměření

Podle zaměření rozlišujeme demonstrační, frontální a laboratorní experiment.

a) Demonstrační experiment

Pod pojmem demonstrace rozumíme didaktickou činnost využívající názorné prostředky k objasnění učiva. Vyučující má na výběr z celé škály prostředků, mezi které patří například obrazy, grafy, nákresy na tabuli, filmy nebo demonstrační pokusy. Demonstrační experiment předvádí buď vyučující sám, nebo ve spolupráci s jedním či více žáky, před celou třídou. Pokus je navozený za předem stanovených podmínek. Všichni žáci mají možnost sledovat ve stejném okamžiku průběh jediného experimentu. Při sledování pokusu si žáci vytvářejí počáteční představy o předváděných jevech, studují vlastnosti fyzikálních objektů nebo se seznamují s možnostmi využití fyzikálních jevů či vlastností.

Výhodou demonstračních experimentů je zaměření pozornosti žáků na jediný objekt. Správné provedení pokusu může sloužit žákům jako vzor pro jejich další samostatnou činnost. Demonstrační experiment je rovněž vhodné zařadit do výuky, pokud je nutné použít speciální, nákladné či potenciálně nebezpečné pomůcky. Naopak nevýhodou je absence bezprostředního styku žáků s pomůckami a nerovnoměrnost aktivity žáků ve třídě. Průbojnější a pohotovější žáci zpravidla strhávají pozornost na sebe.

Podle didaktické funkce můžeme demonstrační experimenty rozdělit na: aplikační, heuristické, historické, ilustrační, motivující učivo, ověřovací a uvádějící fyzikální problém. Didaktickými zásadami, které je nutné dodržovat při předvádění demonstračního experimentu se zabývá část (7.2).^{15, 19, 40}

b) Žákovský experiment

Provádí-li pokus jeden žák či skupina žáků, jedná se o žákovský experiment. Při něm žák nejenže poznává fyzikální jev, ale zároveň si také osvojuje metody poznávání. Na rozdíl od demonstračního experimentu žák přímo pracuje s pomůckami, tudíž má bližší kontakt se zkoumaným jevem. Kromě osvojování fyzikálních znalostí jsou rozvíjeny žákovy tvůrčí a poznávací aktivity.

Žákovský experiment můžeme rozdělit s ohledem na míru samostatnosti práce žáka na pokusy prováděné podle pokynů vyučujícího, podle návodu v učebnici fyziky nebo podle návrhu žáka, který je schválený učitelem. Podle způsobu organizace a obsahu můžeme žákovské pokusy rozdělit na individuální, frontální a skupinové. Individuální pokus provádí pouze jeden žák, přitom se může jednat o experiment v rámci domácí přípravy, nebo o demonstrační experiment pro ostatní žáky. Při frontálním experimentu provádějí všichni žáci ve třídě stejný fyzikální pokus podle pokynů učitele. Žáci pracují zpravidla ve dvojicích. Pokus trvá zhruba 5 minut až 10 minut a je rozdělen na několik návazných pracovních operací. Učitel organizuje práci ve třídě tak, aby dvojice postupovaly po dílčích krocích, zároveň žáky sleduje při provádění jednotlivých úkonů a radí jim. Na základní škole bývá frontální experiment často konán současně s demonstrací učitele. Žáci si prostřednictvím frontálního pokusu osvojí základní návyky práce s jednoduchými pomůckami. Skupinový žákovský pokus se od frontálního pokusu liší zejména menší rolí vyučujícího. Žáci rozdělení do skupin zkoumají složitější fyzikální jevy. Učitel má roli pozorovatele a poradce, zároveň hodnotí práci jednotlivých skupin a dbá na bezpečnost práce ve třídě. Žáci musí při řešení problémů projevit větší míru samostatnosti. Pro skupinové pokusy jsou vhodné pokusy heuristické, ověřovací a aplikační.

Žákovský experiment lze zařadit do různých částí vyučování. V úvodu hodiny plní pokus funkci motivační. Při probírání nového učiva slouží k získání údajů potřebných pro formu-

laci pravidla, poučky či fyzikálního zákona. Při procvičování žáci získají potřebné hodnoty pro řešení úloh. Významnou roli hraje frontální pokus také během opakování většího tematického celku.

Při přípravě a provádění frontálních pokusů je zapotřebí dodržovat metodické pokyny. Pomůcky pro frontální experimenty by měly být jednoduché. Žáci by měli mít k dispozici dostatek souprav. V průběhu frontálního pokusu by měl vyučující žáky neustále sledovat, dbát na jejich bezpečnost, radit jim a dohlížet na to, aby se v rámci skupiny žáci při jednotlivých činnostech střídali. Důležité je, aby učitel hodnotil práci skupin i jednotlivců.^{15, 19, 40}

c) Laboratorní experiment

Při laboratorní úloze jsou žáci rozděleni do skupin po dvou až třech. Každá skupina pracuje na stejném experimentu, podobně jako při frontálním či skupinovém žákovském pokusu. Na rozdíl od nich však žáci postupují podle písemně zpracovaného návodu. Obsahově jsou laboratorní úlohy náročnější než frontální či skupinové žákovské pokusy. Tempo práce je individuální, skupiny postupují podle svých schopností. Laboratorní úlohy probíhají podle návodů v učebnici, popřípadě podle návodu napsaného učitelem. Po laboratorní práci musí každý žák samostatně vypracovat písemný protokol. Součástí elaborátu by měla být stručná teorie úlohy, tabulky s naměřenými hodnotami, výpočty a závěrečné shrnutí a zhodnocení výsledků měření. Protokol kontroluje vyučující. Vedle obsahové správnosti hodnotí i formální stránku dokumentu. Výsledky laboratorních úloh jsou následně hodnoceny se všemi pracovními skupinami společně. Jsou srovnány výsledky měření všech skupin a analyzují se příčiny chyb.

Laboratorní úlohy se uskutečňují v samostatných hodinách a jsou zařazovány zpravidla na závěr jednotlivých tematických celků. Cílem úloh je opakování, prohloubení, rozšíření a syntéza dříve nabytých vědomostí. Při práci v laboratoři si žáci vštěpují prvky samostatnosti při experimentování, učí se pracovat s nejrůznějšími technickými přístroji a zařízeními a osvojují si důležité pracovní návyky, mezi které patří kontrola pomůcek před experimentem, dodržování laboratorního řádu, udržování čistoty na pracovišti či bezpečnost práce.^{12, 15, 40}

7.1.2 Klasifikace experimentů podle provedení

Podle provedení rozlišujeme pokusy reálné, jež přímo předvádějí fyzikální jev, a pokusy modelové, které nezkoumají skutečný jev, ale jeho náhradu.

V případě, že je reálné těleso či jev příliš složitý nebo nepřístupný, zkoumá se jako náhrada jiný objekt, který má s originálem společné rysy, je však jednodušší a snadno realizovatelný. Takový objekt se nazývá model. Zkoumání modelu umožňuje zprostředkované poznání skutečnosti.

Modely lze klasifikovat podle mnoha hledisek. Při rozdělení modelů podle didaktických potřeb rozlišujeme modely modifikující, transformační, simulující, ilustrující a formalizující. Ve výuce mechaniky kapalin na základní škole se setkáme především s modifikujícími modely, které zachovávají fyzikální podstatu, avšak mají jiné měřítko než originál, případně se od předlohy liší v nepodstatných jednotlivostech. Příkladem může být pokus předvádějící na zjednodušeném modelu ryby princip otevřeného plynového měchýře (9.7.12).

Ve školské fyzice je rovněž využíván myšlenkový pokus. Jedná se o ideální model, který je prováděn pouze v ideální sféře vědomí. Veškeré reálné objekty a fyzikální děje jsou nahrazeny myšlenkovými. Výhodou myšlenkových experimentů je možnost zkoumat i prakticky neuskutečnitelné situace. Žáci mohou například počítat tlakovou sílu působící na tělo potá-

pěče nacházejícího se na dně Mariánského příkopu. Další uplatnění může mít myšlenkový pokus jako přípravná fáze reálného experimentu, při níž žáci před provedením pokusu analyzují fyzikální problém.^{40, 43}

7.1.3 Klasifikace experimentů podle logické povahy

Podle logické povahy rozlišujeme pokusy kvantitativní a kvalitativní. Kvalitativní experimenty pouze ukazují existenci fyzikálního jevu, k jejich demonstraci se často používají jednoduché pomůcky. Naopak kvantitativní pokusy vyvozují matematické vztahy mezi fyzikálními veličinami.

Při kvantitativních experimentech dochází k měření fyzikálních veličin, proto je důležité, aby naměřené hodnoty dávaly přesvědčivé výsledky, jejichž vyhodnocení umožní vyvodit příslušnou zákonitost či fyzikální zákon. Kvantitativní pokusy jsou poměrně náročné na vybavení kabinetu přesnými měřicími přístroji. Při demonstračním experimentu prováděném před třídou je zapotřebí zajistit, aby všichni žáci měli možnost vidět údaje na měřicích přístrojích. Je-li stupnice přístroje příliš malá, je vhodné pozvat některého z žáků, aby přečetl naměřenou hodnotu. Zároveň však musí učitel kontrolovat správnost odečtené hodnoty. Pokud je škola vybavena videokamerou, vyučující může zobrazit zvětšený obraz stupnice měřicího přístroje na televizní obrazovce či jej promítnout pomocí projektoru na promítací plátno.^{19, 40}

7.1.4 Klasifikace experimentů podle didaktické funkce

Podle didaktické funkce rozlišujeme celkem devět typů experimentů. Mezi jednotlivými skupinami existují i přechodné typy. Podle rozhodnutí učitele může jeden pokus plnit více funkcí, například může být v hodině použit dvakrát. Na začátku výuky má pokus funkci motivační, při výkladu může zastávat zcela jinou funkci například aplikační.

a) Heuristické experimenty

Při heuristických pokusech žáci sami objevují pro ně doposud neznámé fyzikální jevy a zákonitosti. Žáci se prostřednictvím induktivního vyvozování nového poznatku aktivně zapojují do vyučovacího procesu. Zároveň napodobují činnost experimentálního fyzika. Heuristický experiment je účinný pouze tehdy, pokud je žák v maximální možné míře aktivován. O zásadách správného provádění experimentů pojednává část (7.2).

Jednoduchým heuristickým experimentem vhodným pro frontální uspořádání výuky je pokus s vejcem vloženým do nádoby s vodou (9.6.2). Žáci mají za úkol přidat do vody předem dané množství soli, sůl ve vodě zamíchat a sledovat, co se stane s vejcem. Vlastní experimentální činností dospějí žáci k závěru, že při zvýšení průměrné hustoty kapaliny vzroste vztlačová síla působící na ponořené těleso.

b) Ověřovací experiment

Do výuky bývá ověřovací experiment zařazen, pokud je nový zákon či vztah odvozen deduktivně, nebo je dogmaticky sdělen. Provedení pokusu žáky přesvědčí o správnosti odvozené zákonitosti. Žáci si rovněž mohou prostřednictvím pokusu ověřit správnost řešení úlohy, kterou předtím vypočítali.

Funkci ověřovacího experimentu může mít úloha s lékovkou obsahující broky (9.7.7). Na základě znalosti objemu a hmotnosti nádoby a hmotnosti broků mají žáci za úkol spočítat, kolika olovenými broky je potřeba zatížit lékovku, aby se v nádobě s vodou vznášela a aby

klesla ke dnu. Následné praktické provedení experimentu ověří správnost teoretických výpočtů.

c) Experiment motivující učivo

Hlavním didaktickým cílem těchto pokusů je vzbudit zájem žáků o nové učivo, upoutat pozornost na předmět zkoumání, případně názorně připomenout zkušenost z běžného života žáků. Učitel proto před výkladem nového poznatku předvede žákům zajímavý jev, k jehož objasnění je zapotřebí objevit příslušné fyzikální zákony. Pokus je v tomto případě motivujícím faktorem. V hodině fyziky má motivační experiment podobnou funkci jako uvádění vhodných příkladů z osobních zkušeností žáků.

Motivační pokus je zpravidla jednoduchý, nevyužívá složité pomůcky a zařízení a nevyžaduje přesné vyhodnocení naměřených výsledků pozorování. Je zaměřen hlavně na demonstraci průběhu jevu. Zájem žáků o předváděný pokus vzroste, pokud je experiment uskutečněn za pomoci zajímavých pomůcek, doprovázen světelnými či zvukovými efekty nebo pokud má nečekaný konec. Motivační pokusy a s nimi spojené fyzikální poznatky si žáci dobře zapamatují.

Pokud chce vyučující při výkladu vycházet ze závěrů motivačního experimentu, měl by jej při odvozování zákona zopakovat, nikoliv se na něj pouze odkazovat.

Rovněž je možné zadat žákům provedení jednoduchého motivačního experimentu za domácí úkol. V tomto případě by námět pokusu měl být pro žáky atraktivní, dobře srozumitelný a měl by být proveditelný s jednoduchými potřebami, které jsou doma běžně dostupné. Na začátku další vyučovací hodiny by měl být pokus připomenut, v lepším případě by jej měl vybraný žák provést znovu.

Ve výuce mechaniky kapalin lze použít celou řadu zajímavých motivačních experimentů. Příkladem mohou být hrozinky vhozené do nádoby s vodou syčenou oxidem uhličitým. Hrozinky se v nádobě vznášejí a klesají ke dnu. K pochopení pozorovaného jevu se žáci nejprve musí seznámit s problematikou plavání těles (9.7.1).

d) Ilustrační experiment

Ilustrační pokusy jsou převážně demonstrační kvantitativní experimenty, jejichž cílem je seznámit žáka s tím, jak jev vypadá. Ilustrační experiment však může mít i heuristickou funkci, neodvozuje však nové vztahy, ale slouží pro zvýšení názornosti.

Při výuce hydrostatiky můžeme experimentem ilustrovat například výklad o plavání těles. Žáci prostřednictvím jednoduchého pokusu s modelovací hmotou (9.7.2) názorně uvidí, jak je možné, že loď vyrobená z materiálu s mnohonásobně větší průměrnou hustotou, než má voda, plave. Vyučující vloží modelovací hmotu zformovanou do tvaru koule do akvária s vodou. Hmota klesne ke dnu. Poté učitel modelovací hmotu vyjme a vytvoří z ní miskou, kterou položí na hladinu vody. Hmota ve tvaru misky ve vodě plave.

e) Experiment uvádějící fyzikální problém

Řešení problému vzbuzuje zájem žáků o probíranou látku. Fyzikální problém může být navozen nejen pomocí slovních fyzikálních úloh, ale i pomocí heuristického, frontálního žákovského, skupinového žákovského nebo historického pokusu. Prostřednictvím experimentu navozujícího problémovou situaci může vyučující rovněž motivovat žáky před výkladem nových poznatků, nebo jej zařadit jako součást opakování učiva.

Zajímavým experimentem uvádějícím fyzikální problém je například pokus se dvěma plastovými kelímky, které plavou v nádobě s vodou (9.3.4). Uvnitř kelímků jsou shodná závaží, v boku každého kelímku je provrtán malý otvor. Otvory se však nacházejí v různé výš-

ce. Jedna nádoba má otvor v blízkosti dna, druhá je provrtána těsně pod místem, kam dosahuje hladina okolní vody. Žáci mají za úkol určit, který kelímek se potopí jako první. Pro řešení problému je zapotřebí, aby žáci aplikovali znalosti o hydrostatickém tlaku.

f) Aplikační experimenty

Při výuce fyziky je důležité aplikovat teoretické poznatky na jevy známé z běžného života. Nejen že tak dochází k sepejetí teorie a praxe, ale navíc lze na konkrétním využití vysvětlit podstatu abstraktního jevu. Aplikační experiment tak může například objasnit fungování hydraulického lisu. Velmi často se pro demonstraci používají jednoduché modely technických zařízení.

Pokusem, který ukazuje využití principu spojených nádob v praxi, je ukázka fungování sifonu za pomoci plastové láhve obsahující kávová zrna (9.4.4). Do provrtaného uzávěru láhve je vsunuta ohnutá hadička. V místě ohnutí hadičky se nachází obarvená voda, která zabraňuje úniku kávového aroma ven z láhve, podobně jako voda v sifonu umyvadla zabraňuje šíření zápachů z kanalizace.

g) Historické experimenty

Mezi historické pokusy řadíme experimenty, které v historii fyziky znamenaly výrazný pokrok pro rozvoj fyzikálního myšlení a fyziky jako vědy a pokusy mající historickou hodnotu. Většina historických pokusů může být v hodině fyziky pouze popsána či vysvětlena. Přesto je však řada historických pokusů, které může učitel provést přímo ve škole.

Ve výuce mechaniky kapalin na základní škole se jedná například o Archimédův důkaz příměsí stříbra ve zlaté koruně Syrakuského krále³³.

h) Experimenty opakující a prohlubující učivo

Při fixačních pokusech si žáci zopakují, prohloubí a rozšíří dříve nabyté vědomosti. Mezi takové experimenty patří zejména laboratorní úlohy. Avšak i demonstrační experimenty, pokud jsou učitelem předvedeny znovu, mohou mít funkci opakování a prohloubení probrané látky. Při opětovném zařazení pokusu do výuky, například při kontrole znalostí na začátku nejbližší hodiny, je vhodné experiment obměnit. Tím je možné zjistit, zda-li žáci dobře rozumí demonstrovanému fyzikálnímu jevu. Funkci opakování a prohloubení znalostí plní také pokusy zadané za domácí úkol.

Závislost hydrostatického tlaku na hloubce bývá často znázorněna pomocí láhve s vodou, v jejímž boku je nad sebou umístěno několik děr (9.3.2). Velikost proudů vody tekoucích ven z láhve jednotlivými otvory závisí na vzdálenosti od hladiny vody v nádobě. Pokus, který zopakuje a prohloubí zmíněný poznatek, lze provést tak, že do akvária s vodou vložíme plastovou láhev, kterou žáci znají z předešlého experimentu. Nyní však mohou pozorovat, že hydrostatický tlak ovlivňuje i velikost proudění dovnitř láhve (9.3.3).

i) Kontrolní experimenty

Kontrolní pokusy jsou zařazovány zejména při zkoušení žáků. Slouží k ověření schopností naplánování, sestavení, provedení a vyhodnocení pokusu. Tyto schopnosti a dovednosti může vyučující rovněž pozorovat při provádění frontálního experimentu, nebo laboratorní úlohy. Úplnější informaci o schopnostech žáka provádět a analyzovat experiment je však třeba získat při jeho zkoušení.

Například při zkoušení z problematiky plavání a potápění může žák dostat za úkol vytvořit jednoduchý karteziánek (9.7.9) a popsat jeho princip.^{12, 19, 40}

7.2 Didaktické požadavky na demonstrační pokus

Pokud má demonstrační experiment správně plnit svou funkci, tedy motivovat žáky k výkladu, objevit či objasnit nové fyzikální poznatky nebo je ověřit, je nutné při jeho provádění dodržovat několik didaktických požadavků. Didaktickými požadavky na demonstrační pokus jsou:

a) Zařazení experimentu do výkladu, do kterého organicky patří

Experiment by měl být organickou součástí výkladu, vyučující by jej měl provést v okamžiku, kdy lze jeho výsledky nejefektivněji využít. V žádném případě by učitel neměl odkládat provedení pokusů na další hodinu, nebo je dokonce kumulovat několik vyučovacích hodin a poté je předvést najednou. Pokus může být naopak v jedné hodině zopakován vícekrát. Rovněž je vhodné znovu zařadit dříve provedený pokus do jiné hodiny v rámci opakování učiva.

b) Jednoduchost, pochopitelnost a přesvědčivost pokusu

Experiment by měl být jednoduchý. Naopak skládá-li se pokus z jednotlivých dílčích kroků, je nutné jeho provedení rozdělit na několik jednoduchých částí. Žáci by však stále měli mít celkový přehled o průběhu pokusu.

Pokus je pro žáky snadno pochopitelný, pokud je jeho provedení snadné a nevyužívá komplikované měřicí přístroje. Velmi vhodné jsou proto experimenty s jednoduchými prostředky.

Přesvědčivost pokusu se značně zvýší, pokud jsou jeho výsledky potvrzeny zopakováním experimentu za jiných podmínek. Pokud je to možné, žáci by měli sami navrhnout úpravy podmínek provedení. Při odvozování Archimédova zákona lze použít tělesa mající stejný objem i hmotnost, ale jiný tvar (9.5.3).

c) Zopakování pokusu

Opětovné provedení experimentu je vhodné, především pokud pozorovaný jev probíhá velmi rychle. Avšak i běžný experiment je dobré zopakovat, neboť se tím potvrdí jeho platnost. Opakovaný pokus mající stejný průběh i výsledek je pro žáky přesvědčivější. Zopakováním pokusu je zároveň zajištěno soustředění všech žáků na probíhající jev.

d) Vzbuzení zájmu žáka o experiment a jeho aktivní účast na provádění pokusu

Motivace žáků ke sledování, či případné účasti na pokusu závisí především na jednoduchosti a poutavosti pokusu. Žáci uvítají jednoduché pokusy, zejména pokud jsou doprovázeny zajímavým efektem. Žákům musí být navíc jasný smysl a cíl experimentu. Naopak je-li pokus zdoluhavý nebo žáci nevědí, na co se při pozorování fyzikálního jevu soustředit, jejich zájem o experiment upadá.

Pokusy se žákům zdají zajímavější a méně obtížné než samotný výklad. Učitel by však měl používat experimenty s rozmyslem a dbát na to, aby každý pokus sloužil cíli vyučovací hodiny a nestal se pouze nástrojem pro zábavu a obveselení žáků.

Pro zvýšení motivace žáků je vhodné dát pokusu osobní rozměr. Jedná se o efektivní metodu přiblížení problematiky žákům. Jakýkoliv jev bude zajímavější, pokud jej prezentujeme z pohledu jednotlivce, kterého ovlivňuje. Tuto metodu můžeme využít například při demonstraci účinků vztlakové síly, při které je závaží zavěšeno na siloměru a následně ponořeno do vody. Změna výchylky na siloměru ukáže velikost vztlakové síly. Pro žáky však bude názornější, pokud učitel aplikuje poznatky o vztlakové síle na případ vážení žáka pomocí osobní váhy umístěné na podlaze ve třídě a na dně rybníka v hloubce jednoho

metru. Hodnota, kterou ukáže váha, na níž stojí žák z části ponořený v rybníce, bude nižší, než údaj naměřený ve třídě.

e) Zařazení přiměřeného počtu pokusů do hodiny

Pokud učitel během jedné hodiny provede velký počet různorodých pokusů nebo jedno téma přeplní množstvím variant pokusů ke stejnému jevu, obvykle dojde ke zmatení žáků, naruší se jejich pozornost a přístup k učivu.

f) Doplnění experimentu o náčrt, nákres či schéma

Náčrty, nákresy a schémata jsou využívány pro zvýšení názornosti experimentu. Používají se zejména tehdy, pokud provedení experimentu vyžaduje složitější uspořádání pomůcek a měřících přístrojů. Učitel by měl žáky informovat o souvislosti náčrtu s reálným pokusem. Ve výuce hydrostatiky na základní škole je vhodné použít náčrty například pro zobrazení sil působících na těleso ponořené v kapalině.^{12, 19, 32, 40}

7.3 Hlavní fáze demonstračního experimentu

Má-li být pokus skutečným přínosem, je nutné zapojit žáky co nejintenzivněji do jeho provádění. Přitom je důležité, aby se žáci podíleli na všech fázích pokusu od samého začátku, kdy jsou stanoveny hypotézy, účastnili se provedení pokusu a aby na závěr zhodnotili jeho výsledky. Následující fáze demonstračního experimentu se uplatňují u heuristického pokusu, pokusu ověřovacího a u pokusu uvádějícího fyzikální problém. Při provádění experimentů s ostatními didaktickými funkcemi jsou využity jen některé fáze či jejich dílčí kroky. Hlavní fáze demonstračního pokusu jsou:

a) Stanovení cíle experimentu

Před provedením experimentu stanoví učitel obecné a dílčí cíle pokusu. Obecné cíle platí pro všechny experimenty. Vycházejí z obecně vzdělávacích cílů a souvisí s metodikou výkladu. Patří mezi ně zejména porozumění fyzikálním poznatkům a jejich aplikaci v praxi, rozvoj logického myšlení, výchova k aktivnímu vytváření hypotéz a upevnění zájmu o fyzikální problematiku a fyzikálně technická povolání.

Dílčí cíle plynou z obsahu fyzikálního učiva. Jedná se například o nabytí konkrétní znalosti, porozumění fyzikálnímu ději, aplikaci, analýzu, syntézu nebo hodnocení. Dílčím cílem může být i osvojení psychomotorické dovednosti, jakou je obsluha přístroje či změření fyzikální veličiny, nebo vstřípení zásad a pravidel bezpečnosti práce.

b) Myšlenková a technická příprava pokusu

Na myšlenkové přípravě pokusu se podílejí kromě učitele i žáci. Vyučující z počátku navodí problémovou situaci, která vede k formulaci problému, k jehož řešení je zapotřebí provést experiment. Přitom využívá náčrtků na tabuli, aby zachytil podstatné prvky experimentu. Díky myšlenkové přípravě mohou žáci lépe proniknout do problematiky jevu. Teoretická příprava hraje důležitou roli také v přípravě na laboratorní úlohy.

c) Vlastní provedení pokusu

Žáci by měli být co nejvíce zapojeni do provádění pokusu. Například při heuristickém experimentu by se měli aktivně podílet na objevu nového poznatku, při ověřovacím pokusu se přesvědčit o pravdivosti teoreticky odvozeného poznatku.

Úvodní část provádění pokusu by měla být věnována zopakování předpokladů, za nichž pokus proběhne, a popisu měřících přístrojů, jejich rozsahu, čtení na stupnici apod.

d) Zhodnocení výsledků experimentu

Po provedení pokusu je vždy nutné zhodnotit jeho průběh a výsledek a vyslovit dílčí závěry. Na základě zařazení rovnocenných pokusů lze jednotlivé závěry zobecnit za daných podmínek. Žáci by měli být vedeni k tomu, aby sami prováděli zhodnocení experimentu.

Na závěr kvalitativního pokusu je vhodné, aby žáci v rámci diskuse zhodnotili pokus a formulovali závěr. Fyzikální nepřesnosti či jazykové neobratnosti výsledné formulace může učitel opravit sám nebo je přeformulovat při dalším rozhovoru se třídou. Poté vyvozené závěry napíše na tabuli nebo je nadiktuje do sešitů.

Kvantitativní experiment bývá kromě formulace závěru navíc uzavřen matematickým vztahem nebo grafem a vysvětlením odchylek měření od očekávaných hodnot. Zákonitosti plynoucí z výsledného vztahu by měly být důkladně prodiskutovány a následně upevněny konkrétními výpočty.^{12, 19, 40}

7.4 Technika přípravy a provádění demonstračních experimentů

Učitel musí být pečlivě připraven na provádění fyzikálních experimentů. Je nezbytné, aby měl potřebné fyzikálně odborné a didaktické znalosti a aby se věnoval technické přípravě pokusu. Vyučující by si měl každý experiment alespoň den před využitím v hodině připravit a vyzkoušet. Před samotnou hodinou by se měl učitel alespoň namátkovou kontrolou přesvědčit, že pokus probíhá zdárně. Tato pravidla je vhodné dodržet i v případě, že se jedná o jednoduchý pokus, který vyučující již v minulosti několikrát předváděl.

Při provádění demonstračního pokusu ve třídě by měl učitel dát přednost přímé demonstraci s pomůckami před její projekcí. Žáci by měli přímo pozorovat předváděný děj. Existují však situace, kdy nelze zařídit dobrou viditelnost při předvádění pokusu. Jedná se například o předvádění vlastností povrchové blány kapaliny. V takovém případě je možné použít zobrazovací zařízení, jakým je například videokamera, a zobrazit průběh jevu na obrazovce televizoru či dataprojektorem na promítací plátno.

Aby byl pokus dobře přehledný a zároveň viditelný ze všech míst učebny, musí být splněno několik požadavků:

- a) Před provedením pokusu musí učitel seznámit žáky s přístroji a objasnit jejich funkci.
- b) Při demonstraci musí učitel stát tak, aby svým tělem nezakrýval žádnou část experimentu. Proto by měl stát za stolem s pomůckami či vedle něho.
- c) Na stole mají být pouze pomůcky určené pro právě probíhající pokus. Pokud musí být na demonstračním stole připraveny i další pokusy, mají být zakryté. Ostatní pomůcky by měly být odloženy na odkládací stůl.
- d) Pomůcky a přístroje by měly být na demonstračním stole rozmístěny tak, aby byly viditelné pro všechny žáky. Je velmi důležité, aby bylo vidět na stupnice měřidel. Pomůcky by se neměly navzájem zakrývat.
- e) Určité pokusy jevy lze vidět pouze v jednom směru. V takovém případě učitel natáčí demonstrační soupravu, aby postupně všichni žáci viděli předváděný jev. Pokud ani to není možné, může učitel zvát žáky po skupinkách k demonstračnímu stolu a ukazovat jim pokus jednotlivě, nebo naopak provádět pokus při procházení mezi lavicemi.
- f) Číré kapaliny používané při pokusech v mechanice kapalin je vhodné zvýraznit potravinářským barvivem. K označení místa, kam sahá hladina kapaliny, je možné použít omyvatelný značkovač.

Vzhledem k tomu, že frontální experimenty jsou zpravidla jednodušší než experimenty demonstrační, je i jejich technická příprava snazší. Na druhé straně jsou frontální pokusy poměrně náročné na čas potřebný k provedení a na organizaci práce ve třídě. Učitel musí připravit velký počet souprav, dohlížet na organizaci rozdělování souprav, kontrolovat jejich stav a úplnost, řídit provádění pokusů a složení souprav do původního stavu a jejich uložení.^{9, 12, 19, 40}

7.5 Využití videoukázky zachycující experiment ve školské fyzice

Při demonstraci může vyučující využít celou řadu učebních pomůcek, mezi nimi i videoukázku zachycující fyzikální experiment.

Výhody filmového pokusu spočívají v tom, že natočený experiment může být proveden metodicky bezchybně. Navíc mohou být použity dokonalé pomůcky nebo přístroje, které jsou pro školu nedostupné. Videonahrávka může také ukazovat obtížně pozorovatelný či zvláště nebezpečný jev. Hlavní nevýhodou natočeného pokusu je pasivita žáků při jeho sledování. Pouhé pozorování předtočeného jevu velmi výrazně potlačuje žákovu aktivitu. Rovněž atraktivita pokusu prováděného přímo ve třídě je mnohonásobně vyšší než sledování videozáznamu.

Z těchto důvodů je vhodné promítnout nafilmovaný experiment pouze tehdy, pokud jej nelze z jakéhokoliv důvodu předvést přímo ve škole. Příkladem experimentu, který nemusí být snadné realizovat ve školních podmínkách je demonstrace účinků hydrostatického tlaku (9.3.5). Pokus zachycující smršťování nafouknutého balónku umístěného v plastové nádobě s vodou je náročný na prostorové uspořádání. Otvorem v uzávěru nádoby je prostrčena hadice s vodou. Vytažením hadice do výšky se zvýší hydrostatický tlak v láhvi, tlaková síla stlačí nafouknutý balónek. Aby byl jev průkazný, je zapotřebí vytáhnout hadici do několikametrové výšky. V případě přiložené videoukázky byla hadice vytažena do okna umístěného ve výšce 14,1 m nad zemí. Videozáznam je však vhodné použít i tehdy, pokud může zobrazit děj, který je za normálních podmínek nenázorný, neopakovatelný, neviditelný, nebo když je zapotřebí změnit časové měřítko děje. Často je vhodné průběh pokusu zpomalit, aby žáci měli dostatek času zaměřit se na jeho podstatné vlastnosti. Jedná se například o zpomalený záběr ukazující proudění vody ze stlačeného ježíka při demonstraci Pascalova zákona (9.9.1). Někdy je naopak zapotřebí urychlit dlouze probíhající jev. Pokusy zachycující chování hořící svíčky plovoucí na hladině (9.7.16) a chování soustavy různorodých těles ponořených do vody (9.7.15) trvají několik desítek minut, proto je vhodné je několikanásobně zrychlit. Videoukázky mohou být rovněž použity jako instruktážní filmy pro učitele. Jejich cílem je poučit vyučujícího, jak by měl v ideálním případě pokus vypadat.

Rozhodne-li se učitel promítnout video zachycující experiment při hodině fyziky, měl by se předem seznámit s nahrávkou a zvážit, co konkrétně se z ní mají žáci naučit. Přestože žáci považují televizi za zdroj zábavy, neznamená to, že ji budou automaticky se zaujetím sledovat. Proto je vhodné vyzvat žáky, aby při sledování videa objevili konkrétní informaci, čímž se zvýší jejich pozornost. Při vlastní projekci bývá vhodné ztlumit světlo. Učitel by měl kontrolovat, zda se žáci dívají, komentovat promítaný pokus, směřovat pozornost žáků k podstatným znakům probíhajícího jevu a je-li to nutné, zastavovat a přetáčet video zpět.^{12, 19, 32}

7.6 Zásady bezpečnosti práce při provádění experimentů

Při provádění veškerých experimentů je nutné dodržovat základní podmínky bezpečné práce. Jejich cílem je zabránit ohrožení zdraví žáků a učitele. Základní zásady bezpečnosti práce při provádění experimentů jsou:

- a) Vybavení veškerých prostor sloužících k výuce fyziky musí vyhovovat platným bezpečnostním předpisům.
- b) Dobrá znalost principů a funkce pokusného zařízení. Zručnost osoby provádějící experiment.
- c) Dobrá znalost předpisů a pokynů pro bezpečnou práci, ochranných pomůcek, jejich funkce a použití. Dobrá úroveň požadovaných návyků při manipulaci s pomůckami. Učitelova znalost předpisů pro bezpečnou práci je ověřena předepsanými zkouškami.
- d) Důkladná teoretická a technická příprava každého experimentu. Promyšlené a neunáhlené provedení pokusu. Soustavné udržování pořádku na pracovním stole.

Při provádění pokusů ve výuce mechaniky kapalin na základní škole učitel ani žáci nepracují s dráždivými plyny, elektrickým proudem či zdroji záření. Většina experimentů je prováděna ve skleněných nádobách s vodou. Při zacházení se skleněnými nádobami je zapotřebí jednat s rozvahou, dbát na to, aby se nerozbily a nedošlo k případnému pořezání o vzniklé střepy. V některých případech je nutné pracovat s jinými kapalinami, než je voda. Jedná se zejména o roztok soli, olej a líh. Líh je hořlavá kapalina. Při práci s hořlavinami musí učitel dbát na to, aby je vždy uskladnil v uzavřených nádobách. Otevřená nádoba s hořlavinou musí být umístěna více než jeden metr od otevřeného ohně. Aby nedošlo k rozlití, provádí se přelévání hořlavých kapalin nad plochou miskou. Rozlitou hořlavinu je nutné důkladně vytřít. Po skončení pokusů s hořlavinami je nutné omytí rukou mýdlem.

Průběh pokusu nesmí ohrožovat lidské zdraví. Učitel vede žáky k tomu, aby si osvojili zásady bezpečné práce a uvědoměle je dodržovali. Jelikož je vyučující pro žáky příkladem, musí sám dodržovat zásady a pravidla bezpečnosti práce.^{12, 40}

8 Současný stav mechaniky kapalin ve výuce na základní škole

Cílem kapitoly je popsat současný stav mechaniky kapalin ve výuce fyziky na základní škole. Úvodní část se zabývá postavením mechaniky kapalin v Rámcově vzdělávacím programu. Popisuje strukturu látky a stručně vysvětluje nejdůležitější pojmy. Následuje rozbor hlavních úskalí při výuce mechaniky kapalin na základní škole. Závěr je věnován krátkému srovnání mechaniky kapalin ve čtyřech nejčastěji používaných učebnicích fyziky.

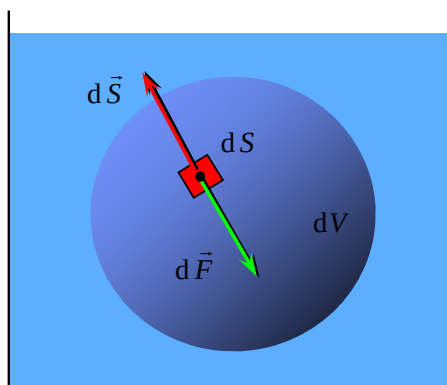
8.1 Teoretický rozbor mechaniky kapalin na základní škole

Podle Rámcově vzdělávacího programu pro základní vzdělávání si žák při absolvování kapitoly zaměřené na mechanické vlastnosti kapalin má osvojit učivo zahrnující Pascalův zákon a jeho aplikaci v podobě hydraulických zařízení; hydrostatický tlak a jeho souvislost s hloubkou a hustotou kapaliny; Archimédův zákon včetně aplikace na chování těles v kapalině. Nabyté znalosti o zákonitostech tlaku v klidných kapalinách má žák dokázat využít při řešení konkrétních praktických problémů. Dále má umět analyzovat síly působící na těleso v klidné kapalině a předpovědět, jak se v ní bude těleso chovat.²

Pojďme se ve stručnosti podívat na nejdůležitější pojmy, které by si měl žák při výuce mechaniky kapalin osvojit.

8.1.1 Vlastnosti kapalin

Na základní škole žáci pracují s pojmem ideální kapalina, která nemá vnitřní tření a je považována za nestlačitelnou. Často se uvádí srovnání vlastností kapalin s vlastnostmi pevných látek a plynů. Kapaliny mají podobné vlastnosti jako takzvané amorfní látky, tedy pevné látky s nepravidelným uspořádáním částic. Podobně jako částice pevné látky kmitají i částice kapalin kolem rovnovážných poloh, avšak nejsou pevně vázány na jedno místo. Mohou po sobě klouzat. Na rozdíl od plynů jsou molekuly kapalin blíže u sebe, působí na sebe značnými přitažlivými silami, které ovlivňují především vlastnosti povrchové vrstvy kapaliny. Tyto vlastnosti mohou být charakterizovány veličinou povrchové napětí kapaliny.



Obr. 5: Tlaková síla působící kolmo na plochu dS

Vzájemným působením kapaliny, pevného tělesa a plynu nad hladinou dochází ke kapilárním jevům, jakými jsou smáčení stěn tělesa kapalinou a kapilární elevace a deprese.³

8.1.2 Tlak v kapalině

Tlak je jedním z nejdůležitějších pojmů hydrostatiky. Jedná se o skalární veličinu, která vyjadřuje poměr velikosti síly působící kolmo na rovinnou plochu ku obsahu této plochy. V kapalině myšleně vymezíme těleso o objemu dV a na jeho povrchu vyčleníme plošku dS (Obr. 5). Tlaková síla působí na zvolenou plochu vždy kolmo a proti směru vnější normály k ploše. Je dána vztahem

$$d\vec{F} = -p \cdot d\vec{S},$$

kde vektor plochy $d\vec{S}$ má směr normály a jeho velikost je rovna obsahu uvažované plochy.

Tlak, který vytváří rovnoměrně působící síla o velikosti 1 N na plochu o obsahu 1 m^2 má velikost 1 Pa. S touto jednotkou pracují žáci na základní škole. Mezi odvozené jednotky tlaku patří $1\text{ b}(\text{bar}) = 10^6 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2} = 10^5 \text{ Pa}$. V technické praxi se používá jednotka $1\text{ at}(\text{atmosféra}) = 10^5 \text{ Pa}$. Jednotka 1 torr odpovídá tlaku 1 mm sloupce rtuti při teplotě 0°C v místě s normálním tíhovým zrychlením $g = 9,806 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.^{3, 5}

8.1.3 Síly v kapalině

Na kapalinu mohou působit plošné a objemové síly. Plošné síly jsou vyvolány zpravidla nějakým pístem v uzavřené nádobě. Pokud se v takovéto nádobě nachází těleso, celková velikost plošných sil, které na něj působí, bude dána vztahem

$$\vec{F}_s = - \oint_{(s)} p \cdot d\vec{S}, \quad (01)$$

kde se integrace vztahuje na celý povrch tělesa.

Pokud se kapalina nachází v gravitačním nebo jiném silovém poli, působí na její částice objemové síly. Označíme-li $\vec{F}_m$ sílu, která působí na kapalinu jednotkové hmotnosti, potom bude objemová síla působící na jednotkový objem kapaliny dána vztahem

$$\vec{F} = \rho \cdot \vec{F}_m.$$

Objemové síly vytváří celkovou sílu

$$\vec{F}_v = \int_{(v)} \rho \cdot \vec{F}_m \cdot dV, \quad (02)$$

kde se objemový integrál vztahuje na celý objem uvažovaného tělesa.^{3, 5}

8.1.4 Podmínka rovnováhy kapalin

Kapalina je v rovnováze, pokud se objemové a plošné síly vzájemně kompenzují. Musí proto platit

$$\vec{F}_s + \vec{F}_v = 0.$$

Po dosazení vztahů (01) a (02) dostaneme

$$\int_{(v)} \rho \cdot \vec{F}_m dV - \oint_{(s)} p d\vec{S} = 0. \quad (03)$$

Plošný integrál můžeme podle zobecněné Gaussovy věty transformovat na integrál objemový

$$\oint_{(s)} p d\vec{S} = \int_{(v)} \text{grad } p dV.$$

Tento tvar dosadíme do rovnice (03)

$$\int_{(v)} \rho \cdot \vec{F}_m dV - \int_{(v)} \text{grad } p dV = 0.$$

Po úpravě dostaneme

$$\int_{(v)} (\rho \cdot \vec{F}_m - \text{grad } p) dV = 0. \quad (04)$$

Vzhledem k tomu, že těleso, které jsme si myšleně vymezili v kapalině (Obr. 5), může mít libovolný tvar, rovnice (04) bude rovna nule, pokud platí

$$\rho \cdot \vec{F}_m - \text{grad } p = 0,$$

tedy

$$\rho \cdot \vec{F}_m = \text{grad } p. \quad (05)$$

Získáváme konečnou podobu podmínky rovnováhy kapaliny.

Problematika plošných a objemových sil a rovnováhy kapalin není na základní škole vyučována, její znalost je však klíčová, chce-li učitel správně pochopit zákonitosti hydrostatiky a dobře vysvětlit žákům takové učivo, jakým je např. Pascalův zákon.^{3, 5}

8.1.5 Hydrostatický tlak

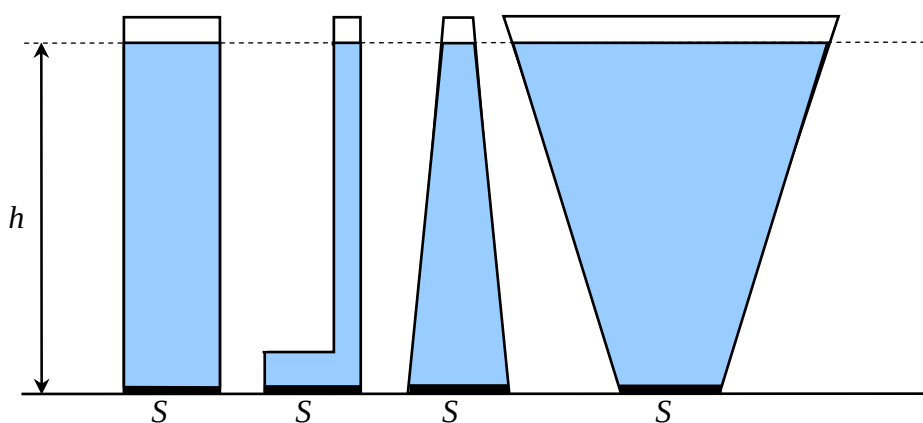
Na kapalinu v gravitačním poli Země působí tíhová síla. Jejím působením vzniká v kapalině hydrostatický tlak p_h . Velikost hydrostatického tlaku v hloubce h pod volným povrchem nestlačitelné kapaliny s hustotou ρ_k vyjadřuje vztah

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g.$$

Hydrostatická tlaková síla, kterou působí voda kolmo na vodorovné dno nádoby o ploše S , které se nachází v hloubce h , je dána vztahem

$$F = p_h \cdot S,$$

kde p_h je hydrostatický tlak v příslušné hloubce. Velikost hydrostatické tlakové síly působící na dno nádoby tedy závisí na výšce hladiny vody v nádobě, na ploše dna a hustotě kapaliny. Nezávisí však na tvaru nádoby. Tato skutečnost se nazývá hydrostatické paradoxon (Obr. 6).^{7, 13, 15}



Obr. 6: Hydrostatické paradoxon. Nádoby mají různý tvar a objem, ale stejný obsah dna. Voda v nich dosahuje do stejné výšky, proto je ve všech nádobách v blízkosti dna stejný hydrostatický tlak. Rovněž tlaková síla působící na dno je v každé nádobě stejně veliká.

8.1.6 Pascalův zákon

Odvození Pascalova zákona vychází z rovnice rovnováhy kapalin (05). Přitom abstrahuje-me od objemových sil, proto $\vec{F}_m = 0$, tedy

$$\text{grad } p = 0.$$

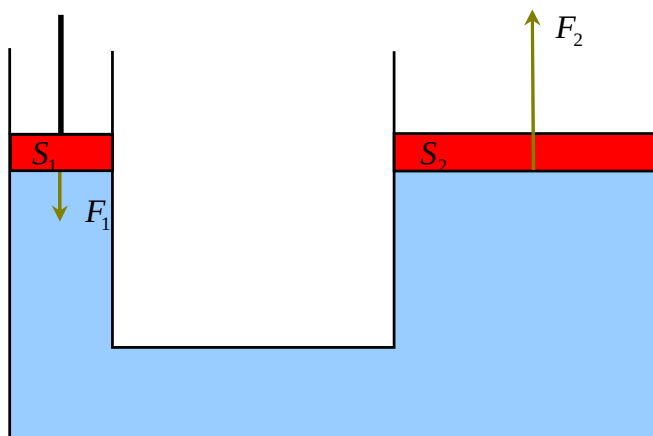
Pokud tuto rovnici vynásobíme skalárně $d\vec{r}$, dostaneme

$$d\vec{r} \cdot \text{grad } p = dp = 0.$$

Tlak je ve všech místech konstantní. Formulace Pascalova zákona může znít například takto: Tlak v kapalině v uzavřené nádobě, který je vyvolaný pouze plošnými silami, je ve všech místech stejný.

Na základní škole se nerozlišují plošné a objemové síly, proto bývá Pascalův zákon zjednodušen. Formulace vhodná pro potřeby fyziky na základní škole může mít znění: „Působí-li na kapalinu v uzavřené nádobě vnější tlaková síla, zvýší se tlak ve všech místech kapaliny stejně.“³³

Školská fyzika věnuje velkou pozornost praktickému užití Pascalova zákona v hydraulických zařízeních. Jedná se zejména o hydraulický lis (Obr. 7), pro nějž platí, že poměr sil F_1 a F_2 , které působí na oba písty lisu, se rovná poměru obsahů ploch těchto pístů S_1 a S_2 .^{3, 27, 33}



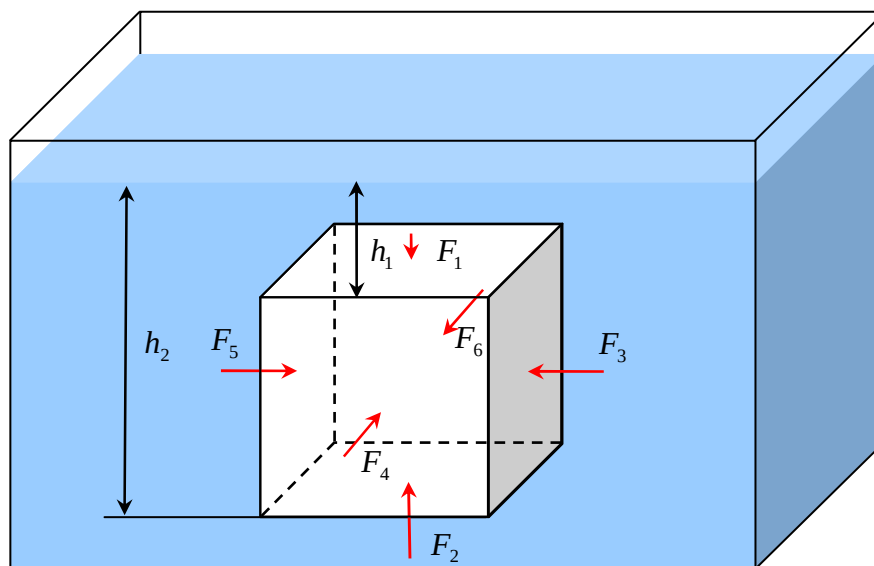
Obr. 7: Hydraulický lis

8.1.7 Archimédův zákon

Archimédův zákon pro těleso, které je zcela ponořeno v kapalině, bývá odvozen z rovnice rovnováhy kapalin. Objemovou silou je v tomto případě tíhová síla. Celkovou plošnou silou je výslednice plošných sil působících na těleso.

Podobným způsobem je Archimédův zákon odvozen i ve výuce fyziky na základní škole, kdy se určuje výslednice tlakových sil působících na krychli, která je zcela ponořena ve vodě (Obr. 8). Tato výslednice je dána rozdílem jednotlivých sil. Protože stěny krychle mají stejný obsah, jsou tlakové síly F_3 , F_4 , F_5 a F_6 stejně veliké. Vzhledem k tomu, že tyto síly jsou opačně orientované, je jejich výslednice nulová. Z toho vyplývá, že výslednice plošných sil působících na zcela ponořenou krychli, je dána rozdílem tlakové síly F_1 , jenž působí na její horní stěnu a tlakové síly F_2 působící na dno. Tlaková síla $F_1 = S \cdot h_1 \cdot \rho_k \cdot g$, kde S je plocha stěny, ρ_k je hustota kapaliny a h_1 je hloubka, v níž se nachází horní stěna krychle. Opačně působící tlaková síla $F_2 = S \cdot h_2 \cdot \rho_k \cdot g$. Spodní stěna leží ve větší hloubce h_2 , proto výslednice všech plošných sil působících na těleso bude mít směr síly F_2 . Tato výsledná síla se nazývá vztlaková síla a je dána vztahem $F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$, kde V je objem ponořeného tělesa.

Slovně lze formulovat Archimédův zákon například takto: „Na těleso ponořené do kapaliny působí svisle vzhůru vztlaková síla. Velikost vztlakové síly se rovná velikosti gravitační síly působící na kapalinu stejného objemu, jako je objem ponořené části tělesa.“²³

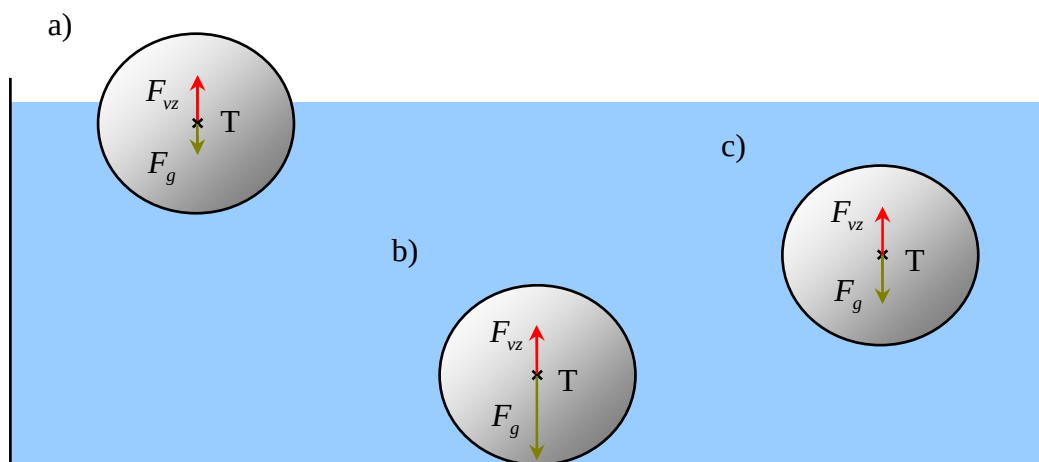


Obr. 8: Plošné síly působící na stěny krychle, která je zcela ponořena v kapalině

8.1.8 Plavání těles

Poměrně velký prostor bývá na základní škole věnován aplikaci Archimédova zákona, s jehož pomocí žáci dokáží určit, za jakých podmínek může těleso v kapalině plavat. Problematika plavání těles je zjednodušena, neboť je zanedbána otázka rovnováhy plovoucích těles.

Pro plavání tělesa v kapalině je rozhodující výslednice tíhové síly $F_g = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g$, kde ρ je hustota tělesa, a opačně orientované vztlakové síly $F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$, jenž působí na těleso. Porovnáním vztahů pro výpočet obou sil zjistíme, že se liší pouze hustotami. Na základě porovnání tíhové a vztlakové síly působící na těleso a hustoty tělesa a kapaliny rozlišujeme tři případy:



Obr. 9: Tři tělesa stejného objemu, ale různé hustoty v kapalině

1. Je-li vztlaková síla větší než síla tíhová ($F_g < F_{vz}$, $\rho < \rho_k$), výslednice směřuje svisle vzhůru a těleso plave (Obr. 9 a).
2. Pokud je naopak vztlaková síla menší než tíhová síla ($F_g > F_{vz}$, $\rho > \rho_k$), výslednice má směr tíhové síly, tudíž těleso klesá ke dnu (Obr. 9 b).
3. Pokud se obě síly rovnají ($F_g = F_{vz}$, $\rho = \rho_k$), těleso se v kapalině vznáší (Obr. 9 c).^{3, 23, 27, 33}

8.2 Hlavní problémy spojené s výukou mechaniky kapalin

Při výuce mechaniky kapalin na základní škole je nutné dbát na správné zavedení základních pojmů hydrostatiky.

Poměrně obtížné je vymezení pojmů tlak a tlaková síla. Ačkoliv je tlak v kapalině skalární veličinou, je definován pomocí vektorové veličiny síla. Je důležité vést žáky k tomu, aby tyto pojmy nezaměňovali nebo neslučovali. Chybné je zejména tvrzení, že tlak vody působí na stěnu nádoby. Správné tvrzení zní: „kolmo na stěnu nádoby působí tlaková síla vody“. Při formulování definic zahrnující tlakovou sílu by učitel měl vysvětlit, odkud se působící síla bere a zdůraznit, k jaké ploše síla působí kolmo. Neocenitelný je pokus, kterým se dokazuje všestranné působení tlaku. Je důležité žáky upozornit, že tlaková síla působící kolmo na stěny nádoby je důsledkem gravitační síly Země a vnějších sil působících na kapalné těleso.

Hydrostatika pojednává o kapalině v klidu. Z tohoto důvodu je zapotřebí vyvarovat se výrokům o šíření tlaku v kapalině apod.

Při formulování Archimédova zákona je vhodné vyvarovat se používání termínu tíha, s nímž se žáci setkají až na střední škole.

Při definování Pascalova zákona abstrahujeme od gravitačního působení Země na kapalinu, proto je nutné přesně definovat podmínky, za kterých Pascalův zákon platí a odlišit jej od zákonitostí platných za působení vnějšího silového pole. Jedná se především o hydrostatický tlak, Archimédův zákon a podmínky plavání těles v kapalině.^{16, 20}

8.3 Mechanika kapalin v současných učebnicích fyziky pro základní školu

Učebnice fyziky slouží žákovi jako základní písemná pomůcka při jeho domácí přípravě. Žák v učebnici nalezne přehled probraného učiva obsahující i podrobnosti, které učitel nestihl vyložit, nebo žákovi v hodině unikly. Učebnice rovněž obsahuje množství otázek, problémových a početních úloh a dalších podnětů vhodných pro prohloubení a procvičení učiva v rámci domácí přípravy.

Následující část má za cíl porovnat strukturu učiva mechaniky kapalin ve čtyřech nejnovějších učebnicích fyziky pro základní školu. Všechny zde zmíněné učebnice vyhovují Rámcovému vzdělávacímu programu pro základní vzdělávání. Učebnice se však liší v mnoha ohledech, zejména strukturou učiva, množstvím popsaných pokusů, počtem uvedených mezipředmětových vztahů a příkladů využití jevu v praxi. Publikace jsou řazeny chronologicky podle data vydání.

MACHÁČEK, M. Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia. 2001²⁷

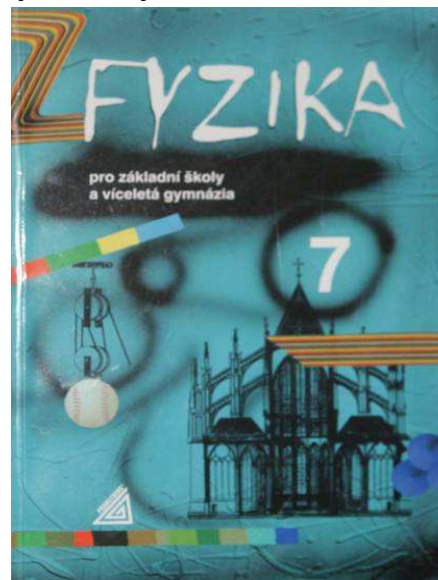
Učebnice není rozdělena na velké kapitoly či tématické okruhy. Jednotlivé kapitoly na sebe plynule navazují a provázejí žáka problematikou pohybu tělesa, síly, mechaniky kapalin a plynů a optickými jevy.

V učebnici není striktně oddělena mechanika kapalin od mechaniky plynů. S kapalinami se poprvé setkáváme v kapitole věnované hustotě pevných těles, kapalin a plynů. Znalost hustoty těles je potřebná pro správné pochopení problematiky následující části věnované tlakové síle v kapalině a hydrostatickému tlaku. Poznanky o hydrostatickém tlaku jsou aplikovány na případ spojených nádob a jejich využití v praxi. Následuje poměrně obsáhlá část věnující se atmosférickému tlaku. Kapitoly vysvětlující Archimédův zákon, otázku plavání těles a Pascalův zákon nejprve začínají vysvětlením jevu v kapalinách, poté je vždy odvozená zákonitost aplikována pro plyny.

Definice pojmů jsou věcně správné. Velká pozornost je věnována využití fyzikálních jevů v praxi, příkladem může být kapitola věnovaná spojeným nádobám, která kromě běžných aplikací podrobně popisuje princip zdymadla a vodárny. Učebnice uvádí velké množství rozmanitých pokusů, které jsou doplněny přehlednými ilustracemi. Nabyté znalosti si mohou žáci upevnit prostřednictvím mnohých cvičení a návodů k domácím pokusům.

Publikace poprvé vyšla v roce 1998, nyní je k dostání ve druhém vydání. Původní vydání bylo rozděleno na

dvě části. První část se zabývala pohybem tělesa a silou, druhá část byla věnována kapalinám, plynům a světelným jevům. Nyní jsou obě části sloučeny do jedné knihy. Po obsahové stránce se obě vydání příliš neliší. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že v úvodní části nového vydání učence jsou vypsány klíčové kompetence a očekávané výstupy žáků, které odpovídají Rámcovému vzdělávacímu programu pro základní vzdělávání.



Obr. 10: MACHÁČEK, M. Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia. 2001

KOLÁŘOVÁ, R., BOHUNĚK, J. Fyzika pro 7. ročník základní školy. 2003²³

Učebnice je rozdělena do tří velkých celků věnovaných pohybu a síle, mechanickým vlastnostem kapalin a plynů a světelným jevům.

Mechanika kapalin a plynů je podle skupenství rozdělena do dvou podkapitol. V úvodu jsou připomenuty mechanické vlastnosti kapalin. Jako rozšiřující učivo je zařazeno vysvětlení vlastností kapalin na základě částicové stavby látek. Následující kapitoly se zabývají přenášením tlaku v kapalině, Pascalovým zákonem a hydraulickými zařízeními. Po vysvětlení Pascalova zákona a jeho aplikací v běžném životě se kniha věnuje účinkům gravitační síly Země na kapalinu, definuje tlakovou sílu v kapalině, odvozuje vztah pro hydrostatický tlak a krátce vysvětluje princip spojených nádob a jejich praktické využití. Velký prostor je věnován vysvětlení vztlakové síly působící na těleso v kapalině, Archimédovu zákonu a problematice plavání a potápění těles.

Publikace klade velký důraz na odlišení případů, kdy na kapalinu v uzavřené nádobě působí vnější síla a kdy na ni působí silového pole. Kapitola, v níž je definován Pascalův zákon, několikrát zdůrazňuje působení vnější síly na uzavřenou nádobu s vodou. Následující oddíl věnovaný hydrostatickému tlaku naopak akcentuje gravitační působení Země na kapalinu v nádobě. Velká pozornost je věnována odvození Archimédova zákona a jeho důsledkům.

Při odvozování stěžejních zákonitostí učebnice využívá množství experimentů, které jsou doplněny o názorné nákresy a fotografie. Poměrně málo prostoru je určeno praktickému užití fyzikálních zákonitostí. Například spojeným nádobám a jejich využití v běžném životě je věnována jen jedna strana v kapitole o hydrostatickém tlaku.

První vydání knihy vyšlo v roce 1999. Nyní je na trhu druhé vydání, které má o 68 stran méně. Zvýšila se však hustota textu, takže je zachována struktura i obsah učiva. Většina původních obrázků, které ilustrovaly pokusy, je v nové učebnici nahrazena názornějšími fotografiemi. V souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání publikace rovněž uvádí klíčové kompetence a očekávané výstupy žáků.

RAUNER, K. et al. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2005³³

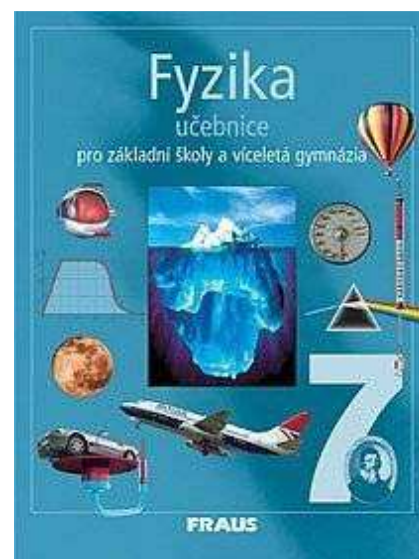
Učebnice je k dostání společně s pracovním sešitem³⁴ a učitelskou příručkou³⁵. Učivo je v knize rozděleno do pěti kapitol věnovaných pohybu tělesa, silám a jejich vlastnostem, kapalinám, plynům a světelným jevům.

Mechanika kapalin a plynů je probírána ve dvou za sebou zařazených kapitolách. Úvodní část věnovaná kapalinám se zabývá jejich vlastnostmi, povrchovým napětím a kapilárními jevy. Vlastnosti kapalin jsou odvozeny na základě vzájemného silového působení částic kapaliny. Poznatky o silovém působení je dále rozvinut při vysvětlování podstaty kapilárních jevů. Další část je zaměřena na vysvětlení hydrostatického tlaku, principu spojených nádob a možnosti jejich využití v praxi. Následující kapitoly jsou věnované Archimédovu zákonu a otázkám plavání těles. Závěr se zabývá Pascalovým zákonem a jeho využitím v hydraulických zařízeních.

Pojmová struktura kapitoly věnované hydrostatice se od klasické uspořádání mírně liší. Začátek je věnován podrobnému rozboru vlastností kapalin a to včetně závislosti hustoty kapaliny na její teplotě. Do výuky by však problematiku změny hustoty kapaliny při změně její teploty bylo vhodné zařadit až ve chvíli, kdy žáci znají podmínky plavání těles, protože až tehdy mohou plně porozumět tomu, proč kapalina s menší hustotou stoupá vzhůru. Hlavní rozdíl ve struktuře učiva této učebnice je v zařazení Pascalova zákona až na konec



Obr. 11: KOLÁŘOVÁ, R., BOHUŇEK, J. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. 2003



Obr. 12: RAUNER, K. et al. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2005

kapitoly o kapalinách, čímž je oddělen od zákonitostí spojených s projevy gravitačního nebo jiného silového pole. Autoři učebnice kladou velký důraz na mezipředmětové vztahy, které jsou vždy vypsány na liště na okraji stánky.

Žáci jistě ocení, že díky přehledné grafické úpravě, jež zahrnuje množství fotografií a rámečků s doplňujícím textem umístěným na kraji stránky, kniha už na první pohled připomíná populárně naučný časopis.

Pracovní sešit obsahuje velké množství cvičení a námětů pro snadné pokusy, jež jsou určeny pro samostatnou práci žáků v hodině fyziky, nebo pro práci doma v rámci přípravy na vyučování.

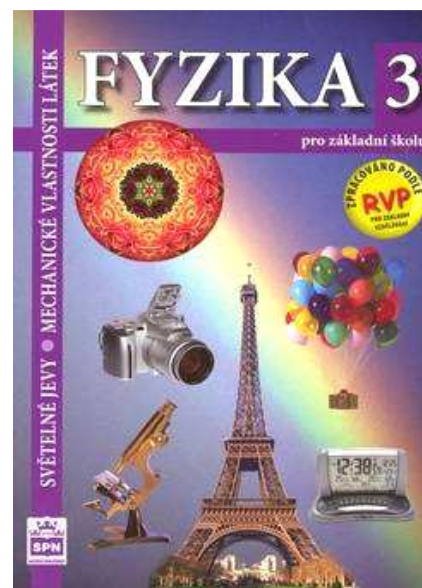
Důležitým doplňkem učebnice je i příručka učitele obsahující návrhy na přípravu vyučujícího na příslušné hodiny fyziky. U každé kapitoly najdeme cíl hodiny, pokyny pro práci s učivem včetně upozornění na možná úskalí spojená s výukou dané problematiky, odkazy na mezipředmětové vztahy, výsledky cvičení, internetové odkazy a mnoho dalších důležitých informací.

V současné době je navíc v prodeji interaktivní verze učebnice, která je přizpůsobena k použití na interaktivní tabuli. Její součástí jsou interaktivní odkazy, které v rámci mezipředmětových vztahů zobrazují příslušné učivo v jiných učebnicích nakladatelství Fraus, animace a videoukázky zachycující průběh zajímavých fyzikálních jevů, dokumenty, nové obrázky a internetové odkazy dále rozšiřující učivo.

TESAŘ, J., JÁCHIM, F. *Fyzika pro 3 pro základní školu*. 2009⁴¹

Tato publikace pochází z nové řady šesti tematických učebnic pro druhý stupeň a nižší ročníky víceletých gymnázií. Tematické učebnice se zabývají fyzikálními veličinami a jejich měřením; silou a pohybem těles; světelnými jevy a mechanickými vlastnostmi látek; elektromagnetickými ději; energií, zvukovými jevy a vesmírem. Mechanika kapalin je spolu s vlastnostmi látek a světelnými jevy součástí třetího dílu sady tematických učebnic.

Mechanika kapalin a plynů je v této učebnici rozdělena do dvou navazujících bloků. S kapalinami se poprvé setkáme v kapitole zaměřené na vlastnosti látek, kde jsou na základě vzájemného působení mezi molekulami vysvětleny vlastnosti kapalin a vlastnosti volné hladiny kapaliny. Kapitola zaměřená na mechaniku tekutin začíná obecným vysvětlením pojmu tlaková síla a tlak. Následuje výklad o přenášení tlakové síly v pevných látkách a uvedení vztahu pro výpočet tlaku. Až poté je zařazena problematika tlaku v kapalinách. Učebnice se nejdříve zabývá hydrostatickým tlakem a výpočtem jeho velikosti, následuje princip spojených nádob a možnosti jeho využití v běžném životě. Dále je zařazena problematika působení vnější tlakové síly na kapalinu, formulován Pascalův zákon a stručně uvedeno několik možností využití hydraulických zařízení. Stěžejní částí nauky o kapalinách jsou kapitoly věnované vztahové síle, jejímu výpočtu a určení podmínek plavání a potápění těles. Na úplný závěr je vložena kapitola o měření hustoty kapalin pomocí hustoměru a otázka změny hustoty kapaliny v závislosti na její teplotě. Umístění této kapitoly za část stanovující podmínky plavání těles je vhodné zejména proto,



Obr. 13: TESAŘ, J., JÁCHIM, F. *Fyzika pro 3 pro základní školu*. 2009

že tak lze uspokojivě vysvětlit stoupání ohřáté vody vzhůru. Aplikaci tohoto jevu učebnice ukazuje na Galileově teploměru.

Publikace uvádí velké množství různorodých pokusů, které jsou ilustrovány četnými fotografiemi a nákresy. Podobně jako starší učebnice vydaná nakladatelstvím Fraus obsahuje i tato kniha postranní barevnou lištu, na níž jsou uvedeny důležité mezipředmětové vazby a další zajímavé informace rozšiřující učivo. Úvodní část obsahuje seznam klíčových kompetencí a očekávaných výstupů žáka.

Tématická učebnice Fyzika 3 navazuje na učebnici Fyziky pro 7. ročník, která byla zpracována stejnými autory podle osnov vzdělávacího programu Základní škola v roce 1999. Na rozdíl od své předchůdkyně obsahuje tématická učebnice větší množství pokusů, ilustračních fotografií a užitečných mezipředmětových vztahů. Autoři rovněž upravili některé formulace fyzikálních zákonů. Například v původní definici Pascalova zákona, jenž hovoří o směru tlaku: „Když na kapalinu v nádobě působí vnější síla, je tlak v kapalině ve všech směrech stejný...“, je nahrazen výraz „směrech“ za vhodnější obrat „místech“. Pojmy hydrostatický tlak, Archimédův zákon a podmínky plavání těles jsou však i nadále vysvětlovány pomocí termínu tíha.

9 Experimenty ve výuce mechaniky kapalin

Následující výběr pokusů je sestaven tak, aby se žák základní školy či nižšího ročníku víceletého gymnázia seznámil s problematikou mechaniky kapalin. Experimenty jsou za sebou řazeny tak, že žák nejprve pozná nejdůležitější vlastnosti kapalin, zjistí, jakým směrem působí tlaková síla na tělesa ponořená v kapalině, seznámí se s hydrostatickým tlakem a tlakovou silou, pozná význam spojených nádob, dokáže platnost Archimédova zákona a pochopí zákonitosti plavání a potápění těles. O správném osvojení problematiky plavání těles se může žák přesvědčit prostřednictvím několika laboratorních cvičení a problémových úloh. Na závěr je žák seznámen s Pascalovým zákonem a jeho využitím v běžném životě. U mnoha pokusů je uvedena alternativa, která vyučujícímu nabízí možnost zvolit pokus, jenž mu nejlépe vyhovuje. Pokusy byly vybrány ze současných učebnic fyziky i z odborných publikací. Experimenty, u kterých není označen zdroj, jsou původní.

Popis každého experimentu je rozdělen na několik částí. Začátek je věnován „*zaměření*“ experimentu, které uvádí, zda-li je experiment vhodný pro demonstrační předvádění, nebo frontální, skupinovou, domácí, či laboratorní práci žáků. Dále je vytyčen „*Kognitivní cíl*“, který popisuje, co konkrétně se má žák prostřednictvím pokusu naučit. Kognitivní cíle jsou popsány s využitím aktivních sloves a respektují upravenou Bloomovu taxonomii. „*Potřeby*“ popisují pomůcky potřebné k realizaci pokusu. U složitějších experimentů je v části „*příprava*“ zmíněn postup nutný k sestavení pokusu před jeho provedením. „*Provedení*“ zahrnuje pokyny pro správné uskutečnění experimentu. Výsledky pokusu jsou popsány v odstavci „*pozorování*“. Princip pokusu je ořejměn ve „*vysvětlení*“. Odstavec „*motivace*“ popisuje způsob, jakým lze zvýšit atraktivitu experimentu. Jedná se především o náměty na motivační vyprávění zaměřené na mezipředmětové vztahy a praktické využití jevu demonstrovaného pokusem. „*Závěr*“ shrnuje přínos experimentu. Provedení 29 pokusů bylo zaznamenáno digitální videokamerou. Popis videoukázky se nachází v části „*video*“.

9.1 Mechanické vlastnosti kapalin

Pro správné pochopení zákonitostí mechaniky kapalin je důležité, aby se žáci nejprve seznámili s vlastnostmi kapalin. Většina vlastností je všeobecně známa, proto není nutné žáky pomocí experimentů přesvědčovat o tom, že kapaliny jsou snadno dělitelné, dají se přelévát, zaujímají tvar nádoby či mají vždy vodorovnou hladinu. Pro pozdější výklad věnovaný zejména Pascalovu zákonu a hydraulickým zařízením je vhodné, aby si žáci vlastní činností ověřili, že kapaliny jsou nestlačitelné. Znalost povrchového napětí je potřebná k tomu, aby žáci později nezaměňovali plovoucí tělesa s předměty, které na hladině drží povrchová blána kapaliny. Smáčení stěn nádoby je potřeba brát v úvahu při odečítání objemu vody v nádobách.

9.1.1 Nestlačitelnost kapalin²³

Zaměření: frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen demonstrovat nestlačitelnost kapalin.

Potřeby: injekční stříkačka, kádinka s vodou

Provedení: Prstem utěsníte konec prázdné injekční stříkačky a stlačte píst. Sledujte, o kolik je možné stlačit píst stříkačky obsahující vzduch. Stříkačku naplňte vodou. Dejte pozor, aby pod pístem nebyla vzduchová bublina. Pokus zopakujte.

Pozorování: Píst injekční stříkačky obsahující vzduch je možné stlačit o malý kousek, to se však nepodaří, pokud je ve stříkačce voda (Obr. 14).

Modifikace³⁵: Malou plastovou láhev zcela naplňte vodou a pevně uzavřete. Zmáčknutím nebo opatrným sešlápnutím se ji pokuste stlačit.

Vysvětlení: Odpudivé síly v kapalinách způsobují, že jsou při působení malé tlakové síly nestlačitelné.



Závěr: Žák prostřednictvím vlastní aktivity zjistí, že na rozdíl od plynů jsou kapaliny nestlačitelné. Experiment může být zařazen do výuky jako heuristický či ověřovací.

Obr. 14: Nestlačitelnost kapalin

9.1.2 Mince na hladině¹⁴

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, proč se mince drží na hladině vody a uvést způsob, jakým lze snížit povrchové napětí.

Potřeby: dvě hliníkové mince, kádinka se studenou vodou, stojan, síťka, kahan, saponát

Provedení: Hliníkovou minci vložte kolmo do vody, druhou minci opatrně položte na hladinu. Pozorujte hladinu vody okolo mince. Poté pomalu přilijte saponát.

Kádinku se studenou vodou umístěte nad kahan. Na hladinu opět položte minci. Zapalte kahan a vodu zahřívejte.

Pozorování: Mince položená na hladinu studené vody se nepotopí. Po přidání saponátu však klesne ke dnu stejně jako mince v zahřáté vodě.

Vysvětlení: Mince drží na hladině díky přítomnosti pružné blány, která je důsledkem sil mezi molekulami vody. Saponát snižuje povrchové napětí vody a tedy i pevnost blány, která minci drží na hladině. Mince proto klesne ke dnu. Povrchové napětí se rovněž snižuje s rostoucí teplotou kapaliny, mince v teplé vodě tudíž klesne ke dnu.



Motivace³⁵: Existence pružné povrchové blány na kapalině využívají například vodoměrka a bruslařka, které se s její pomocí dokáží udržet na hladině vody.

Obr. 15: Mince na hladině

Závěr: Žák se prostřednictvím pokusu seznámil s povrchovým napětím a zjistil, jakým způsobem jej lze snížit.

První část pokusu mohou žáci provádět samostatně jako heuristický experiment. Druhá část je vhodná jako ověřovací či ilustrační experiment doplňující výklad učitele.

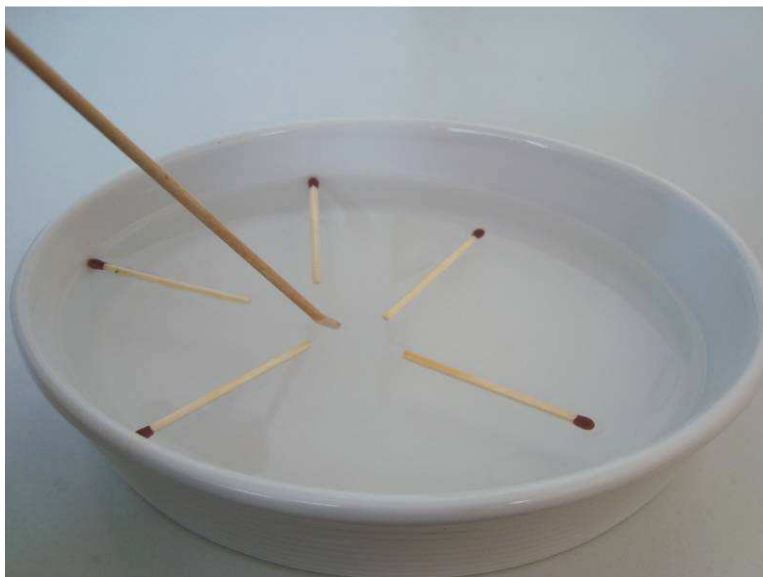
Video: „Povrchové napětí“ – délka trvání: 16 s
Na stole jsou vedle sebe umístěny sklenice se studenou vodou a kádinka obsahující saponát rozpuštěný ve vodě. Hliníková mince je opatrně položena na hladinu studené vody. Do saponátu je namočen ukazovák, který se poté dotkne hladiny vody ve sklenici. Videoukázka zachycuje, jak se mince po porušení povrchové blány vody oddálí od prstu a po malé chvilce klesne na dno sklenice.

9.1.3 Využití změny povrchového napětí vody³⁵

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže změnit povrchové napětí vody a vysvětlit možnosti využití tohoto jevu v běžném životě.

Potřeby: plastová miska, zápalky, špejle, práškový cukr, saponát, tekuté mýdlo, mletý pepř



Obr. 16: Využití změny povrchového napětí vody

Provedení: Do plastové misky nalijte vodu, na její hladinu položte zápalky tak, aby tvořily hvězdičku. Navlhčete konec špejle a ponořte jej do práškového cukru. Tímto koncem se dotkněte hladiny vody mezi zápalkami. Pozoruj chování zápalek. Poté namočte druhý konec špejle do tekutého mýdla a pokus zopakujte.

Vyjměte zápalky a vyměňte vodu v misce. Hladinu vody posypte mletým pepřem. Do středu misky kápněte saponát. Sledujte, jak se bude chovat koření na hladině vody.

Pozorování: Zápalky připlavou ke špejli obalené cukrem. Naopak od jejího druhého konce namočeného v tekutém mýdle se odtahují (Obr. 16). Tenká vrstva mletého pepře se od kapky saponátu rovněž odtáhne.

Vysvětlení: Roztok cukru má větší povrchové napětí než voda, proto jsou zápalky přitahovány ke špejli obalené práškovým cukrem. Naopak tekuté mýdlo a saponát snižují povrchové napětí vody, proto odpudí zápalky i koření umístěné na hladině vody.

Motivace: Pokus je možné zařadit do výuky jako demonstrační či frontální. Při provedení experimentu ve velké skleněné misce, může vyučující popsané jevy snadno promítnout na zeď pomocí zpětného projektoru.

S využitím změny povrchového napětí se žáci setkávají denně, aniž by si to uvědomovali. Mýdlový roztok snižuje povrchové napětí vody, tudíž je povrchová blána vody poddajnější a lépe přilne k pokožce rukou při jejich mytí. Stejně tak se při mytí nádobí používá saponát, aby se voda snáze dostala k povrchu nádobí.

Závěr: Žák prostřednictvím vlastní aktivity zjistil, jak lze změnit povrchové napětí vody, a seznámil se s možnostmi využití tohoto jevu.

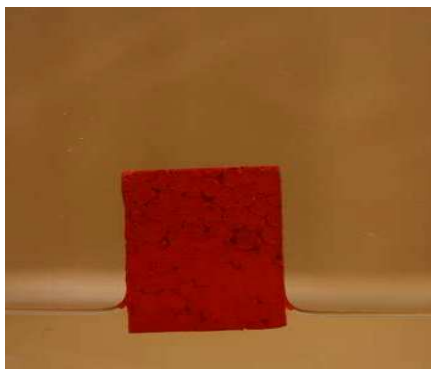
9.1.4 Smáčení stěn kapalinou³⁵

Zaměření: frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit pojmy smáčení stěn a vztlínání a uvést příklady užití těchto jevů v praxi.

Potřeby: malé akvárium s obarvenou vodou, polystyrénový kvádrík, trubička s vnitřním průměrem menším než 1 mm.

Provedení: Do akvária s obarvenou vodou vložte polystyrénový kvádrík. Pomalu jej posuňte k přednímu okraji nádoby. Pozorujte hladinu vody v jeho okolí. Polystyrén vyjměte a místo něj do vody částečně ponořte tenkou trubičku. Sledujte hladinu vody uvnitř trubičky.



Obr. 17: Smáčení stěn kapalinou

Pozorování: Stěny polystyrénového kvádríku jsou smáčeny vodou. Při přiblížení tělesa k okraji nádoby je jev průkaznější. Hladina vody v tenké trubičce vystoupí nad hladinu vody v akváriu.

Vysvětlení: Na molekuly vody nacházející se blízko stěn nádoby působí molekuly látky, z nichž je nádoba tvořena. Stejně tak působí na molekuly vody i částice látky tvořící plovoucí těleso. Pokud jsou tyto síly větší než síly mezi molekulami kapalin, jsou molekuly vody přitahovány ke stěně.

Pokud má trubička tvořená materiálem smáčejícím kapalinu menší průměr než 1 mm, dojde v ní ke zdvižení kapaliny nad okolní hladinu. Tento jev je nazýván vztlínání.

Motivace: Na smáčení stěn nádoby je nutné brát zřetel při odečítání ze stupnice nádob, které vodu obsahují nebo jsou do ní ponořené. Příkladem může být odečítání hladiny vody v odměrném válci při zjišťování objemu nepravidelného tělesa.

Se vztlínáním se můžeme setkat u všech materiálů tvořených tenkými trubičkami – kapilárami, které jsou ponořeny do vody. Jedná se zejména o savý papír nebo knot svíčky. Také v rostlinách jsou tenké kapiláry, jenž přivádějí vodu.

Závěr: Pokus demonstruje smáčení stěn tělesa plovoucího ve vodě. Zároveň žáka seznamuje se vztlínavostí vody.

9.2 Směr působení tlakové síly v kapalině

Pokusy v následující části mají za cíl ukázat, že kapalina působí vždy kolmo na stěny nádoby s vodou a také na těleso, které je v ní ponořeno. Zmíněné poznatky jsou klíčové pro pozdější správné pochopení Archimédova a Pascalova zákona.

9.2.1 Působení tlakové síly kapaliny na stěnu tělesa²³

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen určit směr, kterým působí tlaková síla vody na stěnu nádoby, v níž se nachází.

Potřeby: mikrotenový sáček, voda, gumička, špendlík, miska

Provedení: Mikrotenový sáček napustíte vodou a pomocí gumičky jej uzavřete. Sáček držte zpříma na misce, malým špendlíkem do něj udělejte otvor. Sledujte, jakým směrem vytéká voda (Obr. 18). Poté položte sáček na misku a sledujte, jestli se změní směr vytékající vody.



Tip: Proud vody, který teče z otvoru vytvořeného špendlíkem je velmi malý a špatně viditelný. Pro větší názornost je vhodné proděravět sáček například nožem.

Pozorování: Sáček se po naplnění vodou zaoblí. Po propíchnutí sáčku špendlíkem vytéká voda v obou případech kolmo k otvoru ve stěně.

Obr. 18: Působení tlakové síly kapaliny na stěnu

Vysvětlení: Zaoblení je zapříčiněno tlakovou silou vody působící na stěny sáčku. Směr tlakové síly je vždy kolmý na stěnu tělesa, proto i proud vody svírá se stěnou pravý úhel.

Závěr: Voda prýstící ven ze sáčku naznačuje směr tlakové síly, která působí na každou část stěny. Při libovolné změně tvaru sáčku je směr proudění vždy kolmý na stěnu v místě otvoru. Pokus dokazuje, že kapalina působí vždy kolmo na stěnu tělesa, v němž se nachází.

Video: „Děravý sáček“ – délka trvání: 11 s
Videoukázka zachycuje proudění obarvené vody po propíchnutí mikrotenového sáčku. Směr proudění je v místě otvoru vždy kolmý ke stěně.

9.2.2 Působení tlakové síly na těleso ponořené v kapalině²⁷

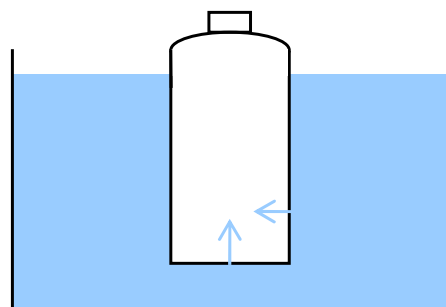
Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže určit směr, kterým působí tlaková síla na tělesa ponořená v kapalině.

Potřeby: malá plastová láhev, akvarijní hadička, akvárium s vodou

Příprava: Doprostřed dna a do strany plastové láhve vyvrtejte malý otvor.

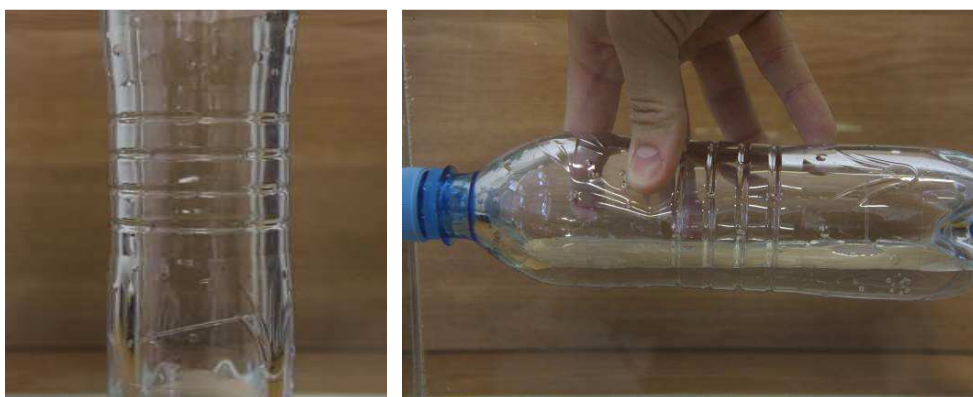
Provedení: Plastovou láhev ponořte dnem dolů do nádoby s vodou. Sledujte, jakým směrem tryská voda skrze otvory dovnitř láhve (Obr. 19).



Obr. 19: Působení tlakové síly kapaliny na stěnu ponořené nádoby

Pozorování: Voda proudí dovnitř nádoby vždy kolmo ke stěně, ve které se nachází otvor.

Modifikace: Nevýhoda experimentu spočívá v tom, že voda tekoucí do láhve velmi brzy zaplaví otvor ve dnu, tudíž je proud vody špatně pozorovatelný. Proto je vhodné vyvrtat pouze jeden malý otvor do stěny plastové láhve. Dále provrtejte uzávěr a protáhněte jím akvarijní hadičku. Takto praveným víčkem uzavřete láhev a vložte ji dnem dolů do akvária s vodou tak, aby hadička vyčnívala nad hladinu. Pozorujte, jakým směrem tryská voda dovnitř láhve. Láhev pomalu otočte o 90°. I v tomto případě musí hadička vyčnívat nad hladinu. Opět pozorujte směr proudění vody (Obr. 20).



Obr. 20: Působení tlakové síly kapaliny na stěnu plastové láhve

Pozorování: Voda proudí dovnitř nádoby vždy kolmo ke stěně, ve které se nachází otvor. Směr proudění se nezmění ani v případě, že je láhev nakloněna.

Tip: Experiment je názornější, pokud je pomocí akvarijní hadičky pomalu vysáván vzduch z láhve. Vzniklý podtlak urychlí proudění kapaliny dovnitř nádoby.

Vysvětlení: Tlaková síla kapaliny působí kolmo na stěnu ponořeného tělesa, proto je proud vody tekoucí dovnitř láhve kolmý i v případě, že láhev ve vodě otočíme.

Závěr: Pokus dokazuje, že tlaková síla působí vždy kolmo na stěny tělesa ponořeného v kapalině.

9.2.3 Pevné dno²³

Zaměření: demonstrační experiment

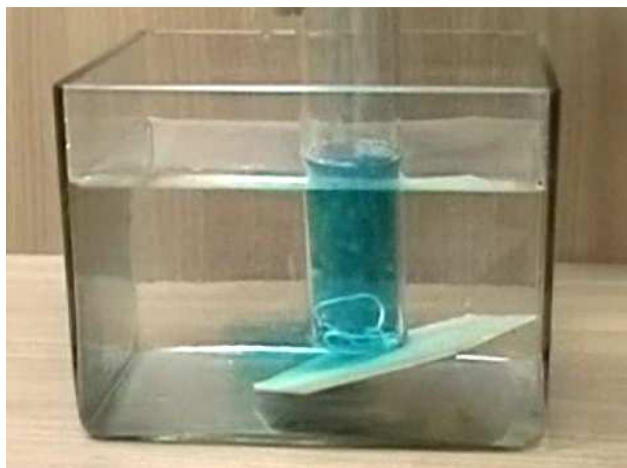
Kognitivní cíl: Žák dokáže určit směr, jakým působí tlaková síla na tělesa ponořená do kapaliny. Je chopen vysvětlit, jak tato síla závisí na hloubce ponoření tělesa.

Potřeby: kádinka s vodou, skleněná trubice, provázek, destička, obarvená voda

Příprava: Do středu plastové destičky připevněte provázek. Na destičku položte skleněný válec, kterým protáhněte provázek.

Provedení: Pomocí provázku přitáhněte destičku ke dnu trubice, provázek pevně držte. Skleněný válec, jehož podstavu tvoří plastová destička, umístěte do kádinky s vodou tak, aby hladina vody sahala přibližně do dvou třetin jeho výšky. Nyní pusťte provázek. Válec pomalu naplňujte obarvenou vodou.

Tip: Namísto plastové destičky je možné použít pivní tácek, k němuž lze provázek velmi snadno připevnit například pomocí sešíváčky. Skuliny v táčku vzniklé proražením sešívací sponou utěsněte lepidlem. Před provedením pokusu je vhodné tácek namočit do vody, aby lépe přilnul ke dnu válce. Namočením táčku se zároveň zvýší jeho hustota, takže nebude



Obr. 21: Pevné dno

Pozorování: Před vložením válce do vody je zapotřebí neustále držet provázek, aby plastová destička neodpadla. Po ponoření válce však dno drží na místě i po uvolnění provázku. Poloha destičky se nezmění ani v případě, že budeme do ponořeného válce dolévat vodu. To však platí jen do doby, než se výška sloupce vody v trubici vyrovná s výškou okolní hladiny vody.

Vysvětlení: Ve vodě působí kolmo na stěny ponořené nádoby tlaková síla vody. Její velikost závisí na hloubce, ve které se stěna nachází. Tlaková síla působící na dno nádoby má směr kolmo vzhůru, její velikost je vyšší, než je tíha destičky, ta je proto přidržována u skleněného válce. Přiléváme-li do válce vodu, začne i shora na destičku působit tlaková síla. Její velikost se zvyšuje s hladinou vody v nádobě. V okamžiku, kdy hladina vody ve válci bude stejně vysoko jako hladina vody v okolní nádobě, dojde k vyrovnání opačně působících tlakových sil. Vzhledem k tomu, že na destičku navíc působí její tíha, výslednice sil působících kolmo dolů je větší, tudíž destička odpadne.

Závěr: Pokus ukazuje, že na tělesa ponořená ve vodě působí kolmo vzhůru tlaková síla kapaliny. Její velikost závisí na hloubce ponořeného tělesa.

Video: „Pevné dno“ - délka trvání: 30 s
Video ukazuje vložení skleněného válce do akvária. Dno válce tvoří pivní tácek. Do nádoby je vlévána obarvená voda. Volné dno odpadne v okamžiku, kdy se výška hladiny obarvené vody vyrovná výšce hladiny vody v akváriu (Obr. 21).

9.3 Hydrostatický tlak

Předchozí pokusy ukázaly, jakým směrem působí tlaková síla. Nyní můžeme experimentálně určit, na čem závisí velikost hydrostatické tlakové síly a hydrostatického tlaku. Žáci se navíc mohou prostřednictvím experimentu seznámit s důsledky působení hydrostatického tlaku na organismus potápějícího se člověka.

9.3.1 Přístroj ukazující tlakovou sílu v kapalině³⁵

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže objasnit, na čem závisí tlaková síla působící na ponořené těleso.

Potřeby: nádoba s vodou, nálevka, prasklý balónek, obarvená voda

Provedení: Širší konec nálevky uzavřete prasklým balónkem a nalijte do ní obarvenou vodu. Nálevku ponořte do kádinky s vodou a pomalu ji potápějte do větší hloubky. Všimněte si, jak se v závislosti na hloubce ponoření nálevky mění výška sloupce obarvené vody v její zúžené části.

Pozorování: Po nalití obarvené vody do nálevky, se membrána tvořená prasklým balónkem prohnula. Tato vypuklina se zmenšila při ponoření do kádinky s vodou. Zároveň došlo ke zvýšení hladiny ve zúžené části nálevky. Čím hlouběji jsme nálevku potopili, tím výš vystoupila hladina obarvené vody.

Vysvětlení: Prohnutí membrány je způsobeno tíhou obarvené kapaliny v nálevce a je úměrné jejímu množství. Po vnoření do nádoby začala na těleso působit tlaková síla okolní vody, která působí kolmo na plochu tělesa a tedy i na pružnou membránu. Důsledkem působení tlakové síly vody se prohnutí membrány zmenšilo. Zároveň stoupla hladina vody v nálevce do výšky, která je úměrná hloubce ponoření tělesa. Velikost tlakové síly působící na ponořené těleso závisí na výšce sloupce vody, který se nad ním nachází. Ponořování nálevky do větší hloubky má proto za následek, že se prohnutí gumové membrány zmenší, tudíž voda ve stopce vystoupí výš.



Obr. 22: Přístroj ukazující tlakovou sílu v kapalině

Modifikace: Malou úpravou je možné zhotovit jednoduchý hustoměr. Do užšího konce nálevky zasuněte brčko a důkladně jej utěsněte. Nálevku vložte do kádinky s vodou tak, aby hladina sahala přesně na rozhraní trychtýře a zúžené části. Pomocí značkovače zakreslete hladinu obarvené vody ve slánce. Takto vyrobený hustoměr vložte postupně do kádinky s lihem a s roztokem cukru. Dejte pozor na to, aby hladina kapaliny v kádince vždy dosahovala do místa, kdy trychtýř přechází ve zúženou část nálevky. Fixem opět vyznačte hladinu obarvené vody v brčku. Nejvýše bude sahat hladina roztoku cukru, nejnižší bude naopak hladina lihu. Láh má nižší hustotu než voda, proto ve stejné hloubce působí na gumovou blánu nižší hydrostatická tlaková síla.

Závěr: Pokus navazuje na experiment (9.2.3) znázorňující směr a velikost tlakové síly v kapalině. Mění se výška hladiny ve zúžené části slánky ukazuje, jak se mění velikost tlakové síly působící v různých hloubkách na ponořené těleso.

Video: „Závislost tlakové síly na hloubce“ – délka trvání: 25 s
Video ukazuje vkládání nálevky s obarvenou vodou do kádinky. Hladina vody ve stopce nálevky stoupá s hloubkou ponoření.

9.3.2 Závislost velikosti hydrostatického tlaku na hloubce¹⁴

Zaměření: demonstrační, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, na čem závisí hydrostatický tlak.

Potřeby: plastová láhev, špendlík, miska, tři párátká

Provedení: Do stěny plastové nádoby udělejte nad sebou tři otvory, které z venku utěsněte pomocí párátek. Nádobu položte na vyvýšenou podložku. Vedle podložky v místě pod otvory v nádobě položte misku. Plastovou láhev naplňte vodou, vytáhněte párátká a sledujte tři proudy vody tekoucí ven z nádoby.



Pozorování: Pokud je nádoba plná, voda vytéká všemi otvory současně. Nejdále od láhve dopadá voda tekoucí z nejnižšího otvoru. Naopak voda z otvoru, který je nejbližší hladině, dopadá do nejmenší vzdálenosti od nádoby.

Obr. 23: Závislost velikosti hydrostatického tlaku na hloubce

Vysvětlení: S rostoucí hloubkou se zvyšuje hydrostatický tlak v kapalině a s ním i tlaková síla vody působící na otvor v nádobě. Hydrostatický tlak u dna láhve je nejvyšší, proto i voda proudící z nejnižšího položeného otvoru tryská nejdále od nádoby.

Závěr: Odlišné vzdálenosti, do kterých dopadají proudy vody ze tří různě vysoko položených otvorů v nádobě s vodou, ukazují, že hydrostatický tlak se zvyšuje s hloubkou.

Video: „Hydrostatický tlak v plastové láhvi“ – délka trvání: 25 s
 Na skleněném podstavci stojí plastová láhev s obarvenou vodou. V boku nádoby se nad sebou nachází tři otvory, které jsou uzavřeny dřevěnými párátky. Po jejich odstranění je možné sledovat vlastnosti vytékající vody. Z videoukázky je patrné, že velikost proudu vody závisí na hloubce, v níž se nachází otvor, z něhož voda vytéká. Voda tekoucí z otvoru nacházejícího se u dna má nejvyšší rychlost, zároveň dopadá do nejvzdálenějšího místa od plastové nádoby.

9.3.3 Závislost hydrostatického tlaku na hloubce

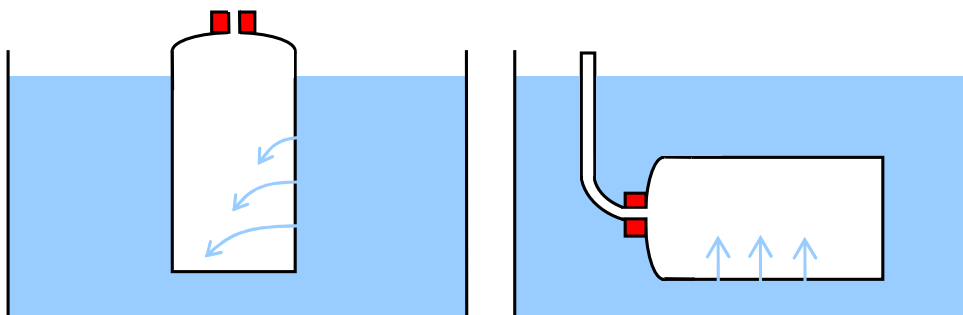
Zaměření: demonstrační, frontální žákovským, skupinový žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže určit, jak se bude měnit hydrostatický tlak se zvětšující se hloubkou.

Potřeby: plastová láhev, akvárium s vodou, akvariijní hadička, lepidlo

Příprava: Do stěny plastové nádoby udělejte nad sebou tři otvory. Uzávěr láhve provrtejte, do otvoru vsuňte akvariijní hadičku, kterou utěsněte lepidlem.

Provedení: Láhev s otvory vložte do akvária s vodou tak, aby její dno bylo rovnoběžné se dnem akvária. Hadičku držte nad hladinou. Pozorujte proudy vody tekoucí skrze otvory dovnitř láhve. Vylijte vodu z láhve a otočte ji tak, aby stěna láhve, v níž jsou otvory, byla rovnoběžná se dnem akvária. Láhev vložte do vody a hadičkou z ní pomalu vysávejte vzduch. Opět sledujte proudy vody.



Obr. 24: Závislost hydrostatického tlaku na hloubce

Pozorování: V prvním případě je proud vody tekoucí dovnitř láhve největší u dna nádoby. Naopak otvorem umístěným blízko hrdla teče voda nejmenší rychlostí. Po otočení láhve o 90° se situace změní. Voda v láhvi tryská všemi otvory kolmo vzhůru. Všechny proudy jsou přibližně stejné (Obr. 24).

Vysvětlení: Experiment vychází z pokusu s nádobou naplněnou vodou, v jejímž plášti jsou tři různě vysoko umístěné otvory (9.3.2). Rozdíl spočívá v tom, že voda netryská ven z nádoby, ale dovnitř. Stojí-li nádoba na dně akvária, jsou její otvory v různých hloubkách, v nichž je odlišný hydrostatický tlak. U dna akvária je tlak vody největší, proto je i rychlost vody vtékající dovnitř láhve otvorem u dna láhve nejvyšší. Naopak rychlost vody proudící do láhve skrze otvor poblíž hrdla je nejnižší. Při otočení láhve o 90° jsou všechny otvory v místě se stejným hydrostatickým tlakem, tudíž jsou všechny tři proudy vody stejné.

Závěr: Proudění vody dovnitř láhve ukazuje, jakým způsobem závisí hydrostatický tlak na hloubce ponoření tělesa do vody.

9.3.4 Poškozené lodě

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

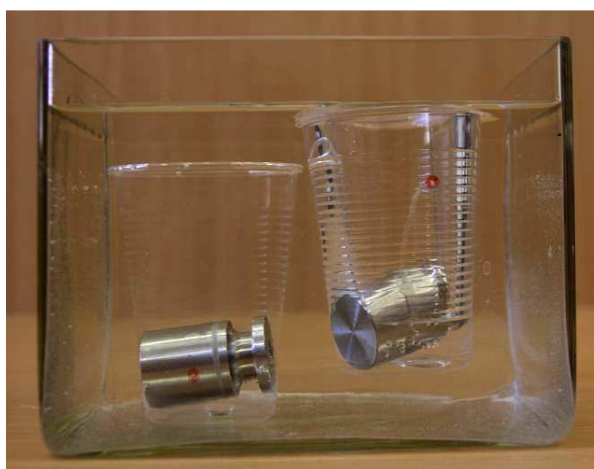
Kognitivní cíl: Žák aplikuje poznatky o hydrostatickém tlaku a tlakové síle. Dokáže určit, který kelímek se ponoří jako první.

Potřeby: dva průhledné plastové kelímky, závaží, akvárium s vodou, špendlík, nesmyvatelná značkováací tužka

Provedení: Do stěny průhledného plastového kelímku udělejte špendlíkem těsně nad dnem malý otvor. Otvor ve stěně druhého kelímku umístěte přibližně do poloviny jeho výšky. Pro větší názornost zvýrazněte okolí otvorů nesmyvatelným značkovačem. Na dno obou kelímků položte stejně těžká závaží a nádoby vložte do vody. Hmotnost závaží by měla být dostatečná na to, aby kelímky byly více než z poloviny ponořeny ve vodě. Sledujte, který kelímek se potopí rychleji.

Pozorování: Skrze průhledné stěny kelímků je možné pozorovat proudy vody tekoucí dovnitř. Do kelímku s otvorem těsně u dna teče voda vyšší rychlostí. Tato nádoba se potopí první (Obr. 25).

Vysvětlení: Hydrostatický tlak závisí na výšce sloupce vody, která se nachází nad ponořeným tělesem. Nad otvorem umístěným těsně u dna kelímku je vyšší sloupec vody než nad otvorem v polovině kelímku, tudíž zde působí na otvor větší tlaková síla. Voda do první lodi vtéká rychleji.



Obr. 25: Poškozené lodě

Motivace: Učitel může experiment uvést motivačním vyprávěním o námořní bitvě, při které na sebe střílí dvě stejné lodě, které mají stejnou hmotnost. Trupy obou lodí jsou poškozeny. Každá loď byla zasažena jednou dělovou koulí. Otvor v první lodi je těsně pod hladinou, otvor ve druhé lodi je ve spodní části trupu. Díry jsou natolik veliké, že je není možné spravit. Je jisté, že se obě lodě potopí. Otázkou je, která posádka lodi má více času na záchranu?

Závěr: Pokus navazuje na experiment (9.3.3.) Žákům umožňuje využít poznatky o závislosti hydrostatického tlaku a tlakové síly na hloubce, v níž se těleso nachází.

Video: „Poškozené lodě“ – délka trvání: 66 s

Na širokém záběru je vidět akvárium s vodou a před ním stojící dva průhledné plastové kelímky o objemu 0,2 l. V každém z nich je závaží o hmotnosti 200 g. Kelímek umístěný vlevo má bok provrtaný blízko dna. Otvor ve druhém kelímku se nachází přibližně o pět centimetrů výš. Místa, kde se nachází oba otvory, jsou zvýrazněna červeným vodě odolným značkovačem. Videoukázka zachycuje chování obou kelímků po vložení do akvária

s vodou. Kelímek s dírou u dna se potopí přibližně za 27 s, zatímco druhá nádoba plave téměř dvojnásobnou dobu.

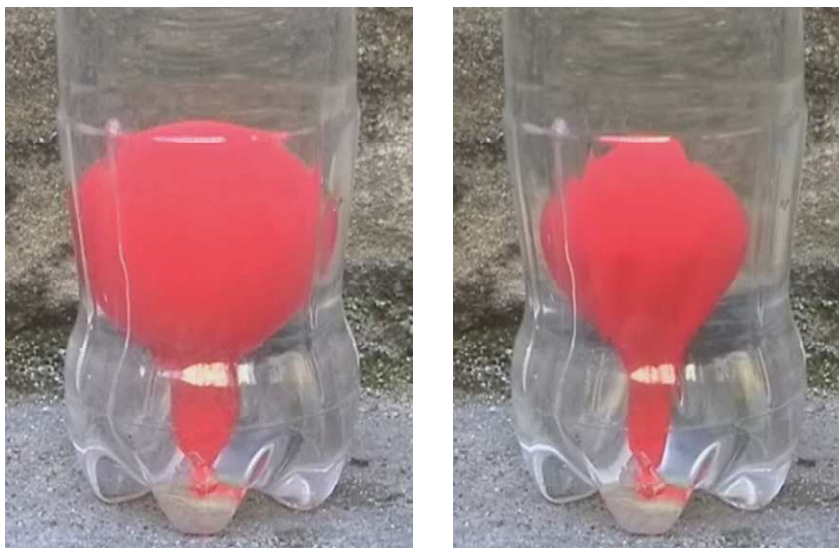
9.3.5 Demonstrace účinků hydrostatického tlaku

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák aplikuje poznatky o hydrostatickém tlaku na situaci z běžného života. Dokáže vysvětlit, proč je při potápění do velkých hloubek nutné používat tlakový dýchací přístroj.

Potřeby: plastová láhev, balónek, těsnicí kroužek, 15 m hadice, stejně dlouhý provázek, lepidlo

Příprava: Do dna plastové láhve vyvrtejte malý otvor, kterým protáhněte balónek. Balónek částečně nafoukněte a pevně zavažte. Konec balónku vyčnívající ze dna láhve přilepte lepidlem k otvoru tak, aby byl jej zcela utěsnil. Provrtejte uzávěr láhve a připevněte k němu hadici. Místo spoje důkladně utěsněte gumovým kroužkem. Hadici i nádobu s nafouknutým balónkem naplňte vodou a spojte uzávěrem. K volnému konci hadice připevněte provázek.



Obr. 26: Demonstrace účinků hydrostatického tlaku

Provedení: Pomocí provázku pomalu vytáhněte hadici do nejvyšší možné výšky. Sledujte změnu velikosti nafouknutého balónku.

Pozorování: Nafouknutý balónek v láhvi se smršťuje (Obr. 26).

Vysvětlení: Zvedáním hadice s vodou se zvyšuje hydrostatický tlak v láhvi, roste tlaková síla působící na povrch balónku, který se proto zmenšuje. Velikost hydrostatického tlaku závisí na výšce sloupce nikoliv na jejím objemu. Proto je smršťování balónku patrné, přestože v hadici, ačkoliv je plná vody, je jen malé množství vody.

Poznámka: Experiment je prostorově náročný. Aby bylo smrštění balónku dobře patrné, je zapotřebí vytáhnout hadici s vodou do výšky několika metrů. Po skončení pokusu je možné vodu z hadice vylít a změřit, kolik litrů vody bylo zapotřebí, aby se balónek smrští. Žáci se tak mohou ujistit, že hydrostatický tlak skutečně závisí na výšce sloupce vody nikoliv na jejím množství. V našem případě bylo v hadici dlouhé 15 m pouze 730 ml vody.

- Motivace:** Po provedení experimentu může učitel plynule navázat motivačním rozhovorem s žáky na téma účinků tlaku vody ve velkých hloubkách na lidský organismus. Ve vysokých hloubkách se snižuje objem plic potápěče potápějícího se bez dýchacího přístroje. Podle Boyle-Marriotova zákona se při potopení na nádech do hloubky 20 m zmenší objem plic ze 6 l na pouhé 2 l, tlak vzduchu v plicích je však třikrát vyšší než na hladině vody. Potápěč, který by vyplaval na hladinu velmi rychle bez toho, aby vzduch pomalu vydechoval, může přijít k smrtelnému úrazu, neboť vzduch v jeho plicích se bude velmi rychle rozpínat.³⁸
- Závěr:** Pokus ukazuje důsledky působení hydrostatického tlaku na nafouknutý balónek, který může představovat například plíce potápěče potápějícího se bez dýchacího přístroje. Experiment zároveň poukazuje na to, že hydrostatický tlak závisí na výšce sloupce vody, nikoliv na jejím množství.
- Video:** „Účinky hydrostatického tlaku“ – délka trvání: 14 s
Video zachycuje smršťování balónku v láhvi s vodou. Ukázka je dvojnásobně zrychlena. Pokus byl proveden na školním dvoře Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni. Hadice byla vytažena do okna ve třetím patře budovy Klatovská 51. Výška okna nad zemí je 14,1 m.

9.4 Spojené nádoby

Na základě znalosti hydrostatického tlaku lze vysvětlit princip spojených nádob. Výklad je vhodné doplnit demonstračními pokusy, jež dokazují, že hladina kapaliny ve spojených nádobách je vždy vodorovná. Učitel navíc může ukázat několik experimentů, na nichž ilustruje využití spojených nádob.

9.4.1 Spojené nádoby²³

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže objasnit, proč jsou výšky hladin kapaliny ve spojených nádobách vodorovné.

Potřeby: skleněné spojené nádoby, obarvená voda, dřevěný kvádřík

Provedení: Do skleněných nádob různých tvarů, které jsou u dna spojeny trubicí, nalijte obarvenou vodu. Sledujte, do jaké výšky vystoupí hladina vody v jednotlivých nádobách. Poté spojené nádoby nakloňte třeba tak, že je na jedné straně podložíte dřevěným kvádříkem. Opět pozorujte výšky hladin v nádobách.

Pozorování: Hladina vody se ve spojených nádobách ustálí ve stejné horizontální výšce. Tento stav se nezmění ani po naklonění nádob (Obr. 27).



Obr. 27: Spojené nádoby

- Vysvětlení:** Kapalina v nádobě vždy zaujímá stav s nejnižší energií, to znamená takový, při kterém hydrostatický tlak u dna nádoby nabývá nejnižší možné hodnoty. Proto je hladina kapaliny ve spojených nádobách vždy vodorovná.
- Motivace:** Princip spojených nádob využívá například konvice na čaj nebo konev na zalévání. Ústí těchto nádob bývá zpravidla ve výšce velkého otvoru sloužícího k jejich naplnění. Pokud by ústí končilo níže, nebylo by možné nádoby naplnit až po okraj.
- Závěr:** Pokus ukazuje, že hladina kapaliny ve spojených nádobách je vždy vodorovná. Nezáleží přitom na tvaru, velikosti ani množství spojených nádob.
- Video:** „Spojené nádoby“ – délka trvání: 15 s
Video zachycuje naklánění skleněných spojených nádob. Z ukázky je zřejmé, že hladina vody ve všech nádobách je vždy vodorovná.

9.4.2 Plastové spojené nádoby

- Zaměření:** demonstrační, frontální žákovský experiment
- Kognitivní cíl:** Žák dokáže vysvětlit, proč jsou ve spojených nádobách výšky hladin kapaliny shodné.
- Potřeby:** tři plastové láhve, dvě akvarijní hadičky, lepidlo, dřevěná deska, malé kvádříky, dvě svorky



Obr. 28: Plastové spojené nádoby

- Příprava:** Do dřevěné desky vyvrtejte tři otvory. Průměry otvorů by měly být o něco málo větší, než je průměr uzávěru plastové láhve. Ze tří plastových lahví odřízněte dno, dvě láhve zmačkejte. Do dvou uzávěrů vyvrtejte otvor, do třetího uzávěru vyvrtejte dva otvory vedle sebe. Na láhve našroubujte uzávěry a vložte je dnem vzhůru do otvorů v dřevěné desce. Láhev se dvěma otvory v uzávěru umístěte doprostřed. Pomocí akvarijních hadiček propojte krajní láhve s prostřední. Hadičky v uzávěru utěsňte lepidlem. Svorkami sevřete prostřední části obou hadiček. Dřevěnou desku se spojenými nádobami podepřete na krajích malými kvádříky.

- Provedení:** Do nádob nalijte obarvenou vodu tak, aby hladina v každé z nich sahala do jiné výšky. Poté uvolněte svorky svírající hadičky a sledujte, jak se změní hladina v nádobách.
- Pozorování:** Hladina obarvené vody v různě pomačkaných nádobách se po uvolnění svorek ustálí ve stejné výšce (Obr. 28).
- Modifikace³⁵:** Do dřevěného stojanu vložte pouze dvě stejné nezdeformované láhve s odříznutým dnem. Uzávěry propojte hadičkou, kterou v půli sevřete svorkou. Do jedné nádoby nalijte obarvenou vodu, do druhé nalijte líh tak, aby hladiny obou kapalin byly ve stejné výšce. Odstraňte svorku a pozorujte, jak se změní hladina kapalin. Hladina vody je niž než hladina lihu.
- Vysvětlení:** Dojde-li k propojení dvou nádob obsahujících stejnou kapalinu, která však v každé nádobě dosahuje do jiné výšky, nastane v místě spoje rozdíl hydrostatických tlaků. Hydrostatické tlaky však v místě spojení musí být stejné, proto se musí vyrovnat i hladiny kapaliny ve spojených nádobách. I za předpokladu, že nádoby obsahují kapaliny s různou hustotou, musí na rozhraní kapalin dojít k vyrovnání hydrostatických tlaků. V tomto případě však budou výšky hladin různé. Hladina kapaliny s vyšší hustotou bude niž, než je hladina kapaliny s menší hustotou.
- Závěr:** Experiment demonstruje, že se hladina kapaliny ve spojených nádobách ustálí ve stejné výšce, přitom nezáleží na tvaru ani objemu spojených nádob. Jsou-li ve spojených nádobách kapaliny s různou hustotou, výšky jejich hladin se budou lišit. Niž bude hladina kapaliny s vyšší hustotou.

9.4.3 Hadicová libela³⁶

- Zaměření:** demonstrační, skupinový žákovský, domácí žákovský experiment
- Kognitivní cíl:** Žák je schopen vysvětlit princip hadicové libely a dokáže ji použít v praxi.
- Potřeby:** průhledná hadice, obarvená voda, křída, dlouhé pravítko
- Provedení:** Průhlednou hadici naplňte přibližně ze dvou třetin obarvenou vodou tak, aby v ní nebyly bubliny. Pomalu zvedejte oba konce hadice. Všimněte si, jak se mění hladina vody. Poté zvednuté konce hadice přiložte k tabuli a křídou poznamenejte výšky hladin vody. Na tabuli narýsujte vodorovnou přímku tak, aby procházela oběma body. Konce hadice přiložte o kousek níž a znovu označte výšky hladin. Narýsujte další přímku.



Obr. 29: Hadicová libela

- Tip:** Demonstrace pokusu je pro jednoho člověka velmi obtížná. Přesto však může vyučující sám podle popsaného postupu použít hadicovou libelu k narýsování dvou rovnoběžných přímek. Stačí, když do konců hadiček vloží dva malé magnety. Takto upravená libela může být přichycena například k magnetické tabuli, čímž se podstatně ulehčí provedení pokusu (Obr. 29).

- Pozorování:** Ať je vzájemná poloha konců hadice jakákoliv, hladiny vody jsou vždy stejně vysoko nad zemí. Přímký narýsované pomocí hadicové libely jsou rovnoběžné.
- Vysvětlení:** Hadicová libela funguje na principu spojených nádob. Výška hladin v obou koncích musí být vždy stejná. Přitom nezáleží na délce hadice.
- Závěr:** Experiment ukazuje praktické využití spojených nádob. Výška vody v obou koncích hadice je vždy stejně vysoko nad zemí, proto se hadicová vodováha používá ve stavebnictví. Pomocí hadicové libely lze nastavit stejnou výšku i „za rohem“.
- Video:** „Hadicová vodováha“ – délka trvání: 22 s
Na magnetickou tabuli je pomocí dvou malých neodymových magnetů přichycena libela tvořená hadicí s obarvenou vodou. Videoukázka zachycuje, jakým způsobem je možné s pomocí hadicové vodováhy narýsovat na tabuli dvě rovnoběžné přímký.

9.4.4 Sifon

Zaměření: frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák aplikuje znalosti o principu spojených nádob na případ sifonu. Dokáže vysvětlit princip sifonu.

Potřeby: plastová láhev, čirá plastová hadička, potravinářské barvivo, káva

Příprava: Do uzávěru plastové láhve vyvrtejte otvor odpovídající vnějšímu průměru plastové hadičky. Čirou plastovou hadičku naplňte asi z jedné čtvrtiny vodou obarvenou potravinářským barvivem. Do láhve vložte několik zrn kávy a uzavřete ji provrtaným uzávěrem. Otvorem v uzávěru prostrčte konec hadičky, dejte pozor, aby z ní nevytekla voda. Hadičku ohněte do tvaru písmene „U“ tak, aby se obarvená voda usadila v její spodní části (Obr. 30).

Provedení: Učitel vyzve žáky, aby si přičichli k volnému konci hadičky, která vyčnívá z průhledné nádoby. Přestože žáci v nádobě vidí kávová zrna, jejich vůni v hadičce necítí. Vyučující poté zmáčkne láhev a tím vylije obarvenou vodu z hadičky. Žáci mají opět možnost si přičichnout, nyní již ale bezpečně poznají pronikavou vůni kávových zrn.

Vysvětlení: Ohnutá hadička s obarvenou vodou pracuje stejně jako sifon. Hladina vody v zahnuté části zabraňuje šíření pachů z nádoby.

Motivace: Vysvětlení experimentu je vhodné spojit s obrázky nebo náčrtý na tabuli, které znázorňují princip fungování sifonu umyvadla či odpadní trubky splachovacího záchodu.



Obr. 30: Sifon

Závěr: Žáci se prostřednictvím předvedeného pokusu seznámí s principem sifonu. Poznají, že s využitím spojených nádob se setkávají každý den například v sifonu umyvadla nebo splachovacího záchodu.

9.5 Archimédův zákon

Výklad zaměřený na Archimédův zákon může vyučující uvést demonstračním experimentem, při kterém je na siloměr zavěšeno závaží. Hodnota, kterou ukazuje siloměr, se zmenší, když je závaží ponořeno do nádoby s vodou. Pro důkaz Archimédova zákona dobře poslouží klasický pokus s dutou kovovou nádobou a válcem se stejným objemem, jaký má vnitřek duté nádoby. Následující pokus dokazuje platnost Archimédova zákona pro nepravidelná tělesa. K odvození vzorce pro výpočet vztlakové síly lze použít sérii heuristických experimentů, které ukazují, že vztlaková síla závisí na hustotě kapaliny a objemu ponořeného tělesa. Na závěr je zařazen experiment dokazující, že Archimédův zákon platí i pro tělesa ponořená v malém množství kapaliny.

9.5.1 Ověření Archimédova zákona¹⁴

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vlastními slovy formulovat Archimédův zákon.

Potřeby: laboratorní váhy, sada závaží, plný a dutý válec (objem plného válce je stejný jako objem dutiny ve druhém), kádinka s vodou

Provedení: Na rameno vah zavěste dutý i plný válec a pomocí závaží váhy vyvažte. Poté zcela ponořte dolní (plný) válec do vody. Následně nalijte vodu do horního (duté) válce (Obr. 31).

Pozorování: Poté, co byl ponořen plný válec do vody, poklesla miska vah se závažími. Rovnovážný stav opět nastal po naplnění dutého válce vodou.

Vysvětlení: Vychýlení rovnoramenných vah způsobila vztlaková síla působící na válec ponořený do vody. Její velikost je rovna tíze kapaliny vytlačené tělesem. Díky tomu je obnovení rovnováhy poté, co je do horní nádoby nalito právě tolik vody, kolik odpovídá objemu plného válečku.



Obr. 31: Ověření Archimédova zákona

Modifikace: Pokus lze snadno obměnit tak, že oba válečky místo na rameno vah zavěsíme na siloměr. Z něj odečteme údaj před ponořením plného válce a po něm. Rozdíl naměřených hodnot odpovídá vztlakové síle nadlehčující ponořený válec. Po dolití vody do prázdného válce bude siloměr opět ukazovat stejnou hodnotu jako před ponořením válce do vody, což odpovídá rovnovážnému stavu vah z předchozího příkladu.

Namísto válečků lze na siloměr zavěsit mikrotenový sáček naplněný vodou. Po zavěšení sáčku bude siloměr ukazovat určitou výchylku. Ponoříme-li však sáček do vody, výchylka siloměru bude nulová.

Závěr: Pokus dokazuje platnost Archimédova zákona

Video: „Ověření Archimédova zákona“ – délka trvání: 55 s
Video zachycuje klasické provedení pokusu. Nejprve jsou předvedeny kovové válce. Plný válec je vložen do dutého, čímž je dokázáno, že se jeho objem rovná objemu dutiny druhého válce. Následný záběr zachycuje ponoření spodního válce do vody, což má za následek výchylku rovnoramenných vah. Po naplnění dutého válce vodou se váhy ustálí v původní poloze.

9.5.2 Ověření Archimédova zákona pro tělesa nepravidelného tvaru

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen vlastními slovy formulovat Archimédův zákon.

Potřeby: nádoba s bočním otvorem, kádinka, laboratorní váhy, siloměr, stojan, provázek, síťka, oblázky, potravinářské barvivo

Příprava: Síťku s oblázky připevněte k siloměru. Do nádoby s bočním otvorem nalijte vodu tak, aby sahala až po okraj. Pod ústí otvoru nádoby s vodou umístěte laboratorní váhy, na které položte prázdnou kádinku.

Provedení: Siloměr s připevněnými oblázky upevněte do stojanu a odečtěte údaj na stupnici, poté vložte oblázky do vody. Odečtěte údaje ze siloměru a na laboratorních vahách.

Pozorování: Výchylka siloměru se po vložení oblázků do vody zmenší. Zároveň z nádoby vyteče určité množství vody, které je zachyceno a zváženo v připravené kádince (Obr. 32).

Vysvětlení: Změna výchylky siloměru je dána vztakovou silou, která ve vodě působí na ponořené oblázky. Kamínky při potápění vytlačili určité množství kapaliny. Její hmotnost určíme pomocí laboratorních vah. Podle Archimédova zákona platí rovnost mezi tíhou vytlačené kapaliny a silou, jež je dána rozdílem počátečního a koncového údaje na siloměru, což jsme dokázali.



Obr. 32: Ověření Archimédova zákona pro tělesa nepravidelného tvaru

Modifikace: V této úloze je možné nahradit laboratorní váhy siloměrem, který okamžitě určí tíhovou sílu působící na vytlačenou vodu. Ta se rovná rozdílu počáteční a koncové hodnoty na prvním siloměru.

Závěr: Experiment potvrdil platnost Archimédova zákona pro těleso nepravidelného tvaru, jenž je ponořené do vody.

9.5.3 Měření vztlakové síly

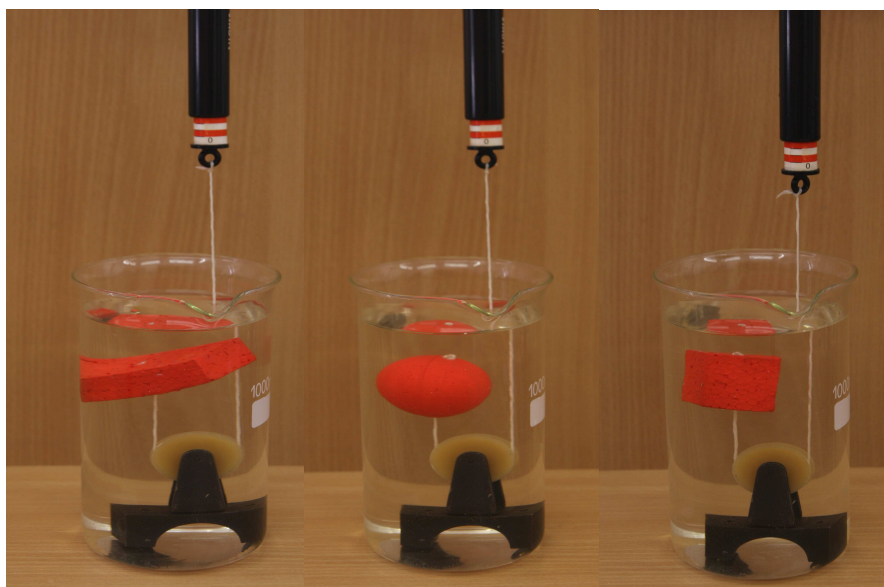
Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže změřit vztlakovou sílu působící na ponořené těleso a je schopen prokázat, že její velikost závisí na objemu ponořené části tělesa, nikoliv na hloubce, v níž se těleso nachází.

Potřeby: skleněný válec s vodou, závaží, kladka, stojan, siloměr, provázek, dva shodné kvádříky z polystyrénu

Příprava: Na dno válce s vodou umístíte kladku, kterou provlečete provázek, jehož jeden konec přivažete k siloměru, druhý konec upevníte k polystyrénovému kvádříku.

Provedení: Postupným zdviháním siloměru vtahujte polystyrénové těleso do vody. Sledujte, jak se mění údaj na siloměru.



Obr. 33: Měření vztlakové síly

Pozorování: Při vtahování polystyrénového kvádříku do vody se zvyšuje výchylka siloměru. V okamžiku, kdy je celé těleso ponořeno do kapaliny, se síla již nemění.

Vysvětlení: Polystyrénový kvádr je ve vodě nadlehčován vztlakovou silou, která podle Archimédova zákona odpovídá tíze kapaliny, kterou těleso vytlačí. Velikost této síly můžeme odečíst na siloměru. Při vtahování kvádrů do kapaliny roste objem ponořené části tělesa a sním se zvyšuje i vztlaková síla, jenž na něj působí. Při úplném ponoření kvádrů dojde k vytlačení maximálního množství kapaliny a vztlaková síla dosáhne nejvyšší hodnoty, která se již dále nezvyšuje.

Modifikace¹⁴: Před pokusem je možné vypočítat objem kvádrů a porovnat vztlakovou sílu s tíhou vytlačené kapaliny. Pokus lze také obměnit použitím polystyrénových předmětů různých tvarů, ale shodných objemů. Vztlaková síla působící na takováto zcela ponořená tělesa bude stejná (Obr. 33).

Závěr: Pokus dokazuje závislost velikosti vztlakové síly na objemu ponořené části tělesa. Ukazuje se, že při úplném ponoření tělesa vztlaková síla nezávisí na hloubce jeho ponoření.

9.5.4 Archimédova rovnováha²⁰

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže podle objemu tělesa určit velikost vztlačové síly, která na něj bude v kapalině působit.

Potřeby: rovnoramenné váhy, dvě kádinky s vodou, dva stejně hmotné předměty vyrobené z materiálů s různou hustotou (např. hliník a železo)

Provedení: Na rameno rovnoramenných vah zavěste plastový předmět, na druhé rameno pověste závaží o stejné hmotnosti, jakou má plastové těleso. Odaretováním vah se přesvědčte, že je vahadlo v rovnováze. Pod visící tělesa umístěte kádinky s vodou a oba předměty ponořte. Opět odaretrujte váhy a sledujte, zdali se rovnováha změní.

Pozorování: Rovnováha se poruší. Rameno vah, na němž je zavěšeno plastové těleso, se nachází výš (Obr. 34).

Vysvětlení: Obě tělesa mají sice stejnou hmotnost, ale liší se hustotou. Těleso s nižší hustotou má větší objem, proto na něj také ve vodě působí větší vztlačová síla.

Závěr: Výchylka vahadla umožňuje porovnat velikosti vztlačových sil působících na obě tělesa. Ukazuje se, že vztlačová síla nezávisí na hmotnosti ponořeného tělesa, ale na jeho objemu.



Obr. 34: Archimédova rovnováha

Video: „Archimédův zákon pro tělesa s různou hustotou“ – délka trvání: 24 s
Na rovnoramenných vahách je zavěšeno plastové těleso a železné závaží. Videoukázka zachycuje, jak se změní výchylka vah poté, co jsou obě tělesa ponořena do vody.

9.5.5 Archimédova rovnováha II²⁰

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen podle hustoty kapaliny určit velikost vztlačové síly působící na ponořené těleso.

Potřeby: rovnoramenné váhy, kádinka s vodou, kádinka s lihem, dvě stejná závaží

Provedení: Na vahadlo rovnoramenných vah zavěste obě závaží tak, aby váhy byly v rovnováze. Pod závaží visící vlevo umístěte kádinky s vodou, pod druhé položte kádinku s lihem. Vahadlo posuňte níž, aby se oba předměty ponořily do kapalin. Pozorujte, zdali se poruší rovnováha.

Pozorování: Rovnováha se poruší. Rameno vahadla se závažím ponořeným do vody se nachází výš (Obr. 35).

Vysvětlení: Obě závaží mají stejnou hmotnost a objem. Hustota kapaliny, v níž jsou ponořené, je však různá. Voda má větší hustotu než líh, proto na závaží ponořené v kádince s vodou působí větší vztlaková síla než na druhé závaží ponořené v lihu. Rozdíl velikostí vztlakových sil se projeví porušením rovnováhy vahadla.

Závěr: Výchylka rovnoramenných vah umožňuje porovnat velikosti vztlakových sil působících na dvě stejná tělesa ponořená v kapalinách s rozdílnou hustotou. Ukazuje se, že vztlaková síla působící na ponořené těleso roste s hustotou kapaliny.



Obr. 35: Archimédova rovnováha II

Video: „Dvě stejná tělesa ponořená v různých kapalinách“ – délka trvání: 51 s
Na rovnoramenných vahách jsou zavěšena dvě stejná závaží. Váhy jsou v rovnováze. Do kádinky umístěné vlevo je nalita voda, do druhé kádinky je nalit líh. Obě závaží jsou následně ponořena do kádinek. Po odaretování vah se rovnováha poruší. Rameno s tělesem ponořeným do lihu je níž než rameno nesoucí těleso ponořené ve vodě.

9.5.6 Plavání v malém množství kapaliny⁴²

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský pokus

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, proč tělesa mohou plavat i v malém množství kapaliny. Tento poznatek doloží na příkladu z praxe.

Potřeby: dvě kádinky, které do sebe těsně zapadají, obarvená voda

Provedení: Do širší kádinky nalijte malé množství obarvené vody. Poté do ní vložte druhou nádobu s jen o něco menším vnějším průměrem, než je vnitřní průměr kádinky s vodou. Druhá nádoba může být nahrazena předmětem s podobnými rozměry.

Pozorování: Vložená kádinka překvapivě plave v kapalině o menším objemu, než má samotná nádoba (Obr. 36).



Obr. 36: Plavání v malém množství kapaliny

Vysvětlení: V souladu s Archimédovým zákonem může těleso plavat i v kapalině menšího objemu, než má samo těleso.

Motivace: Popsaný jev se uplatňuje například v plavebních komorách průplavů, kde loď plave v poměrně malém množství vody. Například plavební komory Panamského průplavu, kterými proplouvají mohutné přepravní lodě, jsou ši-

rokové 33,53 m a dlouhé 304,8 m.⁴⁷ Učitel může po skončení experimentu pokračovat motivačním vyprávěním, prostřednictvím jehož žáky seznámí s významnými domácími a světovými plavebními kanály.

Závěr: Pokus dokazuje, že Archimédův zákon platí i pro tělesa ponořená v malém množství kapaliny. Pro tento případ můžeme upravit jeho formulaci takto. Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která je rovna tíze kapaliny stejného objemu, jaký má ponořená část tělesa.

Video: „Plavání kádinky v malém množství kapaliny“ – délka trvání: 19 s
Na stole vedle sebe stojí dvě podobné kádinky. V levé nádobě je 100 ml obarvené vody. Video ukazuje, že i v takto malém množství vody může plavat kádinka s téměř pětinasobným objemem.

9.6 Plavání těles s neměnnou průměrnou hustotou

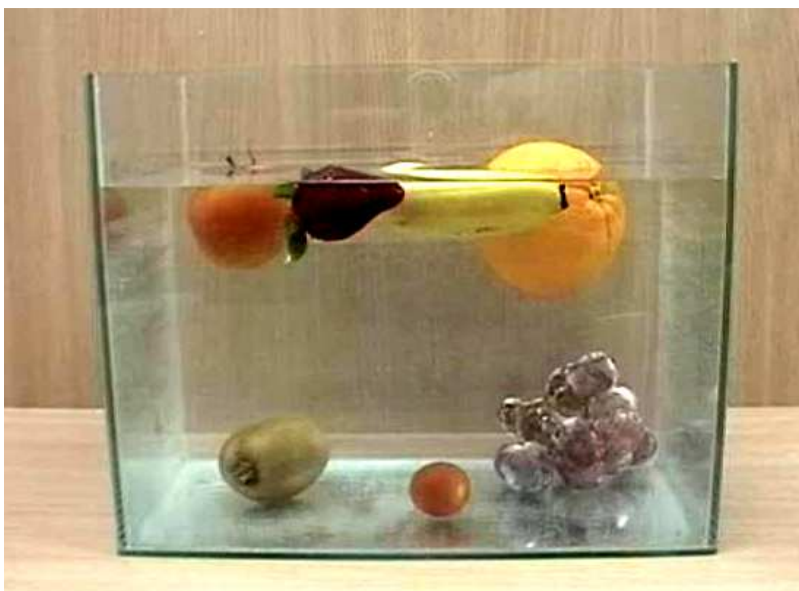
Nyní již žáci znají Archimédův zákon. Můžeme tedy přistoupit k jeho aplikaci na plavání těles s neměnnou průměrnou hustotou. Následující experimenty ukazují chování rozličných těles a kapalin ve vodě.

9.6.1 Které předměty plavou a které klesnou ke dnu?²⁵

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen podle průměrné hustoty tělesa určit, zda-li bude předmět ve vodě plavat.

Potřeby: větší nádoba s vodou, větvičky, listy, korkový uzávěr, menší list papíru, dřevěné a umělohmotné knoflíky, kousek skla



Obr. 37: Které předměty plavou a které klesnou ke dnu?

Provedení: Vyučující žákům rozdává sadu rozličných předmětů. Žáci mají za úkol pozorně prozkoumat předložená tělesa a na papír do tabulky napsat, o kterých tělesech si myslí, že budou ve vodě plavat a o jakých předmětech jsou přesvědčeni, že naopak klesnou ke dnu. Poté učitel před žáky postaví průhlednou nádobu s vodou a nechá je, aby postupně po jednom vkládali tělesa do

vody. Skutečné chování předmětů ve vodě si žáci poznamenají do druhé tabulky.

Pozorování: Větvičky i korek plavou. Listy a papír plavou jen krátkou dobu, dokud nenasáknou vodu. Dřevěné knoflíky plavou, většina umělohmotných knoflíků klesá ke dnu.

Vysvětlení: Na těleso (například kiwi), které je ponořeno na dně akvária, působí tíhová síla $F_g = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g$, opačným směrem působí hydrostatická vztlaková síla $F_{vz} = m \cdot g = V \cdot \rho_k \cdot g$. Hodnota gravitačního zrychlení g je pro oba vztahy shodná. Stejně tak se objem ponořeného tělesa rovná objemu vytlačené vody. Z porovnání rovnic pro výpočet vztlakové a tíhové síly je patrné, že pro zjištění, která síla je větší, stačí porovnat pouze hustotu tělesa a kapaliny. Je-li hustota tělesa větší než hustota kapaliny, bude i tíhová síla větší než vztlaková síla vody, těleso tedy klesne ke dnu. Těleso bude naopak plavat, pokud bude jeho hustota nižší než hustota vody. Při rovnosti hustot se těleso bude vznášet.

Tip: Po skončení pokusu prováděného žáky je možné navázat demonstračním experimentem, při kterém jsou do akvária s vodou vkládány různé druhy ovoce a zeleniny (Obr. 37). Před vložením předmětu do vody mají žáci vždy za úkol odhadnout, zda-li bude plavat. Z vybraných plodů plavou: pomeranč, mandarinka, broskev, banán, třešeň, citrón, meloun, jahoda, rajče, jablko, paprika. Naopak neplave kiwi, hroznové víno, rajče cherry, kedluben, brambor. Plavání plodů závisí na jejich průměrné hustotě, která je ovlivněna zejména obsahem cukru a vzduchu. Aby vyučující demonstroval, jaký vliv má množství cukru na plavání těles, může do vody vložit dvě plechovky limonády. Limonáda bez cukru plave, zatímco limonáda obsahující cukr klesne ke dnu.

Závěr: Žák prostřednictvím vlastní aktivity zjistí, že plavání těles závisí na jejich průměrné hustotě.

Video: „Plave, neplave“ – délka trvání: 73 s
Do akvária s vodou je vložen pomeranč, jablko, rajče, rajče cherry, jahoda, banán, hroznové víno a kiwi. Video ukazuje, které plody plavou a které nikoliv. Na závěr jsou do vody vloženy plechovky obsahující dvě různé limonády. Plechovka s limonádou bez cukru plave.

9.6.2 Neposlušné vejce³⁶

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže podle hustoty kapaliny určit, zda-li v ní bude těleso plavat.

Potřeby: čerstvá vejce, tři kádinky, sůl, voda

Provedení: Připravte si tři kádinky. Do první napusťte vodou, druhou naplňte slanou vodou. Do třetí nalijte slanou vodou jen do poloviny, zbytek opatrně doplňte obyčejnou vodou. Do jednotlivých kádinek opatrně vložte vajíčko. Sledujte, co se s ním stane.

Pozorování: V čisté vodě se vejce potopí ke dnu. V roztoku soli vejce plave na hladině (Obr. 38), ve třetí kádince obsahující slabý roztok soli se vejce vznáší.

Poznámka: Pro demonstraci tohoto pokusu je zapotřebí mít čerstvá vejce, protože zkažená plavou již v čisté vodě.

Vysvětlení: Podle Archimédova zákona závisí velikost vztlakové síly na tíze vytlačené kapaliny, která v tomto případě roste s koncentrací soli v roztoku. Vejce se začne vznášet v kapalině v okamžiku, kdy se vztlaková síla, která na něj působí, vyrovná jeho tíze.

Motivace: Vyučující může v rámci motivačního rozhovoru využít osobních zkušeností žáků s plaváním ve sladké a slané vodě. Žáci jistě potvrdí, že snazší je plavat v mořské vodě.

Závěr: Pokus zřetelně demonstruje, že vztlaková síla působící na ponořené těleso závisí na hustotě kapaliny. Přidáním soli se zvýší průměrná hustota vody a těleso, které původně kleslo ke dnu, se ve vodě vznáší. Při dostatečně velké koncentraci soli v roztoku vztlaková síla vzroste na tolik, že vejce plave na hladině.

Video: „Vejce v roztoku soli“ – délka trvání: 23 s
Na dně kádinky s vodou se nachází vejce. Do vody je přisypána kuchyňská sůl, vejce se po chvilce začne vznášet.

K tomu, aby vejce ve vodě plavalo, je zapotřebí poměrně vysoká koncentrace soli v roztoku. Při natáčení videa se osvědčilo vložit vejce do předem připraveného roztoku soli, který má o něco menší koncentraci, než je zapotřebí proto, aby vejce plavalo. Poté již stačí přidat pouze malé množství soli a vejce se začne vznášet.



Obr. 38: Neposlušné vejce

9.6.3 Výměna nádoby

Zaměření: demonstrační, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže na základě znalosti hustoty nemísitelných kapalin určit, jakým způsobem se kapaliny v nádobě uspořádají.

Potřeby: dvě menší sklenice, tenká plastová destička, obarvená voda, olej

Provedení: První sklenici naplňte až po okraj obarvenou vodou, druhou naplňte stejným způsobem olejem. Sklenici s vodou přikryjte plastovou destičkou. Nádobu otočte dnem vzhůru, přitom pevně přidržujte destičku, aby voda nevytekla. Obrácenou sklenici s vodou položte na nádobu s olejem. Pomalu posuňte plastovou destičku o malý kousek tak, aby mezi sklenicemi vznikla skulina (Obr. 39).

Pozorování: Posunutím plastové destičky vznikla mezera, kterou olej pomalu stoupá do horní sklenice. Voda naopak přetéká do spodní nádoby. Po krátkém čase jsou obě tekutiny v jiné nádobě, než byly na začátku.

Vysvětlení: Ve spojených nádobách se kapaliny uspořádaly podle své hustoty. Olej má nižší hustotu, proto plave na hladině vody.

Motivace: Vyučující může na základně experimentu objasnit, proč se na hladině mastné polévky vytvářejí takzvaná mastná oka – plovoucí olejové skvrny.

Závěr: Pokus ukazuje, že nemísitelné kapaliny se v nádobě uspořádají podle své hustoty tak, že kapalina s nižší hustotou plave na kapalině s vyšší hustotou.



Obr. 39: Výměna nádoby

9.6.4 Závislost hustoty kapaliny na teplotě³⁵

Zaměření: demonstrační, domácí žákovský experiment

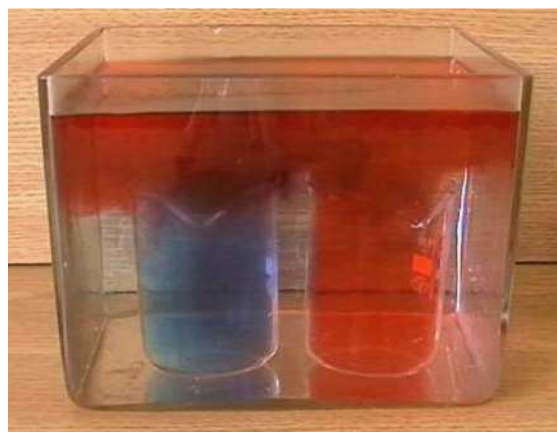
Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, jak se mění hustota kapaliny v závislosti na její teplotě.

Potřeby: akvárium s vodou, dvě různě barevná potravinářská barviva, dvě stejné kádinky

Provedení: Do první kádinky nasypete modré potravinářské barvivo a přilijte studenou vodu. Do druhé kádinky nasypete červené barvivo a přilijte horkou vodu. Obě nádoby vložte současně do akvária s vodou. Sledujte, jakým způsobem se uspořádá obarvená voda v akváriu.

Pozorování: Z každé kádinky vyteče po jejím vložení do akvária část obarvené vody. Červeně zbarvené vody vyteče o něco více než modré. Po chvíli se kapaliny v akváriu ustálí. Červená voda se nachází u hladiny, zatímco modrá voda je pod ní (Obr. 40).

Vysvětlení: S rostoucí teplotou klesá hustota kapaliny. Horká voda tedy stoupá k hladině, studená voda naopak klesá ke dnu.



Obr. 40: Závislost hustoty kapaliny na teplotě

Tip: Hustota kapaliny rovněž závisí na množství barviva, které je v ní rozpuštěno. Dejte proto pozor, aby v obou kádinkách bylo stejné množství barviva.

Závěr: Z rozmístění různě zbarvených kapalin v akváriu je patrné, že hustota vody závisí na její teplotě.

Video: „Závislost hustoty vody na teplotě“ – délka trvání: 36 s
Před akváriem jsou postaveny dvě kádinky. V levé je modře zbarvená studená voda. Do pravé kádinky, která je z jedné čtvrtiny naplněna červenou vodou, je přilita horká voda z varné konvice. Obě nádoby jsou současně vloženy do akvária s vodou. Z nádob vyteče část obarvené kapaliny, která se po chvíli rozmístí tak, že červená voda je u hladiny, zatímco modrá voda se nachází pod ní.

9.6.5 Různorodá směs⁴⁶

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Na základě znalosti průměrných hustot kapalin a těles žák dokáže určit jejich vzájemnou polohu v nádobě.

Potřeby: kádinka, olej, sůl, voda, med, korkový uzávěr, bobulka hroznového vína, hrozinka, hřebík

Provedení: Do kádinky nalijte tři kapaliny o různých hustotách: med, slanou vodu, olej. Poté do ní vložte tři předměty: korkový uzávěr, bobulku hroznového vína, hrozinku a hřebík.

Pozorování: Med se usadí na dně kádinky, nad ním se nachází vrstva vody, na které plave olej. Podobně jako kapaliny se v kádince rozmístí i drobné předměty. Kovový hřebík propadne všemi vrstvami a klesne na dno kádinky. Na hladině medu se usadí hrozinka, kulička vína plave ve slané vodě a korkový uzávěr se vznáší na hladině oleje (Obr. 41).

Vysvětlení: Kapaliny i pevné předměty se v kádince rozmístí podle své hustoty. Med, kapalina s nejvyšší hustotou, se usadí na dně nádoby. Nad medem se nachází vrstva



Obr. 41: Různorodá směs

vody, nad jejíž hladinou je olej, který má z použitých kapalin nejnižší hustotu. Nejvyšší hustotu z vhozených předmětů má kovový hřebík, proto propadne všemi vrstvami a klesne ke dnu. Hrozinka má vyšší hustotu než voda, ale zároveň má nižší hustotu než med, proto bude plavat na hladině medu. Hustota kuličky hroznového vína je o něco nižší než hustota slané vody, zároveň je však vyšší než hustota oleje. Z tohoto důvodu ji nalezneme na rozhraní těchto kapalin. Je zřejmé, že předmět s nejnižší hustotou – korkový uzávěr plave na hladině oleje. Celou soustavu je možné protřepat a pozorovat, jak se kapaliny i tělesa vrátí do původního stavu.

Závěr: Jednoduchý experiment, který si mohou žáci vyzkoušet sami, demonstruje význam hustoty tělesa pro určení jeho stavu v kapalině, zároveň ukazuje, že zákonitosti plavání těles platí i pro kapaliny.

9.7 Plavání těles s proměnnou průměrnou hustotou

Z předchozí kapitoly již víme, že tělesa mohou v kapalině plavat, vznášet se, nebo klesnout ke dnu v závislosti na tom, jestli je jejich průměrná hustota nižší, rovna nebo vyšší než je hustota kapaliny. Následující pokusy ukazují, jaký vliv má změna hmotnosti, či objemu tělesa na jeho chování v kapalině. Několik experimentů navíc demonstruje praktické využití změny průměrné hustoty plovoucích těles.

9.7.1 Tančící hrozinky⁴⁶

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, jakým způsobem ovlivňuje změna průměrné hustoty tělesa jeho chování v kapalině.

Potřeby: hrozinky, dvě kádinky, perlivá a neperlivá voda

Provedení: Na stůl položte dvě kádinky. Do jedné nalijete neperlivou vodu a do druhé vodu syčenou oxidem uhličitým. Poté do každé nádoby vhodíte hrst hroziček.

Pozorování: Hrozinky se v kádince s neperlivou vodou, potopily ke dnu, zatímco v nádobě se sodou začaly stoupat k hladině a poté klesat zpět ke dnu (Obr. 42).

Poznámka: Experiment je průkaznější, pokud je perlivá voda vychlazená. Uvolňování bublinek oxidu uhličitého lze ještě umocnit přilitím octa nebo kyseliny citrónové.



Obr. 42: Tančící hrozinky

Vysvětlení: Hrozinky mají větší hustotu než voda, proto v první kádince neplavou. Ve druhém případě však na sebe váží bublinky oxidu uhličitého. Průměrná hustota látek tvořících takto vzniklé těleso je nižší než hustota vody, celá soustava tedy stoupá vzhůru. Na hladině bublinka praskne a hrozinka klesá ke dnu.

Modifikace²⁵: Místo hroziček lze použít naftalínové tablety, které mají podobně jako vysušené hrozny vína jen něco málo vyšší hustotu než voda. Na rozdíl od hroziček je však u naftalínových tablet požadovaný efekt méně průkazný. Navíc je po jejich vhození do vody umocněn charakteristický zápach naftalínu.

Závěr: Žák si prostřednictvím pokusu ověří, že plavání nebo potápění tělesa závisí na jeho průměrné hustotě.

Video: „Hrozinky v perlivé vodě“ – délka trvání: 33 s
Do akvária s perlivou vodou je vhozena hrst hrozinek. Videoukázka zaznamenává vázání bublinek oxidu uhličitého na jednotlivé hrozinky a jejich následné vznášení ve vodě.

9.7.2 Modelovací hmota²³

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen objasnit, proč mohou plavat i těžká tělesa.

Potřeby: modelovací hmota, nádoba s vodou

Provedení: Z modelovací hmoty vytvořte tři kuličky a ponořte je do nádoby s vodou. Poté kuličky vyjměte a ze stejné plastelíny vytvořte dutý nízký válec, který opět vložte do vody.

Pozorování: Plastelínové kuličky se v kádince potopí ke dnu, zatímco válec vytvořený ze stejného množství modelovací hmoty plave na hladině. Válec však plave pouze v případě, že byl položen na hladinu tak, aby jeho otvor směřoval vzhůru (Obr. 43).



Obr. 43: Modelovací hmota

Vysvětlení: Průměrná hustota kuliček z plastelíny je větší než hustota vody. Tíhová síla, která na ně působí, je větší než opačně orientovaná vztlaková síla, proto se kuličky potopí ke dnu. Oproti tomu dutý válec obrácený otvorem vzhůru tvoří společně se vzduchem soustavu, jejíž průměrná hustota je nižší než hustota vody. Velikost vztlakové síly je díky většímu objemu vytlačené vody vyšší, než je velikost tíhové síly, takže válec plave na hladině. Je-li však válec otočen o 90° a vložen do vody, vzduch je nahrazen vodou a válec klesne ke dnu.

Motivace: Experiment lze uvést motivační otázkou na téma konstrukce lodí. Učitel se žáků zeptá, proč může na hladině vody plavat loď postavená z železa a z oceli, když se samotné železo nebo ocel potopí. Vyučující může odpověď na položenou otázku doprovodit pokusem, ve kterém těžký materiál na stavbu lodí představuje modelovací hmota, která sama o sobě ve vodě neplave.

Závěr: Žáci prostřednictvím experimentu zjistí, že i tělesa tvořená velmi těžkými materiály mohou plavat na hladině, pokud je celková průměrná hustota tělesa nižší, než hustota vody.

9.7.3 Plavání a potápění⁴⁶

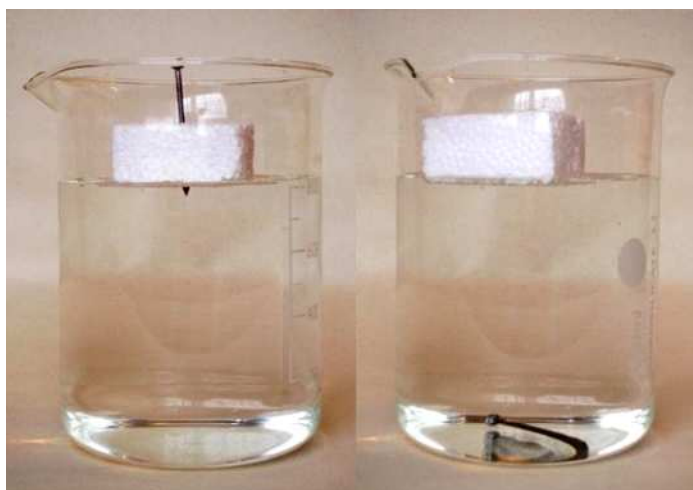
Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, jaký vliv má snížení průměrné hustoty tělesa na jeho chování v kapalině.

Potřeby: kádinka s vodou, kvádřík z polystyrénu, hřebík

Provedení: Kvádřík z polystyrénu propíchněte hřebíkem a položte na hladinu vody v kádince tak, aby tato soustava těles plavala. Potom hřebík vytáhněte a polystyrén i hřebík položte znovu na hladinu.

Pozorování: Soustava, která se skládá z polystyrénového kvádru a hřebíku, plave na hladině. Po oddělení obou těles však bude plavat pouze polystyrén. Hřebík klesne ke dnu kádinky.



Obr. 44: Plavání a potápění

Vysvětlení: Soustava polystyrénu a kovového hřebíku plave na hladině, protože její průměrná hustota je nižší než hustota vody. Naopak hustota kovového hřebíku je vyšší, než je hustota vody, a je daleko vyšší, než průměrná hustota polystyrénu, proto hřebík klesne ke dnu.

Závěr: Pokus demonstruje význam průměrné hustoty těles při posuzování jejich chování v kapalině. Žák si prostřednictvím experimentu ověří, že soustava těles může v kapalině plavat, pokud je její průměrná hustota nižší, než je hustota kapaliny.

9.7.4 Plovoucí závaží

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže popsat, jakým způsobem závisí plavání tělesa na objemu vody, kterou vytlačí.

Potřeby: závaží, kádinka, akvárium, kovová matka

Provedení: Na dno akvária položte kovovou matku, na ní postavte závaží. Akvárium naplňte vodou. Vyjměte oba předměty z nádoby a vylijte z ní vodu. Pokus proveďte ještě jednou, avšak závaží nejprve vložte do kádinky a až poté jej postavte na matku. Akvárium pomalu naplňujte vodou. Sledujte, kdy kádinka se závažím začne ve vodě plavat (Obr. 45).

Vysvětlení: Průměrná hustota závaží je několikanásobně vyšší, než je hustota vody, proto je i tíhová síla působící na závaží větší, než je opačně orientovaná vztlačková síla. Železné závaží tudíž neplave. Soustava tvořená kádinkou se závažím má o něco větší hmotnost, však díky vzduchu, který obsahuje, má nižší průměrnou hustotu. Soustava tedy vytlačí mnohem více kapaliny. Obě tělesa plavou v okamžiku, kdy je tíha vytlačené kapaliny větší, než je tíha kádinky se závažím.

Motivace: Pokus společně s experimentem (9.7.3) ukazuje, proč mohou lodě vézt velmi těžký náklad, který by sám o sobě neplaval. Učitel proto může demonstraci doplnit o motivační vyprávění zaměřené na nákladní dopravu.

Závěr: Žák zjistí, že pokud se sníží průměrná hustota tělesa, zvýší se objem vody, kterou těleso vytlačí, vzroste vztlačková síla, jež na něj působí, a těleso může plavat.



Obr. 45: Plovoucí závaží

Video: „Plovoucí závaží“ – délka trvání: 60 s
Železné závaží ve vodě neplave, avšak kádinka se zátěží začne plavat v okamžiku, kdy hladina vody dosáhne k jejímu okraji. Video demonstruje, že železné závaží může ve vodě plavat, pokud je umístěno v dostatečně velké kádince.

9.7.5 Plovoucí závaží II

Zaměření: demonstrační, laboratorní experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže kvantitativně určit, kolik vody musí těleso vytlačit, aby mohlo plavat.

Potřeby: vyšší válcová nádoba, úzká trubička, olověné broky, kádinka, špejle, větší nádoba, vodě odolný značkovač, váhy

Příprava: Doprostřed dna válcové nádoby provrtejte otvor. Dovnitř válce vložte úzkou trubičku tak, aby vertikálně procházela osou válce a připevněte ji k otvoru ve dnu. Spoj pečlivě utěsněte. Pomocí kádinky s vodou určete vnější objem válce. Na plášť válce udělejte vodě odolným značkovačem čárku vždy po 50 ml.

Provedení: Válec položte na váhy a přidejte právě tolik olověných broků, aby vážil 50 g. Poté jej vložte na dno větší nádoby. Do trubičky procházející osou válce vsuňte špejli a pevně ji přidržujte u dna nádoby. Pomalu přilévejte vodu do nádoby. Sledujte, kdy válec začne plavat. Do válce přisypte broky o hmotnosti 50 g, zvonu přilévejte vodu do nádoby a opět pozorujte, kdy válec začne plavat.

Pozorování: Válec začne plavat, právě když voda dosáhne k rysce 50 ml. Přestože je do nádoby přilévána další voda, její hladina stále sahá ke stejné rysce. Po přidání 50 g broků válec klesne na dno. Opět začne plavat až v okamžiku, kdy voda v nádobě dosáhne ke značce 100 ml.

Vysvětlení: Válec se závažím začne plavat v momentě, kdy se vyrovnají vztlaková a tíhová síla, které na něj působí. K tomu dojde, když se tíha válce vyrovná tíze vytlačené kapaliny. Padesátigramový válec tedy musí vytlačit vodu o hmotnosti padesát gramů, což odpovídá objemu padesáti mililitrů. Špejle prostrčená skrze úzkou trubičku ve válci má za úkol zajistit, aby se válec při zvyšování hladiny vody nenakláněl.



Obr. 46: Plovoucí závaží II

Závěr: Pokus může sloužit jako laboratorní úloha, jejímž cílem je ověřit, že těleso ve vodě plave, pokud vytlačí kapalinu o stejné hmotnosti, jakou má samo těleso.

9.7.6 Námořníkový rozpaky²⁵

Zaměření: demonstrační, frontální žákovská experiment

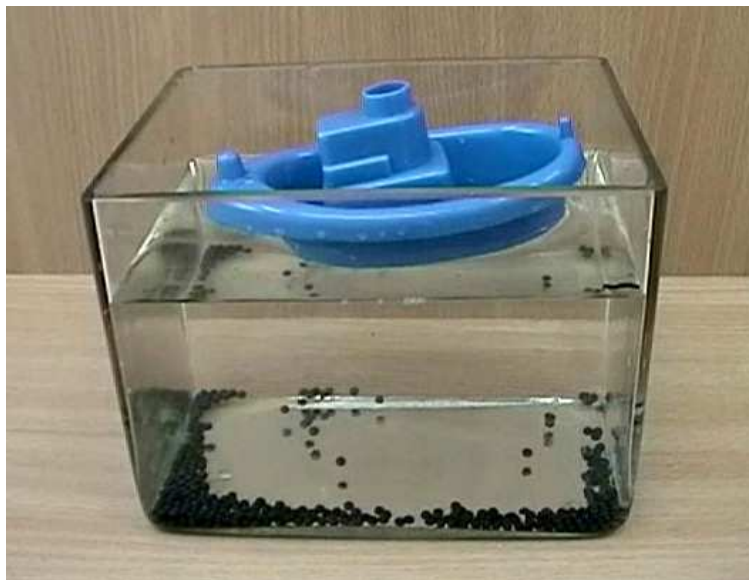
Kognitivní cíl: Žák aplikuje poznatky o plavání těles. Dokáže vysvětlit, proč během pokusu klesla výška hladiny.

Potřeby: vysoká úzká sklenice s vodou, vysoká úzká plechovka, kterou lze vložit do sklenice, závaží (hřebíky), značkovácí tužka.

Provedení: Vložte plechovku se závažím do vysoké úzké sklenice s vodou. Označte výšku hladiny. Vysypte závaží na dno sklenice a opět do ní vložte prázdnou plechovku. Označte novou výšku hladiny. Porovnejte výšky obou hladin.

Pozorování: Po vysypání závaží z plechovky na dno nádoby klesla hladina vody ve sklenici (Obr. 47).

Vysvětlení: Podle Archimédova zákona musí být tíha vody, kterou vytlačí plovoucí plechovka se zátěží, rovna tíze plechovky se zátěží. Závaží v plechovce vytlačí vodu o stejném objemu, jaký má ponořená část plechovky. Jakmile je zátěž vysypána na dno nádoby s vodou, vytlačí pouze vodu o objemu, který má samotné závaží a ponořená část plechovky. Hladina vody ve sklenici bude nižší.



Obr. 47: Námořníkový rozpaky

Motivace: Pokus lze uvést motivačním vyprávěním o rybáři, který vypluje s člunem na jezero. Když se dostane do středu jezera, vyhodí z lodi mohutnou kotvu, která spadne na dno. Učitel se žáků zeptá, jestli po vyhození kotvy ze člunu stoupne voda v jezeře či nikoliv. Jakmile žáci vysloví své názory, může vyučující předvést pokus, ve kterém plechovka představuje rybářský člun, zatímco hřebíky zastupují kotvu. Atraktivitu experimentu lze zvýšit nahrazením plechovky za dětskou loďku.

Motivace²⁷: Namísto vyprávění o rybáři lze pokus uvést příběhem ze Střední Ameriky starým více než 400 let. Když Španělé dobyli říši Aztéků, nařídil aztécký vládce Montezuma, aby byly cenné poklady jeho paláce vhozeny do jezera. Na jezero tedy vyplula loď, která vezla ohromné množství drahocenných zlatých předmětů. Všechno zlato bylo vyhozeno z lodi do nejhlubšího místa jezera. Nyní se může učitel žáků zeptat, jestli v tu chvíli voda v jezeře stoupala, zůstala ve stejné výšce či klesla.

Závěr: Pokus ukazuje, že objem vody, kterou vytlačí plovoucí těleso, závisí na objemu ponořené části tělesa.

Video: „Odhozený náklad“ – délka trvání: 22 s
Vzhledem k motivačnímu vyprávění, kterým je vhodné pokus uvést, byla plechovka nahrazena plastovou loďkou. Jako závaží slouží olověné broky. Na video ukázce je vidět loďka se závaží plovoucí na hladině akvária s vodou. Černým značkovačem je na stěnu nádoby vyznačena výška hladiny vody. Po vysypání olověných broků z loďky je patrné, že hladina vody v akváriu klesla.

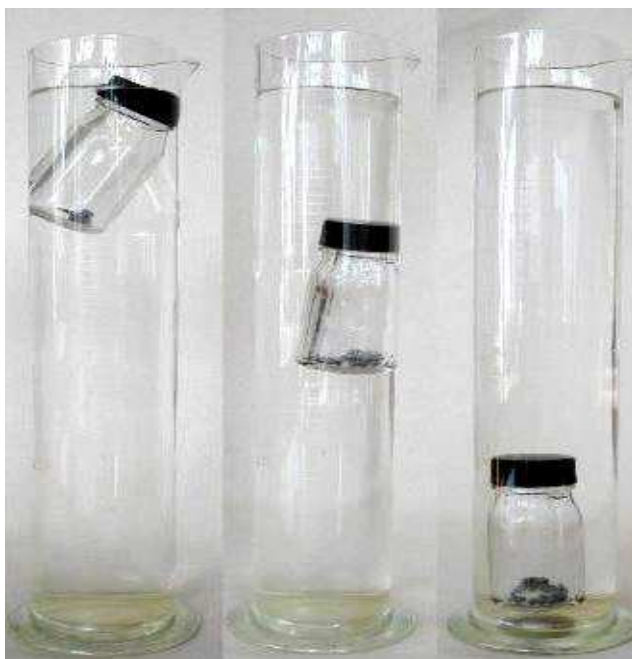
9.7.7 Lékovka s broky¹⁴

Zaměření: laboratorní experiment

Didaktický cíl: Žák dokáže určit, jakou hmotnost musí mít závaží, aby nádobka ve vodě plavala, vznášela se a klesla ke dnu.

Potřeby: nádobka s uzávěrem (lékovka), válec s vodou, olověné broky, kádinka, laboratorní váhy

Provedení: Utáhněte uzávěr lékovky a vložte ji do válce s vodou. Nádobka plave na hladině. Postupně do lékovky přidávejte vždy jeden brok, nádobku zavřete a vložte do vody. Zapište si, při jakém množství broků se lékovka začala vznášet ve vodě. Dále zvyšujte zátěž nádobky až do chvíle, kdy se potopí na dno válce. Opět si zapište množství broků, které jsou uvnitř.



Obr. 48: Lékovka s broky

Zpracování: Nejprve zvažte prázdnou lékovku. Poté určete její objem V tak, že do kádinky nalijte 100 ml vody a vložte do ní uzavřenou lékovku z poloviny naplněnou broky. Až lékovka klesne ke dnu, odečtěte, o kolik vzrostl objem vody v kádince. Nyní zjistěte hmotnost jednoho broku. Pro vyšší přesnost měření vložte na laboratorní váhy větší množství broků (alespoň dvacet), celkovou hmotnost broků poté vydělte jejich počtem, čímž určíte hmotnost jednoho broku. Má-li se lékovka s broky vznášet ve vodě, musí být vztlaková síla působící na zcela ponořenou nádobku rovna tíhové síle, která na ni působí. Vztah $F_{vz} = F_g$ lze upravit jako $V \cdot \rho_{kap} \cdot g = m \cdot g$. Z této rovnice vypočítejte hmotnost nádobky s broky m . Od výsledné hodnoty odečtěte hmotnost prázdné lékovky a získáte hmotnost broků, potřebných k zatížení nádobky tak, aby se ve vodě vznášela. Vypočtený údaj srovnajte s naměřenou hodnotou.

Závěr: Praktické cvičení umožňuje žákům ověřit si, jaký význam má pro plavání těles jejich průměrná hustota.

9.7.8 Hustoměr tvořený lékovkou s broky

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen vlastními slovy vysvětlit princip hustoměru.

Pomůcky: lékovka, válec s vodou, olověné broky, sůl, olej, kádinka, laboratorní váhy

Provedení: Obměnou experimentu (9.7.7) lze vytvořit jednoduchý hustoměr. Pomocí broků nastavte lékovku tak, aby se ve vodě vznášela. Poté vložte lékovku s broky do nádoby s roztokem vody a soli a do kádinky s olejem. Pozorujte, v jaké výšce plave nádobka v různých kapalinách.

Pozorování: V nádobě obsahující roztok soli lékovka plane na hladině, zatímco v kádince s olejem klesla na dno.



Obr. 49: Akvariijní hustoměr

Vysvětlení: Lékovka s broky funguje jako jednoduchý hustoměr, který umožňuje porovnat hustoty libovolné kapaliny s hustotou vody. Ve vodě se lékovka vznáší, protože se její průměrná hustota rovná hustotě vody, kterou lékovka vytlačuje. V oleji vytlačí nádobka s broky stejný objem kapaliny, avšak její hustota je nižší než hustota vody, proto je i vztlaková síla působící na lékovku nižší. Nádobka klesne ke dnu. Naopak hustota vytlačeného roztoku soli je větší, tudíž nádobka plave na hladině.

Motivace: Na popsaném principu fungují například hustoměry používané k měření hustoty chladící kapaliny v automobilu.

Závěr: Pokus ukazuje závislost hloubky ponoření tělesa na hustotě kapaliny, ve které se těleso nachází. Experiment zároveň demonstruje princip jednoduchých hustoměrů.

Video: „Hustoměr“ – délka trvání: 45 s
Videoukázka zachycuje chování akvariijního hustoměru ve vodě, v roztoku soli a v lihu.

9.7.9 Karteziánek²³

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit princip karteziánku.

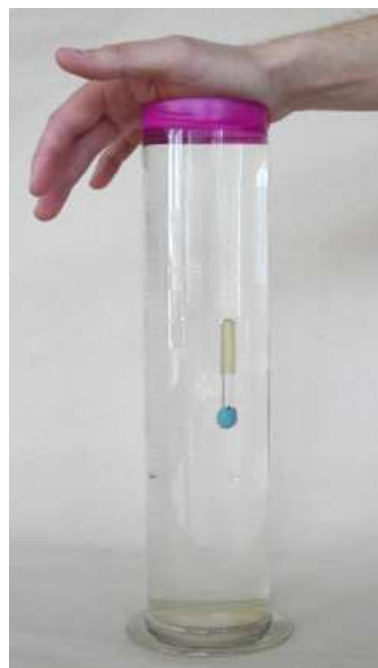
Potřeby: válec s vodou, kapátko, modelovací hmota, prasklý balónek, gumička

Příprava: Kapátko u hrdla zatěžte malým množstvím modelovací hmoty. Poté soustavu tvořenou kapátkem a plastelínou vyvažte v menší nádobě s vodou tak, aby se vznášela u hladiny. Připravený karteziánek vložte do válce, který až po okraj dolijte vodou. Ústí válce uzavřete prasklým balónkem a upevněte gumičkou.

Provedení: Karteziánek se za normálních podmínek vznáší v kapalině. Pokud ale zatlačíte na membránu, která uzavírá válec s vodou, zvýší se tlak v kapalině, tlaková síla stlačí gumovou část karteziánku a upravené kapátko klesá ke dnu (Obr. 50). Do původní polohy se karteziánek vrátí při opětovném snížení tlaku ve válci poté, co přestaneme na gumovou membránu působit silou.

Modifikace: Kapátko zatížené modelovací hmotou lze umístit místo skleněného válce utěsněného gumovou blánou do plastové láhve uzavřené uzávěrem. Zvýšení tlaku v kapalině v tomto případě probíhá stlačením plastové láhve.

Podobný karteziánek si žáci mohou v hodině vyrobit sami. V tomto případě je vhodné nahradit kapátko plastovým brčkem s ohybatelným koncem. Brčko žáci ustříhnou asi 3 cm nad ohybem tak, aby oba konce



Obr. 50: Karteziánek

brčka byly stejně dlouhé. Poté jeho konce spojí kancelářskou svorkou a utěsní vhodným množstvím modelovací hmoty tak, aby se vytvořený karteziánek vznášel u hladiny vody.

Vysvětlení: Působí-li na membránu válce s vodou vnější síla, zvyšuje se tlak v kapalině, čímž je stlačována gumová část kapátka. Objem karteziánku a tedy i velikost vztlakové síly, která na něj působí, se zmenší. Tíha karteziánku zůstává stejná, kapátko proto klesá ke dnu.

Motivace: Změny průměrné hustoty využívají lidé často při potápění. Potápěči si pro ulehčení potápění připoutávají pás se závažími. S podobným příkladem se můžeme setkat rovněž v beletrii. Jules Verne popisuje v románu Dvacet tisíc mil pod mořem⁴⁵ techniku domorodých lovců perel, kteří využívali závaží ve formě těžkého kamene, který jim pomohl rychle se dostat na dno moře. Po nalezení perly lovec kámen pustil, aby se mohl pohodlně dostat na hladinu.

Závěr: Pokus jednoduchým způsobem demonstruje důsledky Archimédova zákona. Těleso s neměnnou hmotností, které změní svůj objem, změní svou průměrnou hustotu a tedy i horizontální polohu v kapalině.

9.7.10 Karteziánek na dálkové ovládání⁴

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák aplikuje znalosti o hydrostatickém tlaku na chování karteziánku ve vodě.

Potřeby: plastová a skleněná láhev, kapátko, modelovací hmota, 2 m dlouhá akvarijní hadička, voda

Příprava: Uřízněte dno plastové láhve. Do skleněné láhve nalijte vodu a umístěte do ní karteziánek zhotovený z kapátka a modelovací hmoty (viz. pokus 9.7.9). Do uzávěrů obou lahví vyvrtejte malý otvor, do kterého zasuněte hadičku. Netěsnosti zalepte lepidlem. Pomocí uzávěrů, které jsou navzájem propojené hadičkou, uzavřete obě láhve (Obr. 51). Uchopte plastovou láhev a skrze uříznuté dno do ní dolijte vodu.



Provedení: Zdvihnete-li plastovou láhev s uříznutým dnem dostatečně vysoko, karteziánek ve skleněné nádobě klesne ke dnu. V případě, že plastovou láhev umístíte do stejné výšky jako skleněnou láhev, karteziánek se vrátí do své původní polohy.

Obr. 51: Karteziánek na dálkové ovládání

Vysvětlení: Obě nádoby jsou propojeny akvarijní hadičkou. Změnou horizontální polohy plastové lahve se mění hydrostatický tlak ve skleněné láhvi. Zdvihneme-li plastovou láhev výš, než se nachází skleněná láhev, hydrostatický tlak působící na karteziánek vzroste, dojde ke zmenšení jeho objemu a tím i ke zmenšení velikosti vztlakové síly, která na něj působí. Karteziánek proto klesne ke dnu.

Závěr: Pokus ukazuje zároveň dva jevy. Demonstruje závislost hydrostatického tlaku na výšce hladiny vody a ilustruje, jakým způsobem se chovají tělesa v kapalině, když se změní jejich průměrná hustota.

9.7.11 Uzavřený plynový měchýř ryb

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák aplikuje znalost Archimédova zákona na plavání ryb ve vodě. Vysvětlí, jak funguje uzavřený plynový měchýř ryb.

Potřeby: větší sklenice s vodou, plastová rybička, hadička, gumový balónek

Provedení: Příprava a provedení experimentu vychází z tradičního pokusu s karteziánkem. Namísto kapátka je však použita malá gumová rybička, kterou lze pořídit v drogerii (průhledné gumové tělo rybičky slouží jako obal barevného tekutého mýdla). Tlak vody ve sklenici lze měnit stlačením balónku, který je hadičkou spojen s víkem nádoby. Stlačením balónku dojde ke zvýšení tlaku

v kapalině, vzduchová bublina uvnitř gumové ryby se zmenší a karteziánek představující rybu klesá na dno nádoby.

Motivace: Pokus je vhodné zahájit motivačním rozhovorem na téma život ryb v rybníce. Vyučující se žáků zeptá, jestli vědí, jakým způsobem mění ryby hloubku svého ponoření v rybníce. Pokud již žáci v hodině přírodovědy probírali ryby, nejspíš odpoví, že ryba reguluje hloubku ponořením prostřednictvím plynového měchýře. Samotný mechanismus fungování plynových měchýřů ryb je poměrně zajímavý. Podle způsobu, jakým ryby plynový měchýř naplňují vzduchem či jej naopak vyprazdňují, rozdělujeme dvě skupiny ryb. Převážná většina u nás žijících ryb, mezi které patří například kapr, štika nebo sumec, má měchýř spojený s trávicím ústrojím. Tyto ryby jsou schopny snadno regulovat množství vzduchu v měchýři jeho polykáním či vypouštěním plynových bublinek do střeva. Naopak okoun nemá měchýř se střevem nijak propojen, takže regulace množství vzduchu v měchýři probíhá za pomoci silně prokrvené postranní komory.¹³



Obr. 52: Uzavřený plynový měchýř ryb

Vzduchová bublinka uvnitř gumové rybičky představuje uzavřený plynový měchýř ryb. Okounovité ryby žijící v našich vodách regulují jeho velikost tak, že jej stlačí pomocí silně prokrveného svalstva, tím dojde ke zvýšení průměrné hustoty těla ryby, která klesá ke dnu. Naopak uvolnění svalstva má za následek zvětšení plynového měchýře a snížení průměrné hustoty těla ryby, která stoupne vzhůru k hladině.

Závěr: Pokus je zaměřen na demonstraci využití Archimédova zákona v přírodě. Žáci jsou seznámeni s mechanismem, kterým okounovité ryby mění velikost svého plynového měchýře.

Video: „Uzavřený plynový měchýř“ – délka trvání: 21 s
Video ukazuje chování gumové rybičky ve skleněné nádobě s vodou. Po stlačení balónku klesá ryba ke dnu, naopak po uvolnění balónku ryba stoupá na hladinu.

9.7.12 Otevřený plynový měchýř ryb

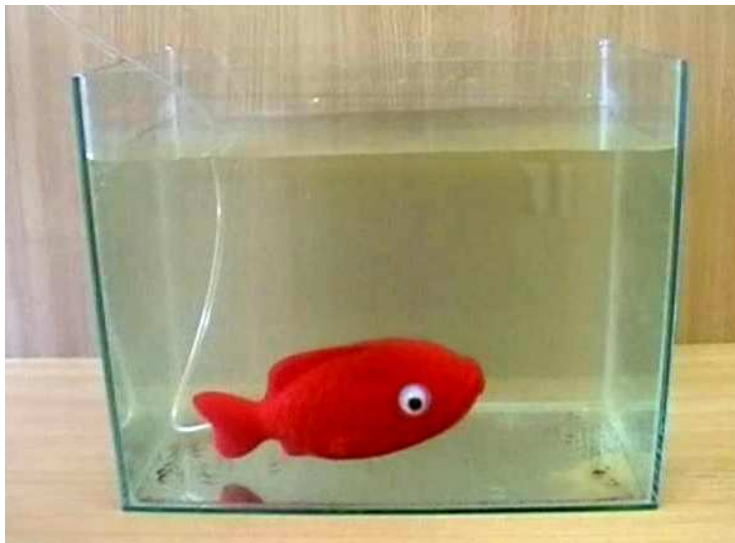
Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák rozlišuje otevřený a uzavřený plynový měchýř ryb a na základě znalosti Archimédova zákona dokáže vysvětlit, jakým způsobem ryby mění svou horizontální polohu ve vodě.

Potřeby: dutá plastová hračka představující kapra či jinou rybu, akvariijní hadička, balónek, nůž, lepidlo, modelovací hmota, akvárium s vodou

Příprava: Do spodní části plastové hračky představující rybu vyřízněte kruhový otvor. V místě ocasní ploutve vyvrtejte malý otvor, jímž protáhněte akvarijní hadičku. Na konec hadičky nacházející se uvnitř hračky připevněte lepidlem balónek. Místo, kde má ryba hlavu a ocasní ploutev, zatížete zevnitř kouskem modelovací hmoty.

Provedení: Do jedné ruky uchopte hadičku, druhou rukou vložte model ryby do akvária s vodou. Otočte hračku otvorem vzhůru a vypusťte z ní všechny vzduchové bubliny. Počkejte, až ryba klesne ke dnu. Poté hadičku přiložte k ústům a pomalu nafukujte balónek uvnitř plastové ryby. Hračka po chvíli vyplave na hladinu.



Obr. 53: Otevřený plynový měchýř ryb

Vysvětlení: Nafouknutím balónku se sníží průměrná hustota upravené hračky. Ve chvíli, kdy se její hustota vyrovná průměrné hustotě kapaliny, se začne model ryby vznášet ve vodě. Při dalším snížení hustoty vyplave plastová ryba na hladinu.

Motivace: Díky pokusu s karteziánem již žáci vědí, že okounovité ryby regulují svou průměrnou hustotu stlačováním plynového měchýře. Ostatní ryby mění obsah vzduchu v měchýři polykáním a vyměšováním vzduchu.

Závěr: Žáci se seznámí s mechanismem, kterým ryby mění průměrnou hustotu svého těla.

Video: „Otevřený plynový měchýř“ – délka trvání: 19 s
Úvodní záběr ukazuje spodní část plastové ryby s vyříznutým otvorem, jímž je vidět nafukující a vyfukující se balónek umístěný uvnitř ryby. Video dále ukazuje, jak plastová hračka stoupá na hladinu a následně klesá ke dnu.

9.7.13 Archimédův výtah

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, jak se bude chovat ponořené těleso, pokud se zmenší jeho průměrná hustota.

Potřeby: plastový obal na sešit, dvě větší injekční stříkačky, akvarijní hadička, lepidlo, tavná pistole, závaží, akvárium s vodou, větší miska, rovnoramenné váhy

Příprava: Z plastového obalu na sešit vystříhnete obdélník. Protější konce kratších stran obdélníku přehněte asi do jedné čtvrtiny jeho délky a pečlivě je na krajích slepte pomocí lepidla či tavné pistole. Takto vzniknou dvě kapsy. Do každé z nich udělejte v boku malý otvor a vsuňte do něj akvarijní hadičku. Otvor s hadičkou poté zalepte lepidlem. K volným koncům hadiček připevněte injekční stříkačky.



Provedení: Injekčními stříkačkami vyčerpejte veškerý vzduch z plastových kapes Archimédova výtahu. Zařízení ponořte do akvária s vodou a zatěžkejte jej vybraným předmětem. Současným stlačováním pístů obou injekčních stříkaček pomalu naplňte plastové kapsy vzduchem. Pozorujte, jak Archimédův výtah zvedá zátěž ze dna akvária.

Obr. 54: Archimédův výtah

Vysvětlení: Naplněním plastových kapes vzduchem se zvyšuje vztlaková síla působící na ponořené těleso. Závaží je vyneseno na hladinu v okamžiku, kdy je vztlaková síla, která na něj působí větší než jeho tíha.

Motivace: Zařízení podobné Archimédovu výtahu se používá při vyzvedávání těžkých předmětů z mořského dna. Pokus je proto možné uvést motivačním vyprávěním o hledacích pokladů, kteří k vyzvednutí těžkých truhel se zlatem používají plastové pytle, které nafouknou vzduchem stlačeným v tlakové láhvi.

Závěr: Pokus ukazuje příklad využití snížení průměrné hustoty tělesa ponořeného v kapalině.

Video: „Archimédův výtah“ – délka trvání: 17 s
Video ukazuje, jak nafukující se polštář zvedá plastovou truhličku, která je ponořená ve vodě.

9.7.14 Jednoduchý Archimédův výtah

Zaměření: demonstrační, laboratorní experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže určit, za jakých podmínek se těleso ve vodě vznáší a plave.

Potřeby: gumový balónek, akvarijní hadička, gumička, plastová láhev, kádinka, laboratorní váhy, závaží, drátek

Příprava: Z balónku a akvarijní hadičky nejprve vyrobte jednoduchý Archimédův výtah. Do otevřeného konce balónku zasuněte akvarijní hadičku. Ústí balónku pevně stáhněte gumičkou tak, aby byla hadička dobře utěsněna. Kolem hadičky zasunuté v balónku omotejte drátek a připevněte k němu závaží.

Uřízněte vrchní část plastové láhve. Pod uříznutý okraj vyvrtejte malý otvor, jímž protáhněte krátký kousek hadičky. Otvor kolem hadičky utěsněte lepidlem. Plastovou nádobu naplňte až k otvoru vodou.

Provedení: Archimédův výtah se závažím zvažte. Poté váhy umístěte pod ústí hadičky vyčnívající z nádoby a postavte na ně prázdnou kádinku. Váhy zapněte a vytárujte. Ponořte Archimédův výtah do nádoby s vodou. Pomalu nafukujte balónek do doby, než se začne ve vodě vznášet. Zvažte vodu, která vytekla z nádoby. Nafukujte balónek, dokud nebude plavat na hladině. Opět zvažte vodu, která vytekla.



Obr. 55: Jednoduchý Archimédův výtah

Pozorování: Po ponoření Archimédova výtahu do nádoby a při nafukování balónek vytékala z plastové láhve voda. Její hmotnost se rovnala hmotnosti Archimédova výtahu se závažím v momentě, kdy se zatížený balónek vznášel ve vodě. Hmotnost vody, která vytekla z nádoby, se zvýšila, když balónek vyplaval na hladinu.

Vysvětlení: Pokud se těleso ve vodě vznáší, jeho tíha se rovná tíze kapaliny, kterou těleso vytlačuje. Hmotnost vytlačené vody se tedy musí rovnat hmotnosti vznášejícího se Archimédova výtahu. Těleso bude plavat, pokud je tíha vytlačené vody větší než tíha tělesa.

Závěr: Pokus dokazuje, že pokud se těleso vznáší, rovná se jeho tíha tíze vody, kterou těleso vytlačuje.

9.7.15 Časovaný Archimédův výtah

Zaměření: demonstrační, skupinový žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák aplikuje poznatky o plavání na těleso s proměnlivou hustotou. Je schopen vysvětlit, proč tělesa během pokusu vyplavala na hladinu.

Potřeby: balónek, provázek, závaží, kousek látky, sůl, akvárium s vodou

Příprava: Nafoukněte a zavažte gumový balónek. K balónku přivažte závaží a obě tělesa vložte do vody. Hmotnost závaží zvolte tak, aby nad hladinu vyčnívalo méně než polovina balónku. K balónku připevněte ještě jedno stejně těžké závaží a přesvědčte se, že soustava klesne na dno nádoby. Nyní můžete druhé závaží odebrat a místo něj k balónku připevnit hrst soli zabalenou do

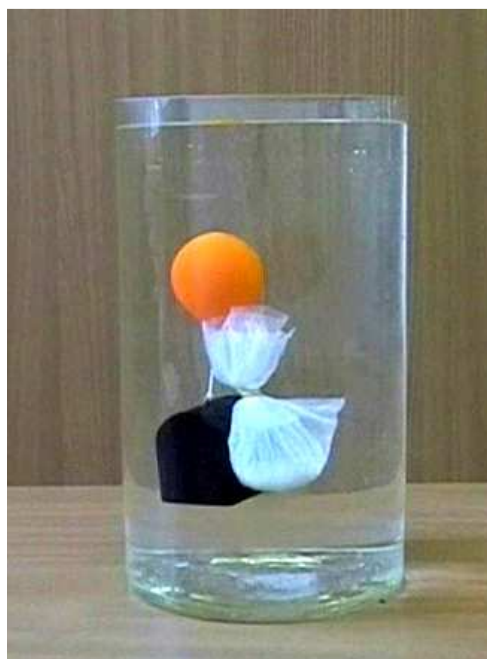
kousku látky. Hmotnost soli by měla být o něco vyšší, než je hmotnost závaží.

Provedení: Nafouknutý balónek, ke kterému je provázkem připevněno závaží a pytlík se solí, ponořte do vody. Sledujte chování ponořených těles.

Pozorování: Soustava se potopí ke dnu. Po chvíli však balónek s přivázanými tělesy vyplave na hladinu.

Vysvětlení: Průměrná hustota soustavy je větší než hustota vody, proto se všechna tělesa potopí na dno nádoby. Sůl zabalená v látce se však ve vodě pomalu rozpouští, klesá tak celková hustota celé soustavy a ponořené předměty stoupají vzhůru. Rozpuštěná sůl zároveň zvyšuje hustotu okolní kapaliny, čímž se zvyšuje vztlačová síla působící na ponořená tělesa.

Motivace: Pokus je možné uvést například motivačním vyprávěním popisujícím příběh lodi hledačů pokladů, kteří se na rozlehlém jezeře snaží uniknout před svými pronásledovateli. Aby zvýšili rychlost své lodě, potřebují odhodit veškeré těžké předměty, které vezou. Všechny truhly s poklady, které našli, tedy musí hodit do jezera. Protože však o nalezené cennosti nechtějí přijít, vymysleli způsob, jak chytře ukrýt poklady tak, aby se pro ně mohli za několik hodin, až budou pronásledovatelé pryč, v klidu vrátit a bez větší námahy je opět naložit.



Závěr: Experiment demonstruje změnu polohy tělesa v kapalině v závislosti na jeho měnící se průměrné hustotě. Obr. 56: Časovaný Archimédův výtah

Video: „Časovaný Archimédův výtah“ – délka trvání: 78 s
Na videoukázce je vidět vkládání tří navzájem spojených předmětů (nafouknutého balónku, závaží a pytlíku soli) do vysoké nádoby s vodou. Závaží i pytlík soli leží na dně nádoby, nafouknutý balónek je k nim připoután provázkem, přesto se vznáší ve vodě. Po rozpuštění přibližně poloviny pytlíku soli je voda poblíž dna nádoby solí nasycena. Těžké závaží se nachází na rozhraní vody a roztoku vody se solí. Celá soustava těles se po dalším snížení její hustoty pomalu zvedá k hladině.

Pokus probíhal více než 10 minut, proto byl videozáznam sestříhán. Zcela byla vypuštěna počáteční poměrně statická část, kdy závaží a pytlík se solí leží na dně a lze pozorovat pouze mírné stoupání pytlíku, ve kterém se rozpouští sůl. Prostřední část videa, na níž je vidět, jak balónek stoupá, je desetnásobně zrychlena. Závěrečná část stoupání celé soustavy těles vzhůru je zrychlena dvojnásobně.

9.7.16 Plovoucí svíčka¹¹

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák aplikuje poznatky o plavání těles. Dokáže objasnit chování plovoucí svíčky ve vodě.

Potřeby: nádoba s vodou, svíčka, zápalky, modelovací hmota

Provedení: Svíčku zatěžte na jejím dolním konci pomocí modelovací hmoty tak, aby ve vodě plavala vzpřímeně a aby po vložení do nádoby sahala hladina k jejímu hornímu okraji. Zapalte knot a sledujte, po jaké době svíčka zhasne.

Pozorování: Přestože voda sahá k hornímu okraji svíčky a zdá se, že musí brzy zhasnout, svíčka svítí až do doby, než se její podstatná část roztaví.

Vysvětlení: Svíčka plave ve vodě, protože její průměrná hustota je nižší, než je hustota vody. Pokud svíčka hoří, snižuje se její objem a kvůli konstantní zátěži z plastelíny se pomalu zvyšuje její průměrná hustota. V okamžiku, kdy je průměrná hustota svíčky dostatečně veliká, hladina okolní vody dosáhne až ke knotu a svíčka zhasne.

Závěr: Pokus ověřuje, jakým způsobem se v kapalině chová těleso s proměnlivou hustotou. Na první pohled se zdá, že by plovoucí svíčka měla zhasnout po několika málo minutách. To se však
Obr. 57: Plovoucí svíčka

Video: „Plovoucí svíčka“ – délka trvání: 47 s
V kádince s vodou plave svíčka, která je na spodní části zatížena modelovací hmotou. Svíčka po zapálení hoří necelých 45 minut. Videoukázka zachycuje, jak se mění objem hořící svíčky. Na zrychleném záběru je vidět, že se svíčka zkracuje od spodního konce směrem vzhůru k hořícímu plameni.



9.8 Rozšiřující úlohy o plavání těles

Má-li vyučující dostatek času, může do výuky zařadit některou z následujících problémových úloh, které mají za úkol přimět žáka k hlubšímu zamyšlení nad problematikou plavání těles.

9.8.1 Ledovec²⁰

Zaměření: demonstrační, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, proč se po roztátí nezvýší hladina vody v kádince.

Potřeby: kádinka s vodou, potravinářské barvivo, oblázek

- Příprava:** Z vody obarvené potravinářským barvivem vyrobte tři různé kusy ledu. První bude tvořen pouze ledem, ve druhém nechte zamrznout oblázek a třetí upravte tak, aby uvnitř obsahoval vzduchovou dutinu.
- Provedení:** Do kádinky s vodou vložte kus ledu. Vodu dolijte až k okraji nádoby (Obr. 58). Sledujte, jestli po roztátí ledu voda vyteče z nádoby. Pokus zopakujte pro zbylé dva kusy ledu. Pozorujte, jak se bude během tání ledu měnit hladina vody v nádobě.
- Pozorování:** Poté, co roztaje, první kus ledu, se výška vody v kádince nezměnila. Po roztátí ledu, v němž je zamrzlý kámen, se hladina vody v kádince snížila. Nao-pak roztaje-li led se vzduchovou duti-nou, hladina vody se zvýší a kapalina vytekla ven z kádinky.
- Vysvětlení:** Pokud je v kádince ponořen samotný kus ledu, pak tíha vody, která je vytla-čena jeho ponořenou částí, je stejná ja-ko tíha celého kusu ledu, tedy také vo-dy, která z ledu vznikne, když roztaje. Proto se výška hladiny kapaliny ne-změní. Soustava tvořená ledem se za-mrzlým oblázkem klesne ke dnu, pro-tože její hustota je vyšší než hustota vody. Oproti předchozímu případu je však vytlačeno větší množství vody, tudíž po roztátí ledu hladina vody v nádobě klesne. Led obsahující vzduchovou dutinu má nejnižší průměrnou hustotu ze všech uvedených případů, takže vytlačí nejméně kapaliny. Hladi-na vody v nádobě se po roztátí ledu se vzduchovou dutinou zvýší.
- Motivace:** Učitel může uvést experiment otázkou, jestli by stoupla hladina moří, pokud by roztály všechny ledovce a ledové kry plovoucí v moři. Pokus ukazuje, že by se hladina moří nezvýšila. K tomuto jevu by však jistě vedlo roztátí pev-ninských ledovců.
- Závěr:** Experiment aplikuje poznatky o plavání těles na případě tří kusů ledu o růz-né hustotě, které roztají ve vodě.



Obr. 58: Ledovec

9.8.2 Záhada plovoucího dřeva²⁷

- Zaměření:** demonstrační experiment
- Kognitivní cíl:** Žák aplikuje znalosti Archimédova zákona na problematiku plavání těles. Je schopen vysvětlit, proč jsou na konci pokusu váhy v rovnováze.
- Potřeby:** rovnoramenné váhy, dvě kádinky s vodou, dřevěný kvádřík
- Provedení:** Na obě misky rovnoramenných vah položte jednu kádinku. Do pravé kádinky vložte dřevěný kvádřík. Obě nádoby naplňte až po okraj vodou. Odare-tujte váhy a sledujte, na jakou stranu se vahadlo přikloní.
- Pozorování:** Váhy jsou v rovnováze.

Vysvětlení: Dřevěný kvádřík je podle Archimédova zákona nadlehčován vztlakovou silou rovnající se tíhové síle působící na vodu, kterou kvádřík vytlačil. Tíhová síla vytlačené vody se tedy rovná tíze plovoucího dřeva. Tíhová síla působící na obě kádinky je proto stejná.



Závěr: Na první pohled se zdá, že váhy by se měly přiklonit na stranu kádinky s plovoucím dřevem. Vahadlo je však v rovnováze (Obr. 59). Tento zdánlivý rozpor má za cíl přimět žáky hlouběji přemýšlet o problematice plavání těles.

Obr. 59: Záhada plovoucího dřeva

Video: „Záhada plovoucího dřeva“ – délka trvání: 20 s
První část videoukázky znázorňuje rovnoramenné váhy, na jejichž miskách jsou položeny dvě kádinky. Hladina vody dosahuje v obou kádinkách do stejné výšky, v nádobě umístěné na levé misce však plave kousek dřeva. Váhy jsou po odaretování v rovnováze. Ve druhé části videa jsou na miskách položeny sklenice plné vody. V levé sklenici plavou krátké kusy dřeva. I v tomto případě jsou váhy v rovnováze.

9.8.3 Archimédův prst²⁷

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák aplikuje znalosti Archimédova zákona na případ tělesa ponořeného do nádoby s vodou.

Potřeby: rovnoramenné váhy, kádinka s vodou

Provedení: Na laboratorní váhy položte kádinku naplněnou asi ze dvou třetin vodou. Váhy vyvažte. Do kádinky vložte ukazovák. Sledujte, jestli se poruší rovnováha.

Pozorování: Po ponoření prstu do kádinky s vodou se rovnováha porušila. Miska s kádinkou klesla dolů.



Obr. 60: Archimédův prst

Vysvětlení: V pokusu (9.8.2), kdy dřevěný předmět plaval v kádince po okraj naplněné vodou, byly váhy v rovnováze, protože hmotnost vody vytlačené dřevem

ven z nádoby se rovnala hmotnosti plovoucího tělesa. V tomto případě však voda z nádoby nevytekla. Ponoření prstu má za následek zvýšení tíhy kádinky a tedy i hodnoty zobrazované laboratorními váhami.

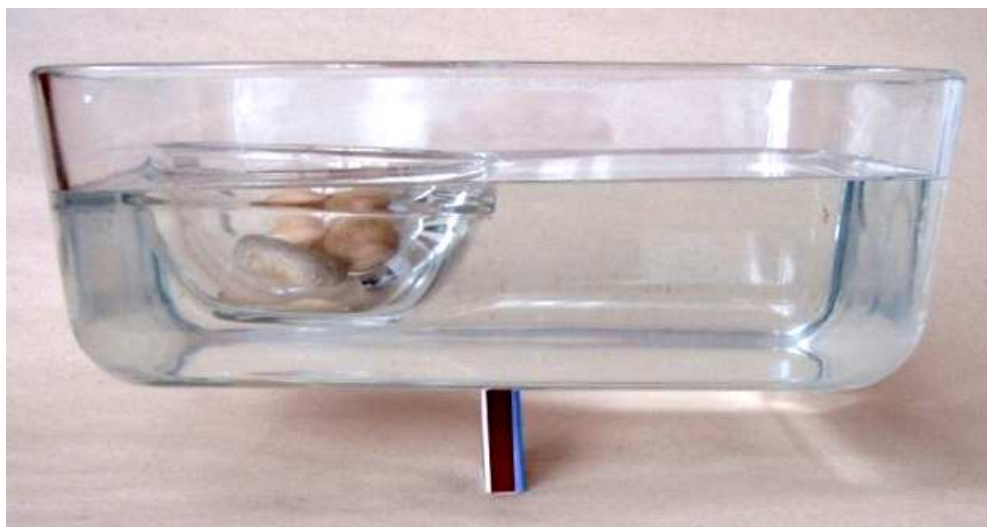
Závěr: Pokus motivuje žáka k hlubšímu zamyšlení nad problematikou plavání těles.

Video: „Archimédův prst“ – délka trvání: 6 s
Na videoukázce je vidět vychýlení rovnoramenných vah poté, co je do kádinky s vodou vložen prst.

9.8.4 Vratká nádoba²⁰

Zaměření: demonstrační, frontální, domácí žákovský experiment

Kognitivní cíl: Na základě znalostí Archimédova zákona a podmínek plavání těles žák dokáže objasnit, proč se vratká nádoba po vložení misky s oblázky nepřevrhne.



Obr. 61: Vratká nádoba

Potřeby: nádoba s vodou, krabička sirek, miska, oblázky

Provedení: Větší nádobu s vodou umístíte na krabičku sirek tak, aby ji podpírala v těžišti. Na hladinu vody položte poblíž okraje nádoby misku obsahující oblázky nebo jiné závaží. Sledujte, jestli se poruší rovnováha a nádobka s vodou se převrátí. Poté misku z vody vyjměte a na dno nádoby umístíte samotné závaží. Opět sledujte, zda-li se poruší rovnováha.

Pozorování: Rovnováha nádoby s vodou se neporuší ani v případě, že miska plave v blízkosti okraje nádoby. Pokud však stejné místo nádoby zatížíme závažím, dojde k porušení rovnováhy a k převrnutí nádoby.

Vysvětlení: Jestliže miska ve vodě plave, musí se její tíha rovnat vztlakové síle vody, která na ni působí. Tíha vody, kterou miska vytlačila se rovná tíze misky. Situace je tedy stejná, jako bychom misku s oblázky nahradili vodou. Položíme-li na dno nádoby oblázky, pak je jejich tíha větší, než je tíha vytlačené vody. Vznikne nenulový moment tíhy oblázků vzhledem k ose otáčení, který může způsobit porušení rovnovážné polohy nádoby s vodou.

Závěr: Na první pohled se zdá, že by miska s kamínky, která plave na samém okraji, měla vratkou nádobu převrátit. To se ale nestane. Experiment je obdobou pokusu (9.8.2.) Navozuje zdánlivě paradoxní situaci, která přiměje žáky hlouběji přemýšlet o vlastnostech plovoucích těles a o podmínkách plavání.

9.9 Pascalův zákon

Pascalův zákon platí v kapalině v uzavřené nádobě, na jejíž hladinu působí vnější tlaková síla. Jedná se o zvláštní případ, kdy je abstrahováno od tíhové síly působící na kapalinu. Voda tekoucí vlivem působení vnější tlakové síly ven z nádoby se chová jinak, než pokud na ni působí pouze tíhová síla země. Aby tyto dva jevy nebyly zaměňovány, je kapitola zabývající se Pascalovým zákonem umístěna na závěr.

Úvodní pokusy se zabývají demonstrací Pascalova zákona. Poslední pokus je věnován aplikaci Pascalova zákona na případ jednoduchého hydraulického zařízení.

9.9.1 Ježík²³

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit, jak se změní tlak v kapalině v uzavřené nádobě, pokud na její hladinu působí tlaková síla.

Potřeby: ježík s kovovým pístem, obarvená voda, akvárium s vodou

Provedení: Vytažením pístu naplníte ježíka vodou. Stlačte píst a pozorujte vodu proudící z otvorů nádoby.

Pozorování: Po stlačení kovového pístu začne z otvorů proudit voda. Všechny proudy vody jsou přibližně stejné.

Vysvětlení: Stlačení pístu působícího na hladinu vody v uzavřené nádobě vyvolá změnu tlaku v kapalině. Všechny otvory ježíka jsou stejné, proto v nich musí na vodu působit stejně velká tlaková síla, jenž způsobí, že všechny proudy vody jsou stejné.



Obr. 62: Pascalův ježík³⁵

Poznámka: Pokus s ježíkem je poměrně efektní, avšak výše popsané provedení není vzhledem k vodě stříkající z nádoby příliš praktické. Ježík demonstruje Pascalův zákon stejně dobře, pokud je ponořen do akvária s vodou. Vodu v nádobce s pístem je vhodné obarvit potravinářským barvivem, aby proudění vody bylo výraznější.

Modifikace: Ježíka s kovovým pístem lze nahradit plastovou láhví, která má v místě kolem uzávěru několik malých otvorů. Nádobu naplníte vodou až k otvorům a uzavřete ji. Láhev nakloňte dnem vzhůru a zmáčknete.

Motivace: S Pascalovým zákonem se žáci mohou běžně setkat například v létě při zalévání zahradní hadicí. Pro zalévání musí být v hadici dostatečný tlak. Dojde-li k poškození hadice, voda bude stříkat nejen z volného konce, ale i z poškozeného místa.

Závěr: Na základě skutečnosti, že voda stříká ze všech otvorů přibližně stejně prudce, si žáci ověří, že je tlak ve všech místech kapaliny stejný, čímž se potvrdí platnost Pascalova zákona.

Video: „Pascalův ježek“ – délka trvání: 26 s
Video ukazuje proudění obarvené vody z „ježka“ ponořeného do akvária s vodou.

9.9.2 Sklenice s trubičkami²³

Zaměření: demonstrační experiment

Kognitivní cíl: Žák je schopen vlastními slovy formulovat Pascalův zákon.

Potřeby: zavařovací sklenice, zátka, čtyři průhledné trubičky, gumový balónek

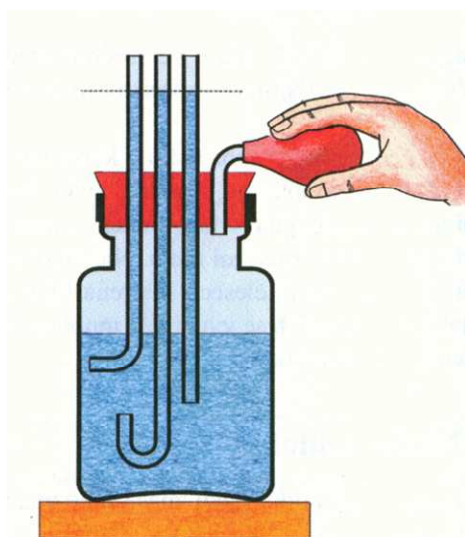
Příprava: Do zátky vyvrtejte čtyři otvory, do nichž vsuňte čtyři trubičky. Trubičky jsou různě dlouhé a zahnuté. Čtvrtá trubička je nejkratší, končí těsně pod uzávěrem. Zavařovací sklenici částečně naplňte vodou a pevně ji uzavřete upravenou zátkou. Ve sklenici sahají tři trubičky do různé hloubky vody. K ústí čtvrté trubičky, která končí nad hladinou, připojte gumový balónek.

Provedení: Stiskněte gumový balónek a sledujte, jak se změní výška hladiny v trubičkách (Obr. 63).

Pozorování: Voda ve všech třech trubičkách vystoupí do stejné výšky.

Vysvětlení: Vzduch, který je po stisknutí balónku stlačen nad hladinou kapaliny, vyvolá podobně jako píst ježíka z pokusu (9.9.1) změnu tlaku v kapalině. Protože tlak je ve všech místech kapaliny stejný, voda v trubičkách vystoupí do stejné výšky.

Závěr: Hladina vody v trubičkách, jenž po stlačení gumového balónku vystoupila do stejné výšky, dokázala, že ve všech místech kapaliny v nádobě je stejný tlak. Experiment je na rozdíl od pokusu s ježíkem méně atraktivní, o to více je však názorný.



Obr. 63: Sklenice s trubičkami²³

9.9.3 Pascalův svícen

Kognitivní cíl: Žák dokáže popsat, jakým způsobem se změní tlak v kapalině v uzavřené nádobě, na jejíž hladinu působí tlaková síla.

Potřeby: plastová láhev, akvarijní hadičky, těsnící kroužky, injekční stříkačka 20 ml, šest injekčních stříkaček 2 ml, plexisklo

Příprava: Z plexiskla vyřízněte tenký proužek a do jeho středu vyvrtejte díru o stejném průměru jako má velká injekční stříkačka, dále do něj vyvrtejte šest děr o průměru akvarijních hadiček. Takto upravený proužek položte na hrdlo plastové láhve. Odřízněte dno velké injekční stříkačky, provlékněte ji otvorem v plexiskle a přilepte ji k hrdlu plastové láhve. Do boku láhve vyvrtejte šest děr, vložte do nich těsnící kroužky a vsuňte akvarijní hadičky. Těsnící kroužky musí mít vnitřní průměr shodný, nebo o něco málo menší, než je vnější průměrem hadiček. Volné konce hadiček provlékněte otvory

v plexiskle a opatřete je malými injekčními stříkačkami. Nádobu naplňte vodou až po okraj velké injekční stříkačky, kterou poté zavřete pístem.

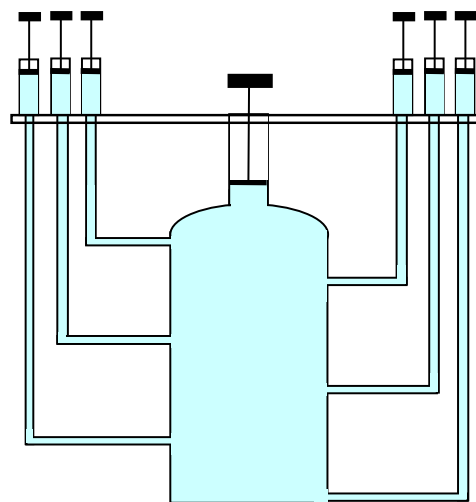
Provedení: Pomalu stlačte píst velké stříkačky a sledujte pohyb pístů malých injekčních stříkaček.

Pozorování: Po stlačení hlavního pístu vyjedou ve stejný okamžik všechny písty malých stříkaček do stejné výšky (Obr. 64).

Vysvětlení: Pokus je důkazem toho, že tlak uvnitř nádoby vyvolaný vnější tlakovou silou působící na hladinu kapaliny je ve všech místech stejný.

Poznámka: Bohužel se velmi často stává, že malé písty mají různou tuhost, tudíž se každý posune do jiné výšky. V tomto případě lze pokus upravit tak, že namísto pístů vložíme do malých stříkaček kousky obarveného polystyrénu či dřevěné kuličky.

Závěr: Experiment pomáhá pochopit podstatu Pascalova zákona. Stlačením pístu velké injekční stříkačky působí na hladinu kapaliny v uzavřené nádobě tlaková síla, která vyvolá změnu tlaku v kapalině. Tlak je ve všech místech kapaliny stejný, což se projeví stejným pohybem pístů v malých injekčních stříkačkách.



Obr. 64: Pascalův svícen

Experiment je alternativou k pokusu (9.9.2), při němž je změna tlaku v kapalině vyvolána stlačením balónku. V tomto případě působíme na hladinu vody pístem injekční stříkačky, který lépe znázorňuje tlakovou sílu.

Video: „Pascalův svícen“ – délka trvání: 20 s

Na širokém záběru je vidět, jak Pascalův svícen funguje. Následný detailní záběr zachycuje pohyb dřevěných kuliček v ústích třech malých injekčních stříkaček.

9.9.4 Model hydraulického zařízení²³

Zaměření: demonstrační, frontální žákovský experiment

Kognitivní cíl: Žák dokáže vysvětlit princip hydraulických zařízení a uvést příklady jejich užití v praxi.

Potřeby: dvě různě veliké injekční stříkačky, akvarijní hadička, závaží, stativ

Příprava: Větší injekční stříkačku a akvarijní hadičku naplňte vodou. Píst malé stříkačky stlačte tak, aby z ní byl vytlačen vzduch. Obě injekční stříkačky propojte hadičkou. Dejte pozor, aby ve spojených nádobách nebyly vzduchové bubliny. Vytvořené hydraulické zařízení umístěte do stativu.

Provedení: Na píst menší stříkačky položte závaží o hmotnosti 200 g. Stlačte píst větší stříkačky. Poté závaží položte na velký píst a pokus zopakujte. Určete, ve kterém případě bylo ke zdvihnutí závaží zapotřebí větší síly.

Pozorování: Zvedání závaží je snazší při stlačování pístu malé injekční stříkačky. Naopak při stlačování velkého pístu je zapotřebí působit větší silou.

Vysvětlení: Obsah plochy pístu menší stříkačky je $S_1 = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$, plocha pístu větší stříkačky má obsah $S_2 = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$. Velký píst zatížený závažím působí na hladinu kapaliny tlakovou silou rovnající se tíhové síle působící na závaží $F_2 = F_g = 2 \text{ N}$. Působení zatíženého pístu vyvolá změnu tlaku v kapalině. Podle Pascalova zákona bude tlak ve všech místech kapaliny stejný, jeho velikost je $p = F_2 : S_2 = 6,4 \text{ kPa}$. Na menší píst tedy působí tlaková síla $F_1 = p \cdot S_1 = 0,7 \text{ N}$. Pro zdvihnutí závaží umístěného na velkém pístu stačí stlačit malý píst menší než poloviční silou, než je tíha závaží. Stejným způsobem můžeme vypočítat, že je-li závaží umístěno na malém pístu, na velký píst je nutné působit silou $F_2 = 5,6 \text{ N}$. Z výpočtů dále vyplývá, že tlakové síly působící na písty hydraulického zařízení jsou ve stejném poměru jako obsahy pístů $F_1 : F_2 = S_1 : S_2$.



Obr. 65: Model hydraulického zařízení

Motivace: Přenos a zvyšování tlakové síly se běžně používá v hydraulických zařízeních, jakými jsou například hydraulický zvedák či hydraulický lis.

Závěr: Žák zjistí, že působením poměrně malé síly na malý píst hydraulického zařízení je možné lehce zdvihnout těžká závaží. Dále pozná, že tlakové síly působící na písty hydraulického zařízení jsou ve stejném poměru jako obsahy pístů.

10 Závěr

Cílem mé rigorózní práce bylo nalézt možnosti zvýšení motivace žáků při výuce mechaniky kapalin na základní škole. Práce je zaměřena na experimentální podporu výuky. Dílčími cíli bylo analyzovat současný stav výuky mechaniky kapalin na základní škole a provést rozbor možností její experimentální podpory.

Úvodní část práce je věnována didaktice. Vymezuje pojem a předmět zkoumání této vědní disciplíny. Zabývá se didaktickými zásadami, jenž mají zajistit efektivnost výuky. Pojednává o cílech výuky, popisuje jejich hierarchii, současné pojetí, taxonomie a zásady pro jejich stanovení. Krátce se zmiňuje o výukových metodách, uvádí jejich klasifikaci a zaměřuje se na aktivizující metody výuky fyziky. Značný prostor je věnován školskému experimentu, jeho klasifikaci, didaktickým požadavkům, které by pokus prováděný ve škole měl splňovat, metodice přípravy a provádění experimentu a možnostem uplatnění videoukázek zachycujících experiment ve školské fyzice. Kromě didaktiky se úvodní část zabývá i problematikou motivace a aktivizace žáků při výuce fyziky. Tato kapitola popisuje potřeby žáků a možnosti, jak je rozvíjet.

Druhá část práce se zabývá mechanikou kapalin na základní škole. Nejprve je proveden teoretický rozbor učiva, které předepisuje Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Stručně jsou vysvětleny nejdůležitější pojmy hydrostatiky a je upozorněno na hlavní problémy spojené s jejich zaváděním ve školské fyzice. Na závěr je porovnávána struktura učiva mechaniky kapalin ve čtyřech nejnovějších učebnicích fyziky pro základní školu.

Experimentální podpoře hydrostatiky je věnována devátá kapitola, která obsahuje ucelený soubor pokusů sestavený tak, aby se žáci základní školy či nižšího ročníku víceletého gymnázia seznámili s problematikou mechaniky kapalin. Soubor byl vytvořen s ohledem na didaktické zásady a současné pojetí výukových cílů. Každý experiment je podrobně popsán. Kromě seznamu potřebných pomůcek, pokynů pro sestavení a provedení experimentu a názorné ilustrační fotografie, je u pokusů uveden kognitivní cíl, který s využitím aktivních sloves popisuje konkrétní znalost či dovednost, jenž si žák má prostřednictvím experimentu osvojit. Snažil jsem se, aby pokusy byly pro žáky zajímavé a aby poukazovaly na praktické užití fyzikálního jevu. Vybrané experimenty byly natočeny digitální videokamerou. Videoukázky jsou součástí přiloženého CD-ROMu. Kromě dobře známých pokusů popsaných v učebnicích a odborné literatuře jsou do souboru zařazeny experimenty zcela nové. Při jejich vytváření byl kladen důraz na jednoduchost potřebných pomůcek a vlastního provedení. Řada z nově navržených experimentů byla s úspěchem předvedena na konferencích, jakými jsou Veletrh nápadů učitelů fyziky 13 nebo Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 4. Experiment (9.3.5) byl natočen profesionálním kameramanem a pořízené video bylo pro účely nakladatelství Fraus zařazeno do interaktivní učebnice Fyzika 7. Doufám, že i ostatní pokusy naleznou uplatnění ve školské praxi a že učitelům pomohou při výuce hydrostatiky.

V budoucí disertační práci bych se rád dále věnoval problematice experimentální podpory výuky mechaniky kapalin na základní škole a zaměřil se na výzkum efektivity nově navržených pokusů.

11 Seznam použité literatury a internetových zdrojů

1. *Klíčové kompetence v základním vzdělávání*. Praha: VÚP, 2007. ISBN 978-80-87000-07-6
2. *Rámcově vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 9. 2007)*. VÚP Praha, 2007.
3. BĚLAŘ, A. *Fyzika pro učitele. I. díl*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1967
4. BOLEK, J. *Tři jednoduché pokusy*. sborník konference Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání 2. Plzeň 1997.
5. BRDIČKA, M. et al. *Mechanika kontinua*. 2. vyd., opr. Praha: Academia, 2000. 799 s. ISBN 80-200-0772-5
6. BYČKOVSKÝ, P. KOTÁSEK, J. *Nová teorie klasifikování kognitivních cílů ve vzdělávání: Revize Bloomovy taxonomie*. čas. Pedagogika, roč. LIV, 2004.
7. ČÁBALOVÁ, D. *Pedagogika pro učitele – modul B (elektronický zdroj)*. Plzeň: ZČU v Plzni, 2007. ISBN 978-80-7043-593-9
8. ČÁP, J., MAREŠ, J. *Psychologie pro učitele*. 1. vyd. Praha: Portál, 2001. 655 s. ISBN 80-7178-463-X
9. FENCLOVÁ, J. *Didaktické myšlení a jednání učitele fyziky*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982. 195 s.
10. FENCLOVÁ, J. *Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982. 160 s.
11. FUKA, J. et al. *Pokusy z fyziky na základní škole*. 1. vydání, Praha: SPN, 1985. 365 s.
12. FUKA, J., LEPIL, O., BEDNAŘÍK, M. *Didaktika fyziky*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1981. 321 s.
13. GERSTMEIER, R., ROMIG, T. *Sladkovodní ryby Evropy*. Praha: Víkend, 2003. 366 s. ISBN 80-7222-307-0
14. JÁCHIM, F., TESAŘ, J. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. 1. vyd. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, a. s., 1999. 151s. ISBN 80-7235-116-8
15. JANÁS, J. *Kapitoly z didaktiky fyziky*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 1996. 146 s. ISBN 80-901619-7-9
16. JANÁS, J., TRNA, J. *Konkrétní didaktika fyziky I*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 1999. 87 s. ISBN 80-210-2056-3
17. KALHOUS, Z., OBST, O. *Didaktika sekundární školy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2003. 186 s. ISBN 80-244-0599-7
18. KALHOUS, Z., OBST, O. et al. *Školní didaktika*. 1. vyd. Praha: Portál, 2002. 448 s. ISBN 80-7178-253-X
19. KAŠPAR, E. et al. *Didaktika fyziky, obecné otázky*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978. 355 s.
20. KAŠPAR, E. et al. *Problémové vyučování a problémové úlohy ve fyzice*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982. 362 s.
21. KLUVANEC, D. et al. *Vybrané kapitoly z didaktiky fyziky*. Nitra: Pedagogická fakulta

- v Nitře, 1992, 210 s. ISBN 80-85183-83-8
22. KOLÁŘOVÁ, R., BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 7. ročník ZŠ*. 1. vydání, Praha: Prometheus, 1998. 271 s. ISBN 80-7196-119-1
 23. KOLÁŘOVÁ, R., BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. 2. vyd. Praha: Prométheus, 2003. 203 s. ISBN 80-7196-265-1
 24. KRAUS, J. et. al. *Nový akademický slovník cizích slov A-Ž*. 1. vyd. Praha: Academia, 2005. 879 s. ISBN 978-80-200-1351-4
 25. LORBER, G., NELSONOVÁ, L. *Fyzikální pokusy pro děti*. Praha: Portál, 1998. 220 s. ISBN 80-7178-181-9.
 26. MACHÁČEK, M. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia 2. díl*. 1. vydání, Praha: Prométheus, 1999. 80 s. ISBN 80-7196-130-2
 27. MACHÁČEK, M. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vyd. Praha: Prométheus, 2001. 160 s. ISBN 80-7196-217-1
 28. MAŇÁK, J. *Nárys didaktiky*. 5. dotisk 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1995. 104 s. ISBN 80-210-1124-6
 29. MAŇÁK, J., ŠVEC, V. *Výukové metody*. 1. vyd. Brno: Paido, 2003. 219 s. ISBN 80-7315-039-5
 30. NELEŠOVSKÁ, A., SPÁČILOVÁ, H. *Didaktika III*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 1999. 39 s. ISBN 80-7067-795-3
 31. PAVELKOVÁ, I. *Motivace žáků k učení*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2002. 250 s. ISBN 80-7290-092-7
 32. PETTY, G. *Moderní vyučování*. 3. vyd. Praha: Portál, 2004. 380 s. ISBN 80-7178-978-X
 33. RAUNER, K. et al. *Fyzika 7. Učebnice základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2005. 120 s. ISBN 80-7238-431-7
 34. RAUNER, K. et al. *Fyzika pro 7. Pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2005. 120 s. ISBN 80-7238-432-5
 35. RAUNER, K. et al. *Fyzika pro 7. Příručka učitele*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2005. 114 s. ISBN 80-7238-433-3
 36. ROJKO, M. et al. *Fyzika kolem nás (Fyzika 3 pro základní a občanskou školu)*. Praha: Scientia, 1997. 89 s. ISBN 80-7183-101-8
 37. SAAN, A. *101 Experimente mit Wasser (Gebundene Ausgabe)*. 1. vyd. Verla, 2008. 144 s. ISBN-10: 3897774259
 38. SCHINCK, P., SCHINCK, A. *Potápění: výstroj, rizika, potápěčské kurzy*. Rebo Production CZ, 2007. 233 s. ISBN 978-80-7234-704-9
 39. SKALKOVÁ, J. *Obecná didaktika*. 2. vyd. Praha: Grada, 2007. 328 s. ISBN 978-80-247-1821-7
 40. SVOBODA, E., KOLÁŘOVÁ, R. *Didaktika fyziky Základní a střední školy, Vybrané kapitoly*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2006. 230 s. ISBN 80-246-1181-3
 41. TESAR, J., JÁCHIM, F. *Fyzika pro 3 pro základní školu*. 1. vyd. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, a. s., 2009. 120 s. ISBN 978-80-7235-414-6

42. TRNA, J. *Několik pokusů z mechaniky kapalin a plynů*. sborník konference Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání 2. Plzeň, 1997.
43. VACHEK, J., LEPIL, O. *Modelování a modely ve vyučování fyzice*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1980. 222 s.
44. VALIŠOVÁ, A., KASÍKOVÁ, H. *Pedagogika pro učitele*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 404 s. ISBN 978-80-247-1734-0
45. VERNE, J. *Dvacet tisíc mil pod mořem*. 5. vydání, Praha: Albatros, 1976. 382 s.
46. VOTRUBA, V. et al. *Archimédův Zákon neplatí*. sborník konference Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání 7. Praha 2002.
47. Wikipedie. Datum poslední revize: 6. 7. 2009 (cit. 8. 7. 2009). Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Panama_Canal>

12 Seznam obrázků a příloh

Obr. 1:	Základní problémové oblasti didaktiky fyziky.....	10
Obr. 2:	Struktura cílů základního vzdělávání se zaměřením na výuku fyziky	19
Obr. 3:	Srovnání původní a revidované Bloomovy taxonomie	21
Tab. 1:	Taxonomická tabulka	21
Obr. 4:	Závislost výkonu žáka na míře jeho motivovanosti	37
Obr. 5:	Tlaková síla působící kolmo na plochu dS	49
Obr. 6:	Hydrostatické paradoxon.....	51
Obr. 7:	Hydraulický lis	52
Obr. 8:	Plošné síly působící na stěny krychle, která je zcela ponořena v kapalině	53
Obr. 9:	Tři tělesa stejného objemu, ale různé hustoty v kapalině.....	53
Obr. 10:	MACHÁČEK, M. Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia. 2001	55
Obr. 11:	KOLÁŘOVÁ, R., BOHUNĚK, J. Fyzika pro 7. ročník základní školy. 2003...	56
Obr. 12:	RAUNER, K. et al. Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia. 2005	56
Obr. 13:	TESAŘ, J., JÁCHIM, F. Fyzika pro 3 pro základní školu. 2009	57
Obr. 14:	Nestlačitelnost kapalin	60
Obr. 15:	Mince na hladině.....	60
Obr. 16:	Využití změny povrchového napětí vody	61
Obr. 17:	Smáčení stěn kapalinou.....	62
Obr. 18:	Působení tlakové síly kapaliny na stěnu	63
Obr. 19:	Působení tlakové síly kapaliny na stěnu ponořené nádoby.....	64
Obr. 20:	Působení tlakové síly kapaliny na stěnu plastové láhve	64
Obr. 21:	Pevné dno	65
Obr. 22:	Přístroj ukazující tlakovou sílu v kapalině.....	66
Obr. 23:	Závislost velikosti hydrostatického tlaku na hloubce	67
Obr. 24:	Závislost hydrostatického tlaku na hloubce	68
Obr. 25:	Poškozené lodě.....	69
Obr. 26:	Demonstrace účinků hydrostatického tlaku	70
Obr. 27:	Spojené nádoby	71
Obr. 28:	Plastové spojené nádoby	72
Obr. 29:	Hadicová libela	73
Obr. 30:	Sifon	74
Obr. 31:	Ověření Archimédova zákona.....	75
Obr. 32:	Ověření Archimédova zákona pro tělesa nepravidelného tvaru	76
Obr. 33:	Měření vztlakové síly.....	77
Obr. 34:	Archimédova rovnováha	78
Obr. 35:	Archimédova rovnováha II	79
Obr. 36:	Plavání v malém množství kapaliny	79
Obr. 37:	Které předměty plavou a které klesnou ke dnu?	80
Obr. 38:	Neposlušné vejce	82
Obr. 39:	Výměna nádoby	83
Obr. 40:	Závislost hustoty kapaliny na teplotě.....	83
Obr. 41:	Různorodá směs	84
Obr. 42:	Tančící hrozinky	85
Obr. 43:	Modelovací hmota	86
Obr. 44:	Plavání a potápění	87
Obr. 45:	Plovoucí závaží	88
Obr. 46:	Plovoucí závaží II	89
Obr. 47:	Námořnickovy rozpaky	90

Obr. 48:	Lékovka s broky	91
Obr. 49:	Akvarijní hustoměr	92
Obr. 50:	Karteziánek	93
Obr. 51:	Karteziánek na dálkové ovládání	94
Obr. 52:	Uzavřený plynový měchýř ryb.....	95
Obr. 53:	Otevřený plynový měchýř ryb	96
Obr. 54:	Archimédův výtah.....	97
Obr. 55:	Jednoduchý Archimédův výtah.....	98
Obr. 56:	Časovaný Archimédův výtah	99
Obr. 57:	Plovoucí svíčka	100
Obr. 58:	Ledovec	101
Obr. 59:	Záhada plovoucího dřeva	102
Obr. 60:	Archimédův prst.....	102
Obr. 61:	Vratká nádoba	103
Obr. 62:	Pascalův ježík.....	104
Obr. 63:	Sklenice s trubičkami	105
Obr. 64:	Pascalův svícen	106
Obr. 65:	Model hydraulického zařízení.....	107

Příloha A: CD-ROM

Příloha A

CD-ROM, který je umístěn na vnitřní straně desek, obsahuje videa k vybraným experimentům.

Resumé

The main goal of my thesis is to find options how to increase motivation of pupils during Physics education at lower-secondary schools. The thesis is focused on experimental support of education. Partial goals are analysis of actual situation in education of mechanic of fluids at lower-secondary schools and also analysis of options in its experimental support.

The introduction treats of didactics. It determines the notion and the subject of research of didactics. It concerns didactic principles, which are designed to increase the effectiveness of education. It also discuss educational objectives, it describes their hierarchy, actual conception, taxonomy and principles of their formulation. This part also mentions educational methods. There is discussed the classification of educational methods. Activating methods are described more detailed. This introduction chapter is mostly oriented on school experiments. There is treated the classification of experiments, didactics principles of school experiment presentation and possibilities of utilisation of videorecording presenting experiment in terms of Physics education. The introduction part of the thesis threats also of pupils motivation. There are described pupils needs and educational methods how to evolve them to motivate pupils to learn Physics.

The second part concerns the education of mechanics of fluids at lower-secondary schools. In the first place, there is made the analysis of actual curriculum, which prescribes all important notions that pupils have to learn during the mechanics of fluids tutorial. This chapter explains those fundamental physical notions and it also advise of possible problems coherent to its teaching. At the end there is compared structure of chapters oriented on hydromechanics in actual Physics textbooks.

The ninth chapter of this thesis is dedicated to the experimental support of hydrostatics. This chapter includes integrated collection of experiments, which are designed to help pupils at lower-secondary schools to better understand basics of hydrostatics. This collection was made with regard to didactic principles and actual conception of educational methods and objectives. Each experiment is described in detail. The description includes the list of necessary aids, instructions for preparation and realisation of experiment, illustrational photography and cognitive objective of the experiment, which describes concrete knowledge and skill that will the experiment evolve. I tried to choose attractive experiments that could interest pupils. I also preferred experiments presenting real application of physical effect. The collection includes not only well known experiments, which are described in textbooks and scientific literature, but it also presents new experiments. These experiments were designed to use simple aids. They are also easy to demonstrate. Selected experiments were filmed by digital video camera. These videos are burned on the attachment CD-ROM. Many of these new experiments were presented at didactic conferences, such as Physics Teachers' Inventions Fair 13. Experiment (9.3.5) was filmed by professional cameraman; the video has been published in interactive textbook Physics 7 by Fraus publishing. I hope that other experiments will also help teachers to explicate fundamental hydrostatics notions to pupils.

I would like to concentrate more on the question of experimental support of hydrostatics at lower-secondary schools in my future dissertation. This thesis will include the research on efficiency of new experiments.