



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra aplikované fyziky a techniky

Diplomová práce

Voda ve fyzice a fyzika ve vodě

Vypracovala: Bc. et. Bc. Hana Breburdová

Vedoucí práce: doc. PaedDr. Jiří Tesař, Ph.D.

České Budějovice

2021

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 7. 6. 2021

.....

Hana Breburdová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce doc. PaedDr. Jiřímu Tesařovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětné rady, ochotu, zájem a čas, který mi po celou dobu sepsování práce věnoval.

Anotace

Breburdová, H. (2021): Voda ve fyzice a fyzika ve vodě. Diplomová práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.

Diplomová práce se zabývá badatelskou výukou a tvorbou fyzikálních experimentů vhodných pro výuku předmětu fyziky na 2. stupni základní školy. Základním cílem této práce je navržení některých fyzikálních experimentů, ve kterých lze použít vodu, a zároveň na těchto pokusech vysvětlit základní poznatky fyziky tekutin. Dále pak sestavit pracovní list pro výuku realizovanou badatelskou metodou. Výstupem této práce jsou vybrané experimenty s vodou a pracovní list badatelské výuky na téma změna hustoty vody.

Klíčová slova

fyzika, voda, experiment, badatelská výuka, teplota, hustota, didaktika, pedagog, optika, kapilární jevy, lom světla

Abstract

Breburdová, H. (2021): Water in physics and physics in water. Diploma thesis. České Budějovice: University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Education.

This diploma thesis focuses on research-based teaching and the creation of physics experiments fit for teaching physics at the lower-secondary level of education. The primary goal of this thesis is to suggest certain physics experiments that, while allowing the use of water, also explain the basic behaviour of liquids in physics. Furthermore, it aims to create a worksheet for realised research-based. The outputs of this are selected experiments and a worksheet of research-based teaching which focus on the topic of water changing its density.

Keywords

physics, water, experiment, research teaching, temperature, density, didactics, pedagogue, optics, capillary phenomena, refraction of light

OBSAH

1. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	9
1.1 RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM A FYZIKA NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE... 9	9
1.2 BADATELSKY ORIENTO VANÁ VÝUKA	15
1.3 KOMPETENCE PEDAGOGA	18
1.4 TYPOLOGIE FYZIKÁLNÍCH POKUSŮ	19
2. FYZIKÁLNÍ ANALÝZA JEVŮ SPOJENÝCH S VODOU	21
2.1 FYZIKÁLNÍ STAVY VODY	21
2.2 PLYNNÉ SKUPENSTVÍ VODY	23
2.3 PEVNÉ A KAPALNÉ SKUPENSTVÍ	23
2.4 ANOMÁLIE VODY	28
2.5 TEPELNÁ KAPACITA VODY	30
2.6 HYDROSTATICKÁ TLAKOVÁ SÍLA	31
2.7 ARCHIMÉDŮV ZÁKON	33
2.7.1 PLOVÁNÍ TĚLES	34
2.8 OPTICKÉ VLASTNOSTI VODY	34
2.9 KAPILÁRNÍ JEVY	36
3. VYPRACOVÁNÍ METODICKÝCH MATERIÁLŮ PRO VYUŽITÍ VYBRANÝCH JEVŮ PŘI VÝUCE FYZIKY.	38
3.1 DŮKAZ KAPILÁRNÍCH JEVŮ A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU	38
3.2 OPTICKÉ VLASTNOSTI VODY A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU	44
3.3 VZTLAKOVÁ SÍLA V KAPALINÁCH A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU	48
3.4 ZMĚNA SKUPENSTVÍ VODY A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU	51
3.5 VHODNÉ DIDAKTICKÉ ZAČLENĚNÍ VYBRANÝCH JEVŮ DO VÝUKY FYZIKY.....	53
4. ZPRACOVÁNÍ A NÁVRH JEDNOHO JEVU FORMOU "BADATELSKY ORIENTO VANÉ VÝUKY".....	55
5. OVĚŘENÍ EFEKTIVITY NAVRŽENÝCH METODICKÝCH MATERIÁLŮ A POSTUPŮ.....	65
ZÁVĚR	66

SEZNAM TABULEK	67
SEZNAM OBRÁZKŮ	68
LITERATURA	70

ÚVOD

Pro fyziku jsou významné její vazby na okolí. Okolím rozumíme jednak vědy a oblasti, které do fyziky vstupují jako pomocné obecně přírodní vědy, které fyziku používají jako vědy základní. Takové propojení je výhodné při výuce fyziky na základních a středních školách, protože zde existuje propojení teorie a praktického života žáků. Především se jedná o jevy pozorovatelné v přírodě, se kterými se žáci běžně setkávají a berou je jako základní přírodní principy.

Voda je látka, na které je možné zkoumat některé fyzikální zákonitosti, které učíme na základních školách. Dostupnost, blízkost, známost a bezpečnost vody je nejlepším prostředkem pro předvedení obecně platných zákonů fyziky pro tekutiny. Uvedené prostředky umožňují jistou atraktivitu při práci s vodou a tím dochází k překonávání bariér mezi teorií a praxí, která u žáků základní školy způsobuje nezájem o výuku.

Především bezpečnost práce s vodou umožňuje vlastní sestavení experimentu a jeho pozorování. Pro konstrukci experimentů je také možné použít běžné kuchyňské a akvarijní vybavení.

Úlohu pedagoga lze chápat z pozice průvodce a mentora vůči žákovi, kterému zprostředkovává lidské znalosti o světě získané vědeckými metodami poznání. Z žáka se v takovém případě stává badatel, který sestavuje a provádí pokus, v jehož závěru se pokouší o jeho interpretaci.

Základním cílem této práce je navržení některých fyzikálních experimentů, ve kterých lze použít vodu. A zároveň na těchto pokusech vysvětlit základní poznatky fyziky tekutin. Dále pak sestavit pracovní list pro výuku realizovanou badatelskou metodou. Tomuto odpovídá i struktura, kde na jedné straně je pracováno s fyzikální teorií a na druhé se pracuje s didaktikou a badatelskou výukou.

Práce je členěna do 5 kapitol, které odrážejí výuku fyziky na základních školách a jsou vedeny v tomto pořadí a obsahu. Úvodní kapitola řeší základní teoretická východiska výuky fyziky na základní škole prostřednictvím rámcových a školních vzdělávacích plánů. Dále pak jsou řešeny tolik preferované mezioborové vztahy, kde lze uplatňovat propojení na další přírodovědné předměty. V kontextu práce jde spíše o nalezení tématu vody i v jiných vzdělávacích programech, než je fyzika. Nelze ani opomenout propojení s praxí anebo předměty humanitními. V této kapitole také jsou řešeny možnosti

badatelsky orientované výuky v prostředí základní školy. Dále je v kapitole teoreticky rozváděna badatelská výuka pro potřeby pracovního listu.

Ve druhé kapitole je analyzována možnost využití jednotlivých fyzikálních jevů spojených s vodou, respektive s fyzikou tekutin. Uvádíme zde nejen jednotlivé fyzikální principy, ale i odkazy do přírody, kde se vyskytují anebo je možné se s nimi setkat v praktickém životě. Jedná se o tyto jevy: skupenství vody, tepelná kapacita vody, hydrostatická tlaková síla, Archimédův zákon, plování těles, kapilární jevy, optické vlastnosti vody. V návaznosti na předchozí jsou kapitola č. 3, 4 a 5 jádrem celé práce. Nejdříve jsou řešeny metodické materiály pro vybrané fyzikální jevy spojené s vodou. Ty obsahují jednak část fyzikální teorie a dále pak důkaz pomocí experimentu. V následující kapitole je řešeno jejich didaktické začlenění do výuky fyziky. V kapitole č. 4 řešíme vybrané téma, respektive jev, který souvisí s fyzikou vody v kontextu přípravy a realizace badatelsky orientované výuky. Poslední částí práce je kapitola, ve které je vytvářen systém ověření jednotlivých postupů a metodických materiálů.

1. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

1.1 RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM A FYZIKA NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE

Oblast fyziky pro 1. stupeň je skryta ve vzdělávací oblasti, kterou *Rámcově vzdělávací program Základní vzdělání*¹ koncipuje, jako poznávání světa, ve kterém člověk žije, a je nazván Člověk a jeho svět. V užším vymezení této oblasti vzdělávání se jedná o témata rodiny, člověka, společnosti, vlasti, kultury, zdraví, bezpečí, techniky a přírody. Z uvedeného je patrné, že se jedná o poměrně široké rozpětí obsahových témat a vztahů mezi nimi. V tomto širokém a komplexním pojetí vzdělávání lze spatřovat poměrně velkou výhodu například při práci s tématem voda.

K úspěšné realizaci a průběhu vzdělávání v uvedené oblasti přispívá vlastní prožitek žáků, které vycházejí z modelových anebo konkrétních situací při procesu osvojování nutných dovedností, forem jednání, rozhodování a aplikaci zkušeností. Vzájemné propojení vzdělávacích témat a oblastí s reálným životem anebo s praktickou zkušeností žáků z reálného života. De facto se tento proces stává důležitou pomocí při zvládnutí nových rolí a životních situací. Dalším prvkem je pomoc školám při identifikaci a nalézání postavení mezi vrstevníky. Dále při upevňování pracovních a režimových (opakujících se) návyků žáků, kteří se výuky účastní. Specifické vzdělávací oblasti tímto vytvářejí základy pro specializovanější výuku ve vzdělávacích tématech Člověk a příroda, Člověk a společnost a Výchova ke zdraví. Samotný obsah vzdělávacího oboru Člověk a jeho svět je členěn do pěti definovaných tematických okruhů. Díky možnosti propojování jednotlivých tematických okruhů je možné vytvářet ve školním vzdělávacím programu různé varianty vzdělávacího obsahu a vyučovacích předmětů. V tomto kontextu nelze opomenout osobnost pedagoga, který mimo jiné slouží i jako osobní příklad.

Tematický obsah nazvaný Rozmanitost přírody: žáci poznávají Zemi v kontextu planetární soustavy sluneční soustavy. Jedná se především o kontext vzniku a vývoje života. Předmětem poznávání je rozmanitost i proměnlivost živé a neživé přírody

¹ Dále jen RVP ZV

v *České republice*². Praktické poznávání okolní krajiny jako metoda poznání přináší žákům informace a důkazy o proměnách přírody. Učí se je zaznamenávat, hodnotit a využívat například pro sledování vlivu lidské činnosti na přírodu a mimo jiné i hledat možnosti, jak ve školním věku přispět ke zlepšení životního prostředí, jak přírodu chránit a jak dosáhnout trvale udržitelného rozvoje. Úlohou učitele je vést žáky k tomu, aby si uvědomili, že Země a její život je jeden propojený celek, ve kterém jsou všechny elementární děje ve vzájemné rovnováze a souladu. Současný život člověka a jeho působení v přírodě může toto křehké propojení snadno narušit a k jeho obnovení dochází velmi obtížně. [24]

V kontextu tématu vody ve fyzice nalézáme toto učivo v tématu látky a jejich vlastností: třídění jednotlivých látek, změny látek a jejich skupenství, vlastnosti, srovnávání látek a měření veličin s praktickým využíváním základních jednotek. U žáka jsou očekávány tyto výstupy: hledá a zjišťuje vzájemnou propojenost prvků živé a neživé přírody, principy rovnováhy v přírodě a nalézá vzájemné souvislosti mezi konečným stavem přírody a činností člověka. V rámci podpůrných opatření vysvětlí na jednotlivých příkladech vzájemnou propojenost živé a neživé přírody.

Voda a vzduch: výskyt, vlastnosti a formy vody, oběh vody v přírodě, vlastnosti, složení, proudění vzduchu, význam pro život na Zemi. V rámci podpůrných opatření provádí elementární pokusy se známými látkami.

Nerosty a horniny, půda: některé hospodářsky významné horniny a nerosty, zvětvávání, vznik půdy a její význam. U žáka jsou očekávány tyto výstupy: je schopen porovnávat základní projevy života na konkrétních organismech, umí prakticky zatřídit jednotlivé organismy do definovaných skupin a dále k tomu využít i jednoduché atlasy a klíče.

Vesmír a Země: sluneční soustava, střídání dne a noci, střídání ročních období. U žáka jsou očekávány tyto výstupy: umí vysvětlit na základě základní poznatky o Zemi jako součásti vesmíru. Dále identifikovat souvislosti s rozdělením času a střídáním ročních období a popsat střídání ročních období.

Rostliny, houby, živočichové: základní znaky života a životních potřeb včetně jeho projevů, běh a způsob života, výživa, stavba fyzického těla u některých vybraných druhů, význam v přírodě a pro existenci člověka. V rámci podpůrných opatření zkoumá

² *Dále jen ČR.*

základní společenstva ve vybraných místních lokalitách, umí zdůvodnit důležité vzájemné vztahy mezi organismy včetně hledání shod a rozdílů v přizpůsobení se organismů danému prostředí. Dále zvládá péči o pokojové rostliny a drobná domácí zvířata.

Životní podmínky: rozmanitost podmínek života na Zemi; význam atmosféry, vody, půdy, rostlin a živočichů žijících na Zemi. V rámci podpůrných opatření zkoumá základní společenstva žijící v nejbližším okolí. Dále pozoruje jejich přizpůsobování se životním podmínkám.

Podnebí, počasí: vzájemná rovnováha v přírodě včetně významu, vzájemných vztahů mezi organismy. U žáka jsou očekávány tyto výstupy: umí zhodnotit některé konkrétní činnosti člověka v přírodě. A umí rozlišit aktivity, které mohou životnímu prostředí a zdraví člověka prospívat anebo je poškozovat. Dále popisuje vliv různých činností člověka na přírodu. Jmenuje některé činnosti, které životnímu prostředí pomáhají, a naopak které ho poškozují.

Základní společenstva: udržitelné chování k přírodě a její ochrana včetně odpovědnosti lidí, ochrana a tvorba životního prostředí, ochrana živočichů a rostlin, likvidace odpadů v rámci odpadového hospodářství, přirozené živelní pohromy a lidmi vyvolané ekologické katastrofy. U žáka jsou očekávány tyto výstupy – stručně charakterizuje jaké specifické přírodní jevy a z nich plynoucí rizika dávají vzniknout mimořádným událostem. Dále v modelové situaci předvede své schopnosti se účinně chránit. V rámci podpůrných opatření zkoumá základní společenstva žijící v nejbližším okolí a pozoruje jejich přizpůsobení se prostředí. Dále reaguje žadaným způsobem na pokyny dospělých při řešení mimořádných událostí. [24]

Člověk a příroda je vzdělávací oblast v rámci RVP určená pro žáky druhého stupně základní školy. Lze jej charakterizovat jako okruh problémů spojených se zkoumáním přírody. Nabízí žákům metody a také prostředky pro hlubší pochopení přírodních faktů a jejich zákonitostí. Umožňuje jim získat potřebný základ pro hlubší pochopení a aplikaci současných technologií. Dále jim pomáhá snáze se orientovat v běžném životě. V uvedené vzdělávací oblasti dostávají žáci snadnou příležitost poznávat přírodu v podobě funkčního systému. Ten je tvořen různými subsystémy, které jsou vzájemně propojeny a zároveň se navzájem ovlivňují. Na uvedeném poznání je i založeno pochopení významu udržování přirozené rovnováhy v přírodě pro existenci života.

V kontextu možných ohrožení vyplívajících z přírodních procesů, z lidské činnosti včetně zásahů člověka do přírody. Uvedená vzdělávací oblast si také klade za cíl významně podporovat utváření otevřeného myšlení včetně přístupu k alternativním názorům, logickému uvažování a kritickému myšlení.

Přehled vzdělávacích oborů vzdělávací oblasti Člověk a příroda: přírodopis, fyzika, chemie a zeměpis. Uvedené předměty svým aktivním a badatelským charakterem umožňují žákům hlouběji porozumět zákonitostem přírodních procesů a tím si i uvědomovat užitečnost přírodovědných poznatků včetně jejich aplikace v běžném životě. Zvláště významné je to, že při studiu přírody specifickými poznávacími metodami si žáci osvojují i důležité dovednosti. Jedná se především o rozvíjení dovednosti soustavně, objektivně a spolehlivě pozorovat, experimentovat a měřit, vytvářet a ověřovat hypotézy o podstatě pozorovaných přírodních jevů, analyzovat výsledky tohoto ověřování a vyvozovat z nich závěry. Žáci se tak učí zkoumat příčiny přírodních procesů, jejich souvislosti anebo vztahy mezi nimi a dále klást si otázky ve smyslu „Proč? Jak? Co se stane, jestliže?“ a zároveň na ně hledat odpovědi, vysvětlovat pozorované jevy a řešit praktické a poznávací problémy. Učí se využívat poznání zákonitostí přírodních procesů pro jejich možné předvídaní anebo ovlivňování. Ve zmíněných vzdělávacích předmětech žáci postupně poznávají komplikovanost a rozmanitost skutečností, které souvisejí se stavem přírody a lidskou činností. Především se jedná o závislost člověka na přírodních zdrojích a jeho vlivu na stav životního prostředí. Nelze ani opomenout závislost mezi přírodou a lidským zdravím. Žák se učí zkoumat změny, které probíhají v přírodě, odhalovat vznik příčin a následků ovlivňování zásadních globálních anebo místních ekosystémů. Využívá své znalosti a aktivně využívá své přírodovědné poznání ve prospěch ochrany životního prostředí a principů tzv. udržitelného rozvoje. Celkový vhled na vztah mezi člověkem a přírodou, jehož významnou součástí je i sebeuvědomování si kladného vlivu přírody na emoční život člověka. Tento přístup má důsledek v kladném postoji vůči fyzikálnímu, chemickému a přírodopisnému vzdělávání. Dále i vzdělávání v předmětu zeměpis, který navíc umožňuje žákům postupně odkrývat vzájemné souvislosti přírodních podmínek a života lidí. V kontextu jejich vzájemného společenství: místo, region, stát, Evropa a Země. Vzdělávací obsah vzdělávacího předmětu Zeměpis lze charakterizovat jako multidisciplinární, kde se setkávají přírodní a společenské vědy. Společným zájmem je zachování celistvosti předmětu a jeho umístění do této vzdělávací oblasti.

Uvedená vzdělávací oblast Člověk a příroda logicky navazuje na vzdělávací oblast Člověk a jeho svět. Ten na základní úrovni přibližuje přírodovědné poznávání žákům 1. stupně základního vzdělávání a spolupráce i především se vzdělávacími oblastmi Matematika a její aplikace, Člověk a zdraví, Člověk a společnost a Člověk a svět práce a přirozeně i s mnoha dalšími oblastmi vzdělávání. [24]

Cílené zaměření uvedených vzdělávacích oblastí směřuje k utváření a rozvíjení tzv. klíčových kompetencí tím, že směřuje žáka ke zkoumání přírodních faktů v jejich souvislostech s využitím empirických metod poznávání, to znamená pozorování, měření anebo experiment. Déle pak i využíváním různých metod racionálního myšlení. Směřuje žáka k potřebě klást si základní otázky o příčinách a průběhu různých přirozených procesů, které mají vliv mimo jiné i na ochranu zdraví, života, životního prostředí a také majetku. Tyto se učí správně formulovat a zároveň hledat na ně správně odpovědi.

V části C Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání se uvádí způsoby myšlení, které vyžadují ověřování vyslovovaných domněnek o přírodních faktech nezávislejšími metodami. Dále se pak vyžaduje posuzování důležitosti, správnosti a spolehlivosti získaných přírodovědných dat pro potvrzení anebo vyvrácení vyslovovaných hypotéz. Žáci jsou zapojováni do aktivit působících ve směru k šetrnému chování k přírodním systémům, ke svému zdraví i zdraví ostatních lidí. Klade si také za cíl hledat porozumění souvislostem mezi antropogenním působením a stavem přírodního prostředí dále i životního prostředí. Jsou vedeni k myšlení a jednání, která upřednostňují co nejefektivnější využívání zdrojů energie (praktické příklady). A to včetně co nejširšího využívání obnovitelných zdrojů, především pak větru, slunečního záření, vody a biomasy. Vytvářet a podporovat dovednostní modely chování, které se uplatňují při posuzování situací, kde hrozí potencionální anebo akutní ohrožení zdraví, života, majetku anebo životní prostředí lidí. [24]

Očekávané výstupy žáků u tématu látka a těleso: žáci provedou měření vhodně zvolenými měřidly některé z důležitých fyzikálních veličin, které charakterizují látku anebo těleso. Dále uvedou konkrétní příklady jevů dokazujících, že jsou částice látek v neustálém pohybu a vzájemně na sebe silově působí. Pokusí se předjímat, jak se může změnit délka anebo objem tělesa při definované změně jeho teploty. Naučí se využívat porozumění vztahu mezi hmotností, hustotou a objemem při řešení některých praktických problémů. V rámci RVP je stanovena minimální doporučená úroveň pro

úpravy očekávaných exitů v systému podpůrných opatření: žák změří na konkrétních případech definovanými měřidly základní fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa (délku, hmotnost, čas). V kontextu této práce je tou látkou voda. V rámci učiva o měření veličin tím rozumíme stanovení délky, objemu, hmotnosti, teploty a její změny a určení času. V učivu o skupenství látek žák předvede souvislosti mezi skupenstvím látek s jejich částicovou stavbou. V tomto konkrétním případě se tím rozumí difuze. [24]

Očekávané výstupy učivo a pohyb těles. Žák rozhodne, jaký druh pohybu těleso koná vzhledem k jinému tělesu. K tomu využívá svých schopností při řešení problémů a úloh směrem k učivu o vztahu mezi rychlostí, dráhou a časem u rovnoměrného přímočarého pohybu těles. Dále změří velikost působící síly a určí v definované a jednoduché situaci druhy sil působících na těleso. Určí jejich velikosti, směry a výsledný směr. Žák aplikuje znalost Newtonových zákonů při objasňování či předvídání změn pohybu těles. Za situace, že působením stálých výsledných sil dochází v jednoduchých situacích. Aplikuje teoretické poznatky o otáčivých účincích síly při řešení praktických problémů.

RVP stanovuje minimální doporučenou úroveň pro úpravy a očekávaných výstupů v rámci tzv. podpůrných opatření. Žák umí rozeznat, že je těleso v klidu anebo v pohybu vůči jinému tělesu. Zná vztahy mezi rychlostí, dráhou a časem u rovnoměrného přímočarého pohybu těles. Především je umí aplikovat při řešení jednoduchých problémů. Zvládá rozeznat, zda na těleso v jasné definované a konkrétní situaci působí síla a zároveň předvídá změnu pohybu tělesa při působení síly. Umí aplikovat poznatky o jednoduchých strojích při řešení jednoduchých praktických úloh. Učivo o pohybu těles v daném stupni musí obsahovat – pohyb rovnoměrný a nerovnoměrný; pohyb přímočarý a křivočarý. V části o gravitačním poli a gravitační síle se předpokládá znalost přímé úměrnosti mezi gravitační silou a hmotností tělesa. V učivu o tlakové síle a tlaku žák zvládá popsat vztah mezi tlakovou silou, tlakem a obsahem plochy, na niž síla působí. Řešení rovnováhy na pevné kladce a páce. V části učiva o třecí síle zvládá žák smykové tření, ovlivňování velikosti třecí síly a praktické aplikace. Skládá výsledné síly na sebe působící stejnou silou, ale opačného směru. Dále pak kvalitativní zvládnutí prvního, druhého a třetího Newtonova zákona.

V kontextu tématu práce je v rámci RVP definováno učivo, které se vztahuje k tématu vody, respektive k mechanickým vlastnostem tekutin. V tomto tématu jsou očekávány tyto výstupy: žák využívá svých poznatků o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách a

řešení v tomto kontextu konkrétních aplikované problémy. Ze získaných dat a analýz předpoví síly, které působí na těleso v klidné tekutině, a dále sleduje chování tělesa v ní ponořeného. V rámci podpůrných opatření se předpokládá tato minimální úroveň poznatků: využívá získané poznatky o zákonitostech tlaku v klidných tekutinách a pro řešení jednoduchých aplikačních problémů. V rámci učiva Pascalův zákon jsou řešena témata hydraulické zařízení, hydrostatický a atmosférický tlak včetně souvislostí mezi hydrostatickým tlakem, hustotou a hloubkou kapalin. Včetně souvislostí mezi atmosférickým tlakem a některými přirozenými procesy probíhajícími v pozemské atmosféře. K tématu patří i Archimédův zákon a vztlaková síla. Včetně aplikací jako je vznášení, potápění se a plování těles v klidných tekutinách (tekutiny jsou i plyny). [24]

1.2 BADATELSKY ORIENTO VANÁ VÝUKA

Metoda výuky, při které se uplatňuje maximálním stupněm samostatnosti žáků, je označována slovem badatelská. Tímto jednoznačně evokuje, že se bude přibližovat metodám vědecké práce. Začala se vyvíjet kolem roku 1960 jako reakce na již tradiční frontální formy výuky, které nenaplnují teorém samostatnosti žáků. Hlavními tvůrci a propagátory myšlenek, na jejichž základě badatelská metoda vznikla, byli Jean Plaket (1896–1980), John Dewey (1859–1952), Paulo Freire (1921–1997) a Lev Vygotsky (1896–1934). Hlavním postulátem badatelské metody je rozvíjení experimentálních a analytických dovedností žáků.

Hlavním znakem badatelské výuky je konstruktivnost, kdy jsou využity nabyté dovednosti na základě zkušeností a procesu v sociální společnosti. Badatelská metoda podporuje skupinovou výuku. Badatelská metoda odpovídá procesu získávání vědeckých poznatků v přírodních vědách, a proto je její začlenění ve výuce fyziky a dalších přírodovědných předmětů velmi přirozené, účinné a funkční. Při badatelské metodě postupujeme obdobně jako u ostatních problémových metod.

Badatelsky orientovaná výuka není vždy tím, co je možné realizovat anebo se k tématu v zásadě nehodí. V případě výuky fyziky je ale v zásadě žádoucí. Limitem při realizaci takové formy je mnohdy například nedostatek času, dostupnost pracovního materiálu, kompetence studentů a předchozí teoretické znalosti. Překážkou může být i samotné téma, vyučovaný předmět anebo kompetence pedagoga. Všechny uvedené podmínky se musí v zásadě analyzovat, než je přistoupeno k badání. V tomto kontextu nelze opomenout možnost a spolupráce s jinými pedagogy, kteří již mají zkušenosti, anebo

jsou vybaveni patřičnými kompetencemi. Vzájemná spolupráce a pomoc může znamenat zkvalitnění výuky a také požadovanou mezioborovou provázanost. [23]

Badatelskou výuku lze chápat jako proces, kdy hlavní úlohu hrají žáci, které doprovází na cestě poznáním jejich učitel. Žáci jsou těmi, kdo kladou otázky, tvoří hypotézy a hledají důkazy pro jejich potvrzení anebo vyvracení. Pozice učitele je v průběhu badatelské výuky proměnná, na jedné straně je odpovědný za vytvoření podrobného obsahu a na druhé dohlíží na průběh dění. Role průvodce se musí prolínat s rolí mentora, který ukazuje žákům směr a zasahuje do metod a postupů, tak aby byly dodrženy. [18]

Role učitele ale není zcela jednoznačná. Důvodem je především značná variabilita rolí, které v procesu badatelské výuky sehrává. Nemůže být pouze teoretickým tvůrcem a organizátorem. Důvodem je samotný průběh výuky a problémy, které vyvstávají při samotné realizaci, kdy se z něj stává i zdatný improvizátor, který shromažďuje podklady, vydává instrukce a mentoruje studenty při přípravě a sběru dat. [5]

Dále je povzbuzuje v kladení reflexivních otázek, koordinuje jejich práci a posiluje u žáků zájem o dění. Tato role učitele se proměňuje i ve vztahu mezi ním a žáky, kteří jej zpravidla znají ve frontální roli. V tomto kontextu je nutné, aby žáci co nejdříve nabyli patřičné sebedůvěry. Dochází ke změně role, kdy žák přebírá odpovědnost za své vzdělávání. Role učitele ale zůstává nezměněna, protože on je tím, kdo musí výuku chronologicky plánovat a většinou i zajistit z pohledu materiálu. Z výše uvedeného vyplývá několik doporučení pro učitele, kteří se chtějí pustit do badatelsky orientované výuky. Prvním bodem je spolupráce, kdy si pedagog může pomoci kolegou, anebo odborníkem z praxe, tedy na badatelský program nemusí být pedagog vždy sám.

„Představte si nějakou činnost, která vás skutečně baví, a vsadím se s vámi, že bud' vyžaduje účast dalších osob, anebo by byla ve více lidech zábavnější. Představte si činnost, kterou nemáte rádi – jsem přesvědčen, že když ji budete vykonávat společně s někým jiným, bude vám méně nepříjemná.“ [Petty, 2004, s. 174]. S tímto koresponduje i požadavek na mezioborovou provázanost. Dalším bodem je reflexe, která se realizuje ve vztahu žák versus aktivita, tak aby si uvědomili vlastní pocity a závěry. Předposledním doporučením pro pedagoga je jeho proměna v průvodce a koordinátora výuky. Žáci by měli především převzít zodpovědnost za své vlastní vzdělávání, kde je pedagog průvodcem na cestě za poznáním. [23]

Poslední doporučení je flexibilita učitele, který je schopný reagovat na vzniklé situace a uzpůsobovat tomu výuku ve třídě. Pedagog reaguje nejen na materiální a intelektuální ruch, ale reflektuje i náladu třídy. Posledním bodem je uvědomění si své schopnosti, ale i žáků. Je důležité, abychom schopnosti žáků nepřeceňovali ani nepodceňovali. V situaci, kdy schopnosti žáků přeceníme, bude pro ně výuka pravděpodobně příliš těžká, a zároveň i psychicky velmi namáhavá. Pokud však jejich schopnosti podceníme, může se stát, že v průběhu výuky ztratí pozornost a zájem o dění. [6]

Přínosy badatelsky orientované výuky lze hledat především v rozvoji dovedností, díky kterým lze pochopit badatelský cyklus. A tím i práci přírodovědců anebo obecně i ostatních vědců zapojených do výzkumu. Dalším přínosem je prostor pro pestrou výuku (mnohdy velmi často zmiňovanou rodiči), kdy se badatelsky orientovaná výuka nemusí skládat výhradně z procesu samotného bádání, ale naopak jsou vyžadovány i různé podpůrné, doprovodné a přípravné metody výuky. Zde se uplatňují různé metody a postupy, které lze pro práci s žáky základní školy využít. Dále lze zmínit podporu vzdělávání. Badatelsky orientovaná výuka umožňuje rozvíjet touhu žáků objevovat a nalézat různé odpovědi. Zároveň také motivuje žáky k přebírání vlastní zodpovědnosti za vzdělávání. [11]

Posledním bodem je dnes velmi často diskutovaný vztah žáků k přírodním vědám, kdy se obecně tvrdí, že existuje společenský nezájem o ně. Toto tvrzení je ale nepodložené a neexistují žádná fakta, která tyto skutečnosti potvrzují. Badatelsky orientovaná výuka spíše představuje vstupní bránu pro jednotlivé přírodovědné obory, které lze pomocí ní předvádět. Lze ji využít k odstranění abstrakce, kterou přináší teoretická výuka, lze ji chápat jako prostředek k lepšímu uchopení problému, jak funguje svět kolem nás. Dle některých teoretických studií přináší badatelsky orientovaná výuka i lepší studijní výsledky účastníků. Vliv lze sledovat především oblasti myšlení, které se může přenést i do studia jiných předmětů žáky. [1]

Výuka využívající experiment umožňuje celou řadu přístupů, respektive typů vědeckých výzkumů. Prvním uplatňovaným typem je, kdy žáci znají postup, otázky a výsledky. Ty si následně ověřují vlastními experimenty. Tento typ výuky bývá nazýván **potvrzující výuka**. Další možností je zadávat otázku, na kterou žáci hledají vhodné odpovědi v podobě vlastních postupů a realizací. Této říkáme **nasměrované bádání**. Předposledním typem je **strukturované bádání**, kde žáci dostanou od učitele otázku a postup. Výsledkem jejich práce jsou formulace a závěry mající původ ve sdělených

informacích. Posledním typem je tzv. **otevřené bádání**, Žáci si sami kladou otázky, navrhnou postup, realizují výzkum a získávají a formulují závěry.

Praxe ukázala, že je ideální, když otázky, které se kladou žákům, pocházejí z jejich každodenního poznání. Žáci pak mají šanci se těmito otázkami zabývat, zamýšlet a vyvozovat z nich závěry. Badatelská metoda výuky je ve předmětu fyzika pro základní školu zařazena mezi doporučené metody v Rámcovém vzdělávacím programu. Uvedený typ vyučování umožňuje využívat experimenty, terénní praxe anebo laboratorní práce. Je nutné zdůraznit, že takové vyučování vyžaduje určitý stupeň vybavenosti škol, Jedná se především o technické a materiální zázemí k realizaci experimentů. Určitým faktorem může být i demotivovanost učitele změnit stereotypnost výuky. [24]

1.3 KOMPETENCE PEDAGOGA

Vedle již zmíněných kompetencí žáků prvního a druhého stupně musíme také hovořit o kompetencích pedagoga. Tyto kompetence představují určitou způsobilost k práci učitele. Dle definice uváděných v odborné literatuře lze kompetence chápat ve smyslu: *„soubor činnostních znalostí, dovedností, zvládnutých operací a výchovně-vzdělávacích pohotovostí, ale i postojů a přesvědčení, které by měl ovládat učitel“* [Kolář et al. 2012, s. 64–65].

Přístupy, kterými se budeme zabývat, nejsou zcela v souladu klasickým postupem ke kompetencím požadovaných na pedagogy základních škol. Od učitelů, kteří chtějí využívat metod a postupů badatelské výuky, se musí očekávat zcela jiné kompetence. A to nad rámec dnes tradičního pedagogického přístupu k výuce. V kontextu badatelsky orientované výuky byl vytvořen model tématu voda ve fyzice uplatnitelný v případě navrženého výukového programu.

1.4 TYPOLOGIE FYZIKÁLNÍCH POKUSŮ

Na základě didaktické funkce fyzikální pokusů lze uplatnit uvedenou typologii:

- ověřovací,
- motivační (motivují pro učivo),
- heuristické,
- historické,
- ilustrační,
- vstupní (úvod do fyzikálního problému),
- demonstrační (demonstrace odvozených poznatků),
- prohlubující a opakující.

Heuristické pokusy: uvedený typ fyzikálních pokusů lze považovat jako zásadní ve vztahu žáka a řešeného problému. V rámci uvedeného typu pokusů žáci objevují nové zákonitosti a jevy, získávají nové poznatky, které jsou zpravidla kolem nás. Žáci si tyto jevy zpravidla nespojují s fyzikou anebo jiným vědním oborem. Uvedená forma výkladu nového učiva je efektivní a efektní, ale bez dostatečné spolupráce (pozornost) a znalostí žáků z předchozího vyučování ztrácí na významu. Z toho důvodu musí pedagog v přípravě pokusů věnovat významnou pozornost načasování a provést je ve vhodnou dobu – v době, když žáci nejsou unaveni a je přesvědčen o jejich vědomostech.

Ověřovací pokusy: jsou didakticky použitelné za situace, kdy je nutné ověřit již známé zákonitosti. Příkladem, kde se dají tyto pokusy využít, jsou situace, kde se učivo fyziky pouze sdělí anebo deduktivně odvodí. To znamená, že se dále nezkoumá, zdali žák uvedené učivo správně pochopil. K lepšímu osvojení a správnému pochopení fyzikálních zákonů anebo různých dějů se právě používají pokusy, u kterých se žáci mohou přesvědčit o platnosti jevů, zákonů a poznatků, které se žáci učí v hodinách fyziky. Příkladem může být ověření zákonů např. u Pascalova zákona, Ohmova zákona a Archimédova zákona. Ověřovací pokusy mají při výuce fyziky nezastupitelnou roli.

Motivační pokusy: v situacích, kdy žáci ztrácejí o daný vyučovací předmět zájem, a ať jsou důvody jakékoliv, je vhodné využít k jejich povzbuzení motivační experimenty. Vhodné aplikace motivačních experimentů může u některých žáků vzbudit zájem o vyučovaná témata. Probuzením zájmu se dá lépe upoutávat jejich pozornost a snadněji se pochopí jev, který je probírán. Je také vhodné se zaměřit na jevy, které jsou přítomny v běžném životě tak, aby se využilo maximální potenciálu motivačních experimentů.

Ilustrační pokusy: slouží žákům pro názorné představení si, jak jednotlivé fyzikální jevy v principu fungují, kde všude se s nimi setkáváme a především, jak málo si je uvědomujeme a jaký skutečný mají dopad na náš běžný život. Příkladem může být vlastní tělo, na kterém žákům můžeme ilustrovat například tření a ohřívání (tření dlaní o sebe). Dále jim ukázat, že snížení tření lze provést např. použitím krému na ruce anebo fouknutím do dlaně ilustrovat proudění. V rámci typologie lze ilustrační pokusy přiřadit i do dalších skupin demonstrační, ověřovací, motivační atd.

Pokusy uvádějící fyzikální problém: pro potřeby vyučování, ale i pro motivaci žáků lze volit fyzikální experimenty, které navozují řešení nějakého problému. Řešení nějakého problému může u žáků probudit zájem o jeho nalézání. Ten se projevuje pracovní aktivitou na vyřešení problému. Úloha učitele spočívá ve tvorbě situace, respektive definování problému, který může být čistě myšlenkovým konstruktem anebo nemusí mít reálné provedení.

Aplikační pokusy: pro žáky a studenty je naprosto důležité vědět, proč se dané učivo vyučuje, kde se s ním setkají, a jak je reálně a prakticky mohou použít. Aktivním prováděním aplikačních pokusů ve výuce se učitel snaží zvýšit u žáků zájem o fyziku. Dále také nepochybně zlepšuje porozumění probíraného učiva. Žáci pak mohou získané teoretické anebo praktické znalosti využít ve svém reálném životě.

Historické pokusy: v rámci probírané látky je vhodné spojit výuku fyziky s historickým podtextem anebo souvislostmi. Předpokladem pro správný průběh pokusu je jeho historický kontext opřený o výklad – předpoklad, že žáky motivuje k bádání a studiu. Příkladem takových historických experimentů, kterých není ve výuce mnoho, jako například Leidenská láhev, Torricelliho trubice, Galileův padostroj anebo magdeburské polokoule atd.

Pokusy prohlubující a opakuující učivo: k prohloubení znalostí žáků je vhodné využít experimentů, které jsou připraveny v menších skupinách, například ve dvojicích. Takový postup umožňuje lepší zapamatovatelnost učiva, určitou srozumitelnost, nároky na čas apod. V tomto kontextu je vhodné využívat modifikované demonstrační pokusy, na které jsou žáci zvyklí, a tudíž pro ně nepředstavují komunikační bariéru.

2. FYZIKÁLNÍ ANALÝZA JEVŮ SPOJENÝCH S VODOU

Struktura vody je tvořena vzájemně propojenými molekulami, které jsou složeny z vodíku a kyslíku, přičemž obě molekuly obsahují dva atomy vodíku, které spojuje jeden atom kyslíku. Propojení jednotlivých molekul vody je dosaženo tzv. vodíkovými můstky. Elektronegativita kyslíku je výrazně větší než u vodíku a z toho důvodu přitahuje víc společných elektronů. Z tohoto důvodu má kyslík v molekule vody zápornou a vodík pak kladnou hodnotu. Tento stav pak vysvětluje i tvar a vzájemné postavení atomů, kdy se kladně nabitě atomy vodíku odpuzují v úhlu 105° . Stejný úhel pak svírají i molekuly vody spojené vodíkovým můstkem. Elektronegativita atomů v molekule vody není příliš velká a z tohoto důvodu dochází k jejich spojování do hexagonálních struktur. Uvedená spojení mají charakter elektromagnetické síly – vodíkové můstky. V důsledku působení uvedené síly se molekuly k sobě samy od sebe připoutají, ale v uvedeném kontextu je nutné počítat i s teplotou: „*Vodíkové můstky dávají vznik shlukům molekul, které jsou těžší než jednotlivé molekuly. Na oddělení jednotlivých molekul z těchto shluků (které je nezbytné pro změnu skupenství pevného na kapalné, resp. kapalného na plynné) je nutno dodat energii. Proto látky, jejichž molekuly jsou k sobě poutány (např. vodíkovými můstky), mají vyšší teplotu varu i teplotu tání, než by odpovídalo relativní molekulové hmotnosti jejich jednotlivých molekul*“. [Cídllová a kol. 2018] Tohoto jevu se využívá při experimentálním výzkumu vody, kdy za extrémně vysokých teplot lze izolovat její molekulu.

Počátky výzkumu vody začíná odhalením jejího chemického složení v roce roku 1828, které publikovali Louis Joseph Guy –Lussac (1778-1850) a Alexander von Humboldt (1769-1859) na základě předchozích zjištění Antoine-Laurent de Lavoisiere (1743-1794) a Henry Cavandiche (1734-1810).

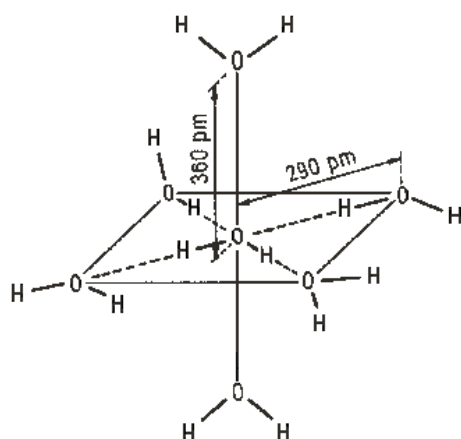
2.1 FYZIKÁLNÍ STAVY VODY

V pozemském prostředí se voda vyskytuje ve skupenství pevném, kapalném a plynném. Je-li ve skupenství pevném, mluvíme o ledu, ve skupenství kapalném o vodě a v situaci, kdy je plynem, je nazývána vodní párou.

Voda v kapalném stavu, respektive její molekuly, nejsou uchyceny v krystalické mřížce, a tudíž mohou kmitat pouze v rovnovážné poloze, která je definována daným stavem vody. Další vlastností, která je spojena s kapalným stavem vody, je její nestlačitelnost –

změny objemu vůči změně působícímu tlaku. Uvedená vlastnost je důsledkem neuspořádanosti molekul vody. V určitém čase svoji polohu mění do nové rovnovážné polohy. V důsledku neuspořádanosti molekul do krystalové mřížky se k sobě přibližují těsněji než v pevném skupenství. Dále je hodnota vnitřního tření nulová a v kontextu toho, že se nejedná o ideální kapalinu nelze vodu stlačit: „*Kapalina je snadno dělitelná na menší části. Lze ji například rozlít do několika nádob nebo rozpráshit na malé kapičky.*“ [Bohuněk, 1991, s. 80]

Na podkladě nejrůznějších vědeckých pozorování bylo konstatováno, že molekuly vody jsou uspořádány do tzv. oktaedrického modelu, ve které se molekuly vody obklopují šesti dalšími. Uvedených šest molekul tvoří i s danou molekulou čtyři lineární vazby s vodíkovým můstkem O-H...O. Udávaná vzdálenost jednotlivých atomů kyslíku je asi přibližně 0,29 nm a dále zde vznikají dvě přímé vazby kyslíkových atomů. Vzdálenost kyslíkových atomů se přibližně udává na hodnotu 0,36 nm. Mimo zmiňované oktaedrické struktury můžeme v kapalně vodě sledovat i uspořádání, které se podobá ledu typu I obrázek č.1. Ten vzniká za nižších teplot a vyšších tlaků: „*Voda totiž může krystalovat v mnoha modifikacích, viz fázový diagram níže. Když připočteme krystaly vody s něčím (plyny, soli), dostaneme další obrovské množství možných struktur.*“ [Kolafa, 2014] Taková struktura obsahuje dutiny, ve kterých usídli různé molekuly. Příkladem jsou dna chladnějších moří anebo také v trubkách plynovodů vzniká tzv. hořící led (hydrát metanu se strukturou typu ledu I.). Uvedené uspořádání lze sledovat v blízkosti teplot bodu tání.



Obrázek 1: Schéma oktaedrického modelu struktury kapalné vody. Zdroj: *Anorganická chemie I: 2. Sloučeniny kyslíku [online]. Brno: MUNI [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/sci/UChem/um/spchp/ch11s02.html>*

2.2 PLYNNÉ SKUPENSTVÍ VODY

Ve vodní páře najdeme částice výhradně neuspořádané a jejich pohyb je chaotický, při kterém se vzájemně srážejí. Vzdálenost mezi jednotlivými molekulami je ve srovnání s ostatními skupenstvími zde největší. U vodní páry lze dosáhnout její stlačitelnosti (využití v technické praxi) a tím se například liší od kapalného stavu. Vodní pára může nabývat stavu nazývaného sytá pára. Nastává za situace, když se v nějakém uzavřeném prostoru nad kapalinou vytvoří takové množství vodní páry, že se při stabilní teplotě další voda v páru již nepřemění. Za situace, kdy dojde ke zmenšení objemu nádoby, ve které se sytá pára vytvořila, dojde k její přeměně na kapalinu (s rostoucí teplotou roste i tlak syté páry). Lze docílit i rovnovážné situace, a to tak, že uvedené podmínky nebudeme měnit – charakterizujeme jako rovnovážný stav mezi plynným a kapalným skupenstvím.

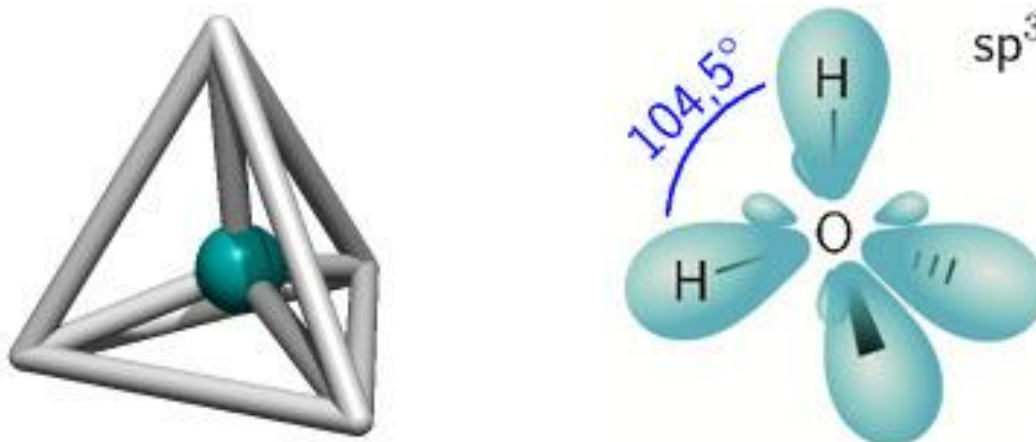
Struktura vodní páry je dána drobnými aerosolovými kapičkami vody. Do okolního prostředí se dostává prostřednictvím vypařování, tedy přeměnou kapalné látky na plynnou. Vodní páry jsou bezbarvé velmi malé kapičky vody, které tvoří bělavý mlžný tok, který například pozorujeme u hrnce, tzv. vařící vody. Podobně jako v případě mraků se tedy nejedná o nakupení páry, ale o seskupení vodních kapiček anebo ledových krystalků. V atmosféře se vyskytuje mlha, což je atmosférický aerosol tvořený velmi malými vodními kapičkami anebo krystaly. Meteorologové podle fyzikálních podmínek vzniku mlhu rozdělují na: radiační, advekční, mlhu z vypařování, svahovou, frontální a z promíchávání. Vznik uvedených typů je zpravidla závislý na teplotě, atmosférickém tlaku, směru a rychlosti proudění.

Pokud to podmínky dovolí a vodní pára se přemění v pevné skupenství led, můžeme uvedenou změnu pozorovat v přírodě v podobě vloček anebo jinovatky (sublimace, desublimace).

2.3 PEVNÉ A KAPALNÉ SKUPENSTVÍ VODY

Pevné skupenství vody – led se vyskytuje v několika polymorfních modifikacích. Za běžného atmosférického tlaku (1013 hPa) dochází při ochlazením vody na 0 °C ke vzniku hexagonální struktura ledu (I_h). Každý atom O_2 je v ledu typu I_h obklopen čtyřmi dalšími kyslíkovými atomy. Ty jsou uspořádány ve zcela pravidelném systému – tetraedrické konfigurace. Vzájemné úhly, které tyto atomy kyslíku svírají, mají

přibližnou hodnotu $109,5^\circ$. Modely neutronové difrakce ukazují, že úhel svíraný atomy H a O je v molekule vody (H-O-H) blízký hodnotě $104,5^\circ$.



Obrázek 2: Tetraedická konfigurace molekul vody. Zdroj: KOLAFÁ, Jiří. *Struktura a anomálie vody* [online]. Praha: Vesmír, 2014, 16. 7. 2014 [cit. 2021-02-18]. ISSN 1214-4029. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2014/07/struktura-anomalie-vody.html>.

Sledujeme-li strukturu ledu pozorněji a důkladněji, můžeme si všimnout její zdánlivé prázdnoty – nacházejí se v ní velké dutiny. Jejich existenci umožňuje vzájemná prostorová orientace molekul vody při tvorbě tzv. vodíkových můstků. Zdánlivě prázdná, respektive dutinová struktura ledu způsobuje, že je jeho hustota menší než hustota kapalně vody. To znamená, že při stejné teplotě plave na hladině. Z pohledu probíhajícího života pod vodní hladinou se jedná o nejvýznamnější vlastnost vody, kterou nazýváme hmotnostní anomálie. Umožňuje totiž vodním živočichům přežít ve vodním prostředí zimu. V případě, že by se voda chovala jako ostatní tekutiny, tak by proběhlo promrznutí celého objemu až na dno vodní nádrže nebo vodního toku. Ostatní tekutiny mají za pevného skupenství větší hustotu, než ve skupenství kapalném a z tohoto důvodu klesají ke dnu. Uvedenou skutečnost můžeme experimentálně demonstrovat například pomocí vosku: z barevného vosku vymodelujeme kuličku, krychličku nebo nějaký jiný tvar; ve vodní lázni rozpustíme další vosk nejlépe bezbarvý (odlišení) a vložíme do něj objekt z tuhého barevného vosku a budeme sledovat, jak postupně klesá ke dnu. V rámci srovnání vezmeme průhlednou nádobu s vodou, do které vložíme několik předem připravených kostek ledu a dále pozorujeme, jak plavou na hladině a nepotápějí se.

Vedle zmíněné molekulární struktury I_h bylo u vody rozpoznáno ještě několik dalších, které vznikají v závislosti na různých podmínkách a liší se uspořádáním atomů. Při teplotách od -120°C do -140°C dochází ke kondenzaci vodních pár a k tvorbě ledu

typu I_c. Ten má kubickou strukturu typu diamantu. Atomy kyslíku se nacházejí na stejných místech, jako atomy uhlíku v diamantu, ale hustota je podobná u ledu I_h. Dalším typem ledu, je ten, který vzniká při vysokých tlacích, kdy dochází ještě k dalšímu dělení (modifikace) na typy II až VII – jsou tetraedricky uspořádané a s vyšší hustotou než struktura I. Vlivem teploty a tlaku dochází často k deformacím atomárního uspořádání.

U všech struktur atomárního uspořádání jsou atomy vodíku neuspořádané až na strukturu II. U forem ledu III a VII lze hovořit o nízkoteplotním vzniku. V dalších formách typu II, VIII, IX jsou pak atomy uspořádané, ale u vysokotlakých polymorfních uspořádání typu VI a VII se takové struktury objevují až při teplotách nad 80°C. Tyto vysokotlaké formy ledu lze charakterizovat především jejich větší hustotou než ledu typu I. Tzv. sklovitá forma vodního ledu se dá získat až při kondenzaci vodních par při teplotě pod - 160°C.

Uvedené fyzikální stavy vody mají svá přechodná skupenství. Ta mají souvislost s příjmem anebo výdejem tepelné energie. Nazýváme je vypařováním, kondenzací, sublimací, desublimací, tuhnutím a táním. Teplo nutné pro přechod mezi uvedenými skupenstvími nazýváme skupenským teplem. Jeho význam spočívá při změně skupenství, kdy při přechodu z kapalného do pevného látka voda odevzdává do svého okolí teplo. Dále při přechodu z pevného do kapalného skupenství dochází k přejímání tepla z okolí. Obecně se dá tvrdit, že přechod z jednoho skupenství do druhého lze považovat za děj s vysokou energetickou náročností. Množství skupenského tepla tání a skupenského tepla tuhnutí je stejný. Rozdíl je dán pouze v tom, jestli voda dané množství tepla přijme, anebo jej odevzdá. Stejná energetická výměna probíhá i u dalších přechodných stavů – kondenzace a vypařování, desublimace a sublimace.

Fyzikální proces vypařování, který lze charakterizovat přechodem skupenství kapalného v plynné probíhá neustále a za každých podmínek. Toto platí ale pouze na povrchu kapalně vody. Pouze za situace tzv. varu nastává přechod ze skupenství kapalného v plynné a nastává v celém objemu kapaliny. Jev varu probíhá za běžného atmosférického tlaku (1013 hPa) a okolní teploty a jeho hodnota (teplota kapaliny) je 100°C. Tato hodnota se ale může úměrně měnit v důsledku změny okolního atmosférického tlaku tak, že při jeho zvýšení se zvýší i hodnota bodu varu (je nutný vyšší tlak vodních par) a při nižším atmosférickém tlaku se bod varu snižuje (nižší vyšší tlak vodních par). Teplota bodu varu vody je tedy úměrně závislá na okolním tlaku. To

znamená, že snížením okolním tlaku na 122 hPa dosáhneme nižší bod varu o hodnotě 50°C. Při zvýšení okolního tlaku na 2000 hPa dosáhneme bodu varu při teplotě 120°C.

U uvedené vlastnosti vody lze najít široké praktické uplatnění při domácí a průmyslové přípravě potravin. Typickou pomůckou využívajícího tohoto jevu je Papinův hrnec – jeho konstrukce umožňuje udržet větší tlak, než je hodnota okolního atmosférického tlaku a díky tomu se potraviny vaří při vyšší teplotě, než je uvedených 100°C. Podobně se můžeme dívat na vysokohorské výstupy, kde se horolezci setkávají mimo jiné i ze skutečností, že jim voda vře při nižší teplotě, než je 100°C. V důsledku tohoto jevu se horolezcům nedaří uvařit běžné potraviny, protože bod varu má příliš nízkou hodnotu. Dalším příkladem z praxe je jaderný reaktor, kde se ohřívá voda (chladicí médium) na hodnoty vyšší, než je 320°C. Je to umožněno díky konstrukci tlakové nádoby, kde je okolní tlak na hodnotě cca 150 000 hPa.

Samotný bod varu je mimo tlaku v nádobě ovlivňován také různými příměsemi, které jsou ve vodě obsaženy. V praxi to může být situace související s přidáním soli anebo cukru. Změna teploty body varu T_b není ovlivněna jenom druhem, ale i množstvím rozpuštěných částic. Za situace, že považujeme množství rozpuštěných částic ve vodě za konstantní, vyjadřujeme je tímto tvarem

$$T_b = K_b \cdot m \cdot i,$$

kde symbol K_b představuje ebullioskopickou konstantu (typická pro rozpouštědla); písmeno m označuje molaritu roztoku, což znamená podíl látkového množství rozpouštědla a rozpuštěné složky; dále i určuje počet jednotlivých částic na molekulu sloučeniny v roztoku tzv. van't Hoffův faktor. Určení změny teploty body varu je tedy podřízeno matematické zkoušce.

Zajímavým příkladem, jak zjistit o kolik stupňů se změní hodnota bodu varu, je přimíchání cukru anebo soli do vody. První příklad má zadání o kolik stupňů celsia se změní bod varu v 1 % roztoku soli (10 g soli/990g vody). Druhý příklad o kolik stupňů celsia se změní bod varu v 10 % roztoku cukru (100 g cukru/900g vody). Jedná se o běžné jevy, se kterými se setkáváme v domácí kuchyni. K řešení takového příkladu potřebujete znát jednak i , a to je u soli $i=2$ a u cukru na hodnotě $i=1$. Dále pak molární hmotnost obou látek, kdy u soli je $M_{soli} \cong 58g \cdot mol^{-1}$ a u cukru $M_{cukru} \cong 342g \cdot$

mol^{-1} . Poslední hodnotou je Ebulioskopická konstanta, která má pro vodu hodnotu $K_b = 0,51^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Řešení příklad 1: bod varu se v uvedeném zadání změní o $0,18^\circ\text{C}$ a jedná se tedy o zanedbatelnou změnu.

$$T_b = K_b \cdot m \cdot i = K_b \cdot \frac{10}{M_c} \cdot i \cong 0,51 \cdot \frac{10}{58} \cdot 2 \cong 0,18^\circ\text{C}.$$

Řešení příklad 2: bod varu se změní $0,17^\circ\text{C}$, a tudíž je i tato změna zanedbatelná.

$$T_v = K_b \cdot m \cdot i = K_b \cdot \frac{111}{M_c} \cdot i \cong 0,51 \cdot \frac{111}{342} \cdot 1 \cong 0,17^\circ\text{C}.$$

Dalším jevem spojeným s vodou je kondenzace vodních par. Můžeme jej pozorovat za celé řady situací v přírodě, kdy se vodní pára se přeměňuje v kapičky vody vždy, když je ochlazena. Nejčastěji se s efektem kondenzace par setkáme v době, kdy dochází ke srážkám. Na uvedeném principu probíhá v přírodě tzv. koloběh vody neboli vodní cyklus. U tohoto děje se setkáváme fyzikálními principy, které popisují vlastnosti tekutin. Popis tohoto děje začíná u tvorby oblaků, ze kterých pak vznikají vodní srážky. Za vznikem oblaků stojí teplota vzduchu, při zvýšených teplotách dochází k lepší absorpci, to znamená, že čím vyšší teplota tím větší množství vodních par může přijmout. Na planetě Zemi dochází k setrvalému odpařování vody. Výčtově můžeme tvrdit, že k odpařování dochází z povrchů všech vodních povrchů (oceány, moře, řeky) dále pak například i z povrchů listů rostlin a živých tvorů, jako je i člověk.

Nízká hustota vody má za následek, že vodní páry v atmosféře stoupají směrem vzhůru. Ve vyšších vrstvách atmosféry je vždy o něco chladněji, a proto jakmile se vzduch vodní párou nasytí, může se přeměnit na kapalnou vodu. Na kondenzačních jádrech se začnou vytvářet kapičky vody, které mají oproti vzduchu větší hustotu, ale neustále stoupající páry jim brání v tom, aby padaly směrem k zemskému povrchu. Vzniklé drobné kapičky se koncentrují do větších celků, které popisujeme jako oblaka. Ta padají k zemi v podobě deště až za situace, kdy je jejich tlak větší než tlak stoupajících vodních par.

V přírodě lze kondenzaci vodních par pozorovat i za situace kdy neprší. V noci, kdy je teplota vzduchu nižší než přes den, se vodní páry obsažené ve vzduchu kondenzují. A to na místech zemského povrchu, který vyzařuje přes noc nejvíce tepla do atmosféry. Tato místa jsou tedy chladnější, a proto dochází na nich ke kondenzaci – typicky rosa vzniká

v době jasných nocí a za bezvětří. Jasná obloha je jako podmínka nutná pro to, aby ze zemského povrchu mohlo vyzařovat dostatečné množství tepla do atmosféry. Dá se také konstatovat, že když je jasná obloha, je teplotní gradient mezi denní a noční teplotou větší. Za situace, kdy bude foukat vítr, nedochází k nasycení vzduchu vodními parami a ty se pak nemohou přeměnit ve vodní kapky. Takto vzniklé vodní srážky označujeme jako ranní rosu.

Přechodný děj mezi kapalným a pevným skupenstvím se nazývá tuhnutí. V kontextu vody je správnější termín mrznutí. Dále se při stejné hmotnosti látky sníží i její hustota. V praxi to znamená, že když se látka zahřívá, tak zvětšuje svůj objem, vyjadřujeme vztahem: $\rho = \frac{m}{V}$, kde ρ -hustota; m -hmotnost; V -objem. Uvedené tvrzení platí u většiny

Tabulka 1: Závislosti změny hustoty vody na teplotě							
t (C)	0	10	20	30	40	50	60
$\rho(kg/m^3)$	999,842	999,702	998,206	996,651	996,651	985,69	980,55

látek, voda však má výjimku, kterou nazýváme anomálie vody.

Tabulka 1: Závislosti změny hustoty vody na teplotě. Zdroj: TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2009. s. 95. ISBN 978-80-7235-414-6.

2.4 ANOMÁLIE VODY

K dalším zvláštním vlastnostem patří i jev, který definujeme jako anomálie vody. Ten je důležitý pro život vodních živočichů. Při zahřívání látky dochází k tomu, že se zvětšuje její objem a tím i klesá její hustota. Při ochlazování látky zase nastává situace, kdy látka zvyšuje svoji hustotu a klesá její objem. Toto platí u vody pouze při teplotách vyšších než 4 °C anebo nižších než 0°C. Voda v rozmezí teplot od 0 °C do 3,98 °C svůj objem zmenšuje a její hustota vzrůstá. V důsledku této anomálie mají možnost přežít sladkovodní živočichové i ve stojatých vodách přes zimu. Teplota vody v období podzimu klesá, zvyšuje se tím i její hustota a z tohoto důvodu chladnoucí voda klesá ke

dnu. Největší měřitelnou hustotu má voda při teplotě 4 °C, to je hodnota, kterou vždy najdeme u dna vodních nádrží. Z toho plyne skutečnost, že čím je voda chladnější, tím má větší objem, a proto bude u hladiny voda chladnější než 4°C. Typicky je teplota vody za uvedené situace při hladině na hodnotě 1 °C, ale za situace, kdy teplota vody klesla na 0 °C, voda na hladině začne zamrzat. Díky tomuto jevu voda ve vodních nádržích zamrzá od hladiny a dává tím možnost vodním rostlinám a živočichům přečkat zimu

v blízkosti dna nádrže (celoroční teplota vody cca 4 °C). Důležitým faktorem ale je hloubka nádrže, protože za situace, kdy nebude dostatečně hluboká, promrzne na dno.

Tabulka 2: Závislosti změny hustoty anomální vody na teplotě							
t (C)	0	2	4	6	8	10	12
$\rho(kg/m^3)$	999,842	999,942	999,975	996,943	999,830	999,702	999,499

Tabulka 2: Závislosti změny hustoty anomální vody na teplotě. Zdroj: TESÁŘ, Jiří a František JÁCHIM. Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2009. s. 95. ISBN 978-80-7235-414-6.

Skutečnost že při teplotě 0 °C je voda obvykle zamrzá, nemusí platit vždy. Existuje stav, který nazýváme podchlazená voda. Ta existuje v kapalném skupenství a může dosahovat teploty - 40°C. Uvedené teploty je možné dosáhnout v laboratoři za situace, kdy je k dispozici extrémně čistá voda a nejsou v ní žádné nečistoty, které slouží jako krystalizační jádra. Podchlazenou vodu lze v přírodě najít v oblasti geografických pólů v mracích typu cumulus. Udržení podchlazené vody v kapalném stavu není jednoduché, protože při sebemenší kontaminaci krystalizuje.

Dalším jevem spojeným s vodou je sublimace, tedy přechod ze skupenství pevného do plynného, aniž by tato látka prošla skupenstvím kapalným. Za situace, že teplota okolního prostředí je pod bodem mrazu, led sublimuje ve vodní páru. Uvedený jev je však okem velmi těžko pozorovatelný, protože vodní pára není vidět. Se sublimací se u pevných látek můžeme obecně setkat, protože všechny pevné látky, které jsou pro nás zdrojem vůně anebo zápachu, fyzikálně sublimují. Příkladem pevné látky, která

sublimuje je tvrdé mýdlo, u kterého dochází k uvolňování aromatických uhlovodíků. Ty jsou zdrojem vůně anebo zápachu, a přitom se jedná o pevnou látku.

Reverzním dějem k sublimaci je desublimace, která představuje přechod z plynného skupenství na pevné. K desublimaci dochází i při velmi nízkých teplotách a můžeme tento jev pozorovat ve formě jemných jehliček (obdobné podmínky jako u rosy) neboli jinovatky. Dalším příkladem desublimace je vznik sněhové vločky, které také vznikají z vodních par při jejich prudkém podchlazení. Ty vznikají shlukováním krystalků (agregaci) vody, které jsou tvořeny vodní párou. Krystaly sněhové vločky se shlukují při teplotě vyšší, než je $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale zároveň k nejintenzivnějšímu shlukování dochází při teplotách kolem $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tehdy mají sněhové vločky i největší velikost. Na povrchu velmi malých částic se srážejí kapičky vody o velikosti molekul. Z těch se začnou vlivem mrazu utvářet ledové krystalky. Při postupném stoupání krystalků vzhůru dochází k jejich postupné krystalizaci. Na tento krystal se nabaluje stále více kapiček. Ty okamžitě tuhnou a vytváří novou sněhovou vločku. Struktura vznikajících krystalů závisí především teplotě a vlhkosti místního prostředí. Z tohoto důvodu jsou vznikající krystaly vloček velmi různorodé. Vznik a tvar vznikajících vloček je ovlivněn srážkami krystalů (pozitivní a negativní srážky) a turbulentním prouděním. Díky nekonečnému uspořádání molekul vody a vlivem různých podmínek vzniku nemohou vzniknout dvě identické sněhové vločky. Velikost vloček je typicky do 5 mm a jejich padání k zemskému povrchu je dáno jejich hmotností.

2.5 TEPELNÁ KAPACITA VODY

Tepelná kapacita vody je fyzikální veličina, kterou popisujeme, jak rychle se daná látka ohřívá za situace, že jí dodáme energii ve formě tepla. Při ohřívání dvou kapalin z různých látek pomocí jednoho zdroje tepla se nebude jejich teplota zvyšovat stejně rychle. Tepelná kapacita definuje, o jakou hodnotu se zvýší teplota kapaliny z dané látky o určité hmotnosti, pokud jí dodáme teplo. Měrnou tepelnou kapacitou určujeme tepelnou kapacitu látky pro jeden kilogram. Dále má každá látka svou vlastní měrnou tepelnou kapacitu, která je závislá na jejím skupenství. Změřená tepelná kapacita vody za normálních podmínek má hodnotu $4,18\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$, ale u ledu je tato hodnota $2,09\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$ při 0°C . Vodní pára o teplotě $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ pak má $1,95\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$. Měrná tepelná kapacita je i závislá na teplotě látky, ale při nepatrných teplotních změnách můžeme uvedenou závislost

zanedbat, např. za situace, že voda se v kapalném skupenství objevuje výhradně v rozmezí mezi 0 °C a 100°C. U skupenství vody v podobě pevné a plynné látky lze sledovat změny měrné tepelné kapacity v širším spektru teplot. Z tohoto důvodu sdělujeme pro přesnost teplotu, při které je měrná tepelná kapacita již předem určena. Pro srovnání lze uvést například měrnou tepelnou kapacitu u železa. Železo má měrnou tepelnou kapacitu poměrně malou, a to o hodnotě $0,450 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, ve srovnání s vodou o řád menší. Takže víme, že zahříváním železného hřebíku dosáhne vyšších teplot za významně kratší dobu než u stejného množství vody. S jistotou můžeme tedy napsat, že kolikrát má látka vyšší hodnotu měrné tepelné kapacity, tolikrát více tepla budeme potřebovat pro její ohřátí. Z uvedeného lze také odvodit, že voda není zcela ideálním vodičem tepla.

2.6 HYDROSTATICKÁ TLAKOVÁ SÍLA

Vliv hydrostatické tlakové síly na těleso ponořené do vody lze velice snadno pozorovat například při potápění v nepromokavém obleku (tzv. suchý oblek, nepronikne jím voda). Tento oblek neobepíná v běžném okolním tlaku tělo potápěče, ale při jeho zvýšení, například sestoupením pod hladinu tento oblek pevně obejmě tělo potápěče. Toto chování je důsledkem tlakové síly vody, která na ponořené těleso působí.

Hydrostatický tlak působící pod hladinou je přímo úměrně závislý na hustotě kapaliny a hloubce ponoření. Z toho vyplývá vztah $p_h = h\rho g$, kde p_h je hydrostatický tlak, ρ je hustota kapaliny a g je tíhové zrychlení. Dále lze ve vodě pozorovat jev, který nazýváme hydrostatickým paradoxem, který vyjadřujeme vztahem $F = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$, kde F je působící síla a S plocha dna nádoby. Tlaková síla působící na dno nádoby nezávisí na tvaru nádoby jako takové, ale závisí pouze na obsahu jejího dna (S), výšce hladiny (h), hustotě kapaliny (ρ) a tíhovém zrychlení (g). Toto lze interpretovat v tomto smyslu: na dno působí tlaková síla, která není závislá na celkové hmotnosti kapaliny. Uvedené skutečnosti osvětlil již v 17. století Blaise Pascale (1623-1662).

Pascalův zákon popisuje chování kapaliny v uzavřené nádobě. I přes tuto jednoznačnost je znění toho zákona mnohdy na stránkách učebnic modifikován: „*Působením vnější tlakové síly kolmo na povrch kapaliny v uzavřené nádobě vznikne ve všech místech kapaliny stejný tlak.*“ [Kolářová, Bohuněk, 2002, str. 130] anebo „*Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalně těleso v uzavřené nádobě, je ve všech místech stejný.*“ [Bednařík, Šířoká, 1994, s. 213] anebo „*Změníme-li tlak v jednom místě tekutiny, objeví*

se táž změna prakticky ihned v každé části této tekutiny i na stěnách nádoby, ve které je tekutina uzavřena.” [Halliday, Resnik, Walker 2006 s. 391]

K uvedeným interpretacím je nutné uvést, že mluvíme pouze o vnější síle působící kolmo na povrch kapaliny – nezohledňují se síly zemské gravitace. Ta působí na kapalinu v gravitačním poli Země. V pozemských podmínkách tedy platí, že vnější tlak působí kolmo na povrch kapaliny v uzavřené nádobě a tím pádem vzroste tlak ve všech místech kapaliny o stejnou hodnotu. Nejsprávnější citací Pascalova zákona v rámci uvedených citací je citace: „*Působí-li na kapalinu v uzavřené nádobě vnější tlaková síla, zvýší se tlak ve všech místech kapaliny stejně.*“ [Rauner, 2005, str. 77] K tomu lze ještě dodat, že pokud na povrch kapaliny působí dostatečně velká síla, je tlak vyvolaný vnější silou větší (násobně) než hydrostatický tlak působící uvnitř kapaliny. Z toho důvodu lze hydrostatický tlak zanedbat. Z uvedené definice zřetelně vyplývá, že hydrostatický tlak se v kapalině pod vnějším tlakem nikde neztrácí, ale pouze představuje jeho zvýšení o stejnou hodnotu.

Z pohledu školní výuky lze Pascalův zákon uvádět v kontextu praktického života, respektive jeho aplikace u hydraulických zařízení. Praktický pokus v tomto kontextu představují dvě spojené nádoby, kde na hladině obou nádob budeme mít píst. Začneme-li působit tlakovou silou pomocí prvního pístu na povrch kapaliny, ve spojených nádobách se bude tlak v kapalině šířit v celém jejím objemu stejně. Toto se projeví tak, že druhý píst umístěný na druhé hladině se začne nadzvedávat. Pro tuto situaci lze použít uvedený vzorec $p = \frac{F}{S}$, kde p představuje tlak, F je síla a S je plocha, na kterou silou působíme. V kapalině působí pod oběma písty stejný tlak $p_1 = p_2$, pak tedy platí vztah $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$.

Dalším praktickým příkladem využití Pascalova zákona jsou různé typy hydraulických zvedáků, pístů, lisů a brzd. Takto rozsáhlé využití je dáno obecnou platností Pascalova zákona, který je obecně platným principem pro všechny kapaliny. V hydraulických zařízeních se velmi často využívají i jiné kapaliny, než je voda. I když v minulosti byla první kapalinou v hydraulických zařízeních voda. Její korozivní účinky na vnitřní povrchy, rychlost odpařování, nevhodná viskozita a špatná schopnost mazat vedly konstruktéry k jejímu nahrazení minerálními oleji.

2.7 ARCHIMÉDŮV ZÁKON

Obecně Archimédův zákon vyjadřuje hodnotu vztlakové síly působící na tělesa ponořená do kapaliny. Jeho dikce zní: „*Na těleso ponořené do kapaliny působí svisle vzhůru vztlaková síla. Velikost vztlakové síly F_{vz} se rovná velikosti tíhové síly F_g , působící na kapalinu stejného objemu, jako je objem ponořené části tělesa. Platí $F_{vz} = V\rho_k g$, kde V je objem ponořené části tělesa a ρ_k je hustota kapaliny a g je tíhové zrychlení*“ [Kolářová-Bohuněk, 2002, s. 157] anebo “*Těleso ponořené do tekutiny je nadlehčováno silou, která je stejně velká jako tíha tekutiny tělesem vytlačena.*” [Halliday, Resnik, Walker 2001 s. 393]

Těleso ponořené do konkrétní kapaliny je nadnášeno vztlakovou silou, jejíž velikost lze poměrně snadno určit pomocí experimentu. Z poznání přírody víme, že na těleso působí v atmosféře tíhová síla a při jeho ponoření do kapaliny – vody, proti tíhové síle působí navíc síla vztlaková. Určení vztlakové síly je možné pomocí siloměru, na který zavěšíme těleso a odečteme udávanou hodnotu ze stupnice siloměru. Dále stejné těleso zavěšené na siloměru ponoříme do kapaliny, například vody. Siloměr ukáže na stupnici novou hodnotu. Výsledná hodnota je pak rovna rozdílu mezi tíhovou a vztlakovou silou, tedy $F = F_g - F_{vz}$. Kde F je hodnota, kterou bude stupnice siloměru ukazovat, když je těleso ponořené v kapalině (vodě); F_g je číselná hodnota, kterou bude stupnice siloměru ukazovat, když je těleso zavěšeno ve vzduchu; F_{vz} je číselná hodnota vztlakové síly, kterou lze z uvedeného vztahu matematickou operací vyvodit. Z uvedeného vyplývá, že velikost vztlakové síly, která těleso v kapalině nadnáší, závisí úměrně na hustotě kapaliny.

Z uvedených poznatků lze nesprávně vyvodit, že ve vzduchu tedy žádná vztlaková síla není, respektive neexistuje. Uvedené tvrzení nelze považovat za pravdivé, protože vztlaková síla ve vzduchu je malá ve srovnání s uvedenou silou ve vodě. Z toho důvodu bývá zpravidla zanedbána a do matematických operací s hodnotami není vkládána. Závěrem je skutečnost, že Archimédův zákon a vztlaková síla jsou pozorovatelné, měřitelné a platné jak ve vodě, tak ve vzduchu. Příkladem nevnímání vztlakové síly vzduchu je lidské tělo. Člověk její působení, respektive nadnášení nevnímá. Toto je dáno přizpůsobením se životu ve vzdušné atmosféře. [9]

2.7.1 PLOVÁNÍ TĚLES

Z Archimédova zákona vyplývá, že tělesa jsou ve vodě nadnášena vztlakovou silou. Ta závisí jen na objemu daného tělesa a na hustotě kapaliny vyjádřeno vztahem: $F_{vz} = V\rho_k g$, kde F_{vz} = vztlaková síla; V = objem; ρ_k = hustota kapaliny; g = tíhové zrychlení. Když budeme mít tedy nádobu s vodou a několik těles o stejném objemu, co bude rozhodovat o tom, zda bude těleso plovat, vznášet se, nebo se potopí? Rozhoduje o tom velikost síly, kterou je těleso naopak přitahováno ke dnu nádoby.

Tělesa stejného objemu, ale rozdílného materiálu mají i různou hustotu. Z tohoto důvodu mají i rozdílnou hmotnost, a proto vztlaková síla kapaliny nemusí stačit k tomu, aby těleso v kapalině plovalo, anebo v ní bylo nadnášeno. Jestliže je tíha tělesa a vztlaková síla v rovnováze, říkáme, že se těleso v kapalině vznáší, ale pokud je velikost vztlakové síly menší než velikost tíhy tělesa, tak klesá ke dnu. V situaci, kde je velikost vztlakové síly v kapalině větší než velikost působící tíhy, hovoříme o tom, že těleso v kapalině plove.

V tomto kontextu lze připomenout rozdíl mezi plaváním ryb a plováním jako fyzikálního jevu. Plavání ryb je pohyb, který ryby vykonávají. S pomocí Archimédova zákona se dá vysvětlit pohyb ryb pod vodní hladinou. Ryby zpravidla mají ve svých útrebách plynový měchýř. Ten je produktem evoluce, kdy se vyvinul vychlípěním trávicí trubice a navazuje na střevo. Takové uspořádání umožňuje rybám ovládat množství vzduchu v měchýři (polykáním vzduchu, vypuzováním). Dle množství vzduchu, které mají ryby ve svém těle, ovlivňují své schopnosti pohybovat se v různých hloubkách. Zjednodušeně můžeme říct, že množství vzduchu, které má ryba ve svém těle, ovlivňuje průměrnou hustotu jejího těla. Podle toho, kolik vzduchu ve svém měchýři má, se ryba může pohybovat v různých hloubkách pod hladinou. [9]

2.8 OPTICKÉ VLASTNOSTI VODY

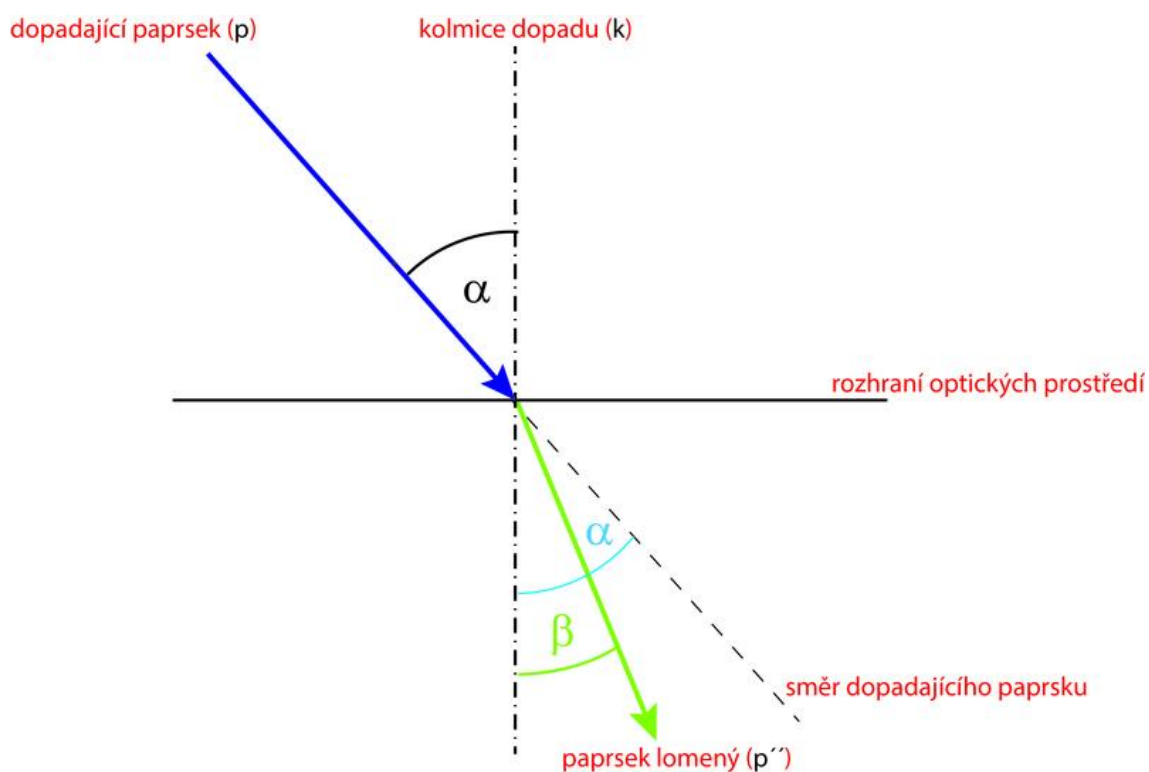
Optické prostředí, které je nejčastěji zkoumáno lidským okem vzduch – vidíme barvy, předměty a okolní prostředí. Světlo neprochází jenom vzduchem, ale i jinými optickými prostředími. Světlo se v těchto rozdílných prostředích šíří všemi směry a různou rychlostí. Z toho plyne, že vidění ve vodě bude rozdílné od vidění například ve vzduchu.

Na sítnici lidského oka dopadají fotony světla, které má ve vakuu rychlost 300 000 000 m/s (tzv. rychlost světla). Ve vzduchu je tato rychlost velmi blízká rychlosti ve vakuu a má hodnotu 299 792 458 m/s. Ve vodě je světlo výrazně pomalejší a má hodnotu 230 000 000 m/s to je asi o $\frac{1}{4}$ nižší rychlost než ve vakuu. Obecně se tvrdí, že jedno optické prostředí je opticky řidší, anebo opticky hustější než jiné. Voda je prostředí opticky hustší, a proto je rychlost světla pouze na $\frac{3}{4}$ rychlosti světla vzduchu. Dále platí, že světlo, resp. světelný paprsek procházející z jednoho optického prostředí do druhého mění svoji rychlost a zároveň na rozhraní optických prostředí dochází k jeho lomu a tím i změně směru. Tabulka č. 3. Při přechodu světla z opticky řidšího prostředí do prostředí opticky hustšího, například ze vzduchu do vody, dochází k lomu světla ke kolmici. Úhel dopadu světla je tedy větší než úhel jeho lomu. [8]

Tabulka č.3: Některé indexy lomu pro vlnovou délku 589 nm (žluté sodíkové světlo)			
látka	index	látka	index
vakuum	1	Typické sklo	1,50
vzduch	1,0029	Chlorid sodný	1,54
voda (20 °C)	1,33	polystyren	1,55
aceton	1,36	sirouhlík	1,63
etylalkohol	1,36	Těžké flintové sklo	1,65
roztok cukru (30 %)	1,38	safir	1,77
tavený křemen	1,46	Nejtěžší flintové sklo	1,89
roztok cukru (80 %)	1,49	diamant	2,42

Tabulka 3: Některé indexy lomu pro vlnovou délku 589 nm (žluté sodíkové světlo). Zdroj: HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. 4. Brno: VUTIUM, 2000, s. 904 Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.

Do oka dopadají paprsky světla, které se odráží od daného předmětu. Díky tomu, že máme dvě oči, máme schopnost vnímat polohu bodu, z něhož paprsky světla vyšly, v prostoru. Oko ale neumí rozpoznat, odkud paprsky světla pocházejí.



Obrázek 3: Lom světla na kolmici, Zdroj: <http://elearning.zskj.cz/kurzy.php?id=39>

Pozorujeme-li předměty na dně nádoby, zdá se nám, že předměty ležící na dně nejsou příliš hluboko. Paprsek na rozhraní vzduch-sklo se láme, nazýváme úhel, který svírá paprsek procházející do skla s kolmicí, **úhlem lomu**. Porovnáním naměřených úhlů lze zjistit, že úhel dopadu α je vždy větší než úhel lomu β . Tento jev nazýváme lom ke kolmici.

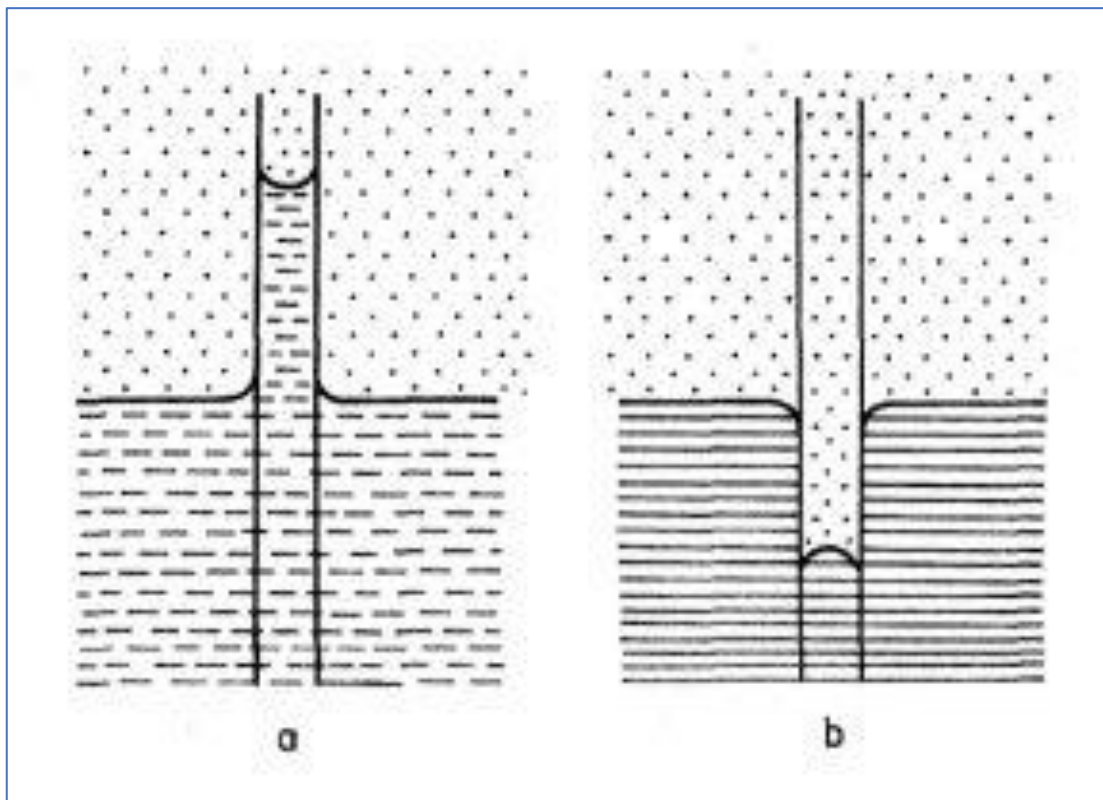
2.9 KAPILÁRNÍ JEVY

Z povrchového napětí víme, že záleží na tom, zda jsou molekuly vody v povrchové vrstvě, nebo uvnitř kapaliny. Podle umístění molekul potom určíme směr výsledné síly, která na ně působí. V situaci, kdy umístíme vodu do zavřené nádoby, tak existují pouze dva přechody mezi prostředími: voda a vzduch; voda a nádoba. Voda se v těchto přechodech chová podle sil, které na ni působí. Když na molekulu vody působí větší síly od molekul nádoby, je přitahována ke stěně nádoby. Popisovaný jev je pozorovatelný u hladiny a tedy říkáme, že kapalina smáčí stěny nádoby s kapalinou. Když do této nádoby umístíme velice tenkou trubičku, které říkáme kapilára –

pozorujeme jev nazvaný **kapilární elevace**. Hladina vody v kapiláře vystoupá do měřitelné výšky.

Uvedený jev kapilární elevace je jevem, bez kterého by například nemohly rostliny získávat vláhu. V rostlinách voda putuje ve směru kořeny, větve, listí a květy. Toto je právě umožněno kapilární elevací.

Pletiva rostlin jsou de facto velmi tenké kanálky (trubičky), které fungují stejně jako tenká trubička vložená do nádoby s kapalinou. Stejně kanálky se vyskytují i v textilních materiálech, ale také ve zdech domů. Když těmito kanálky voda stoupá, je to dáno kapilární elevací – říkáme, že vzlíná.



Obrázek 4: kapilární elevace (a) a deprese (b). Zdroj: Kapilární jevy v úzkých trubicích. Průvodce kurzy z fyziky [online]. Praha: Fyzikální sekce Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/9_7.

3. VYPRACOVÁNÍ METODICKÝCH MATERIÁLŮ PRO VYUŽITÍ VYBRANÝCH JEVŮ PŘI VÝUCE FYZIKY.

Z uvedených fyzikálních jevů, které jsem teoreticky rozpracovala v kapitole Fyzikální analýza jevů spojených s vodou s přesahem do výuky fyziky na ZŠ, jsem pro praktické zpracování vybrala kapilární jevy (kapilární elevaci a kapilární depresi) a optické vlastnosti vody (lom světla).

Struktura jednotlivých metodických materiálů má část teoretickou, která uvádí fyzikální východiska daného jevu a odpovídá současnému poznání. To znamená potřebné laboratorní vybavení pro realizaci důkazu. Poslední část obsahuje popis průběhu experimentu včetně záznamu jeho výsledku.

Výběr experimentů byl také ovlivněn možnostmi domácí realizace. Domnívám se, že pro žáky je také důležité, aby si některé fyzikální jevy mohli sami doma provést. Další možností je jejich pozorování přírodě např. povrchové napětí. Vidím v tomto přínos především pro žáky, kteří jsou více prakticky zaměřeni, dále pro žáky, kteří mají zájem si prohlubovat své vědomosti.

3.1 DŮKAZ KAPILÁRNÍCH JEVŮ A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU

Vlastnosti kapalin souvisí s vlastnostmi molekul. Molekuly kapalin se udržují přibližně ve stejných vzdálenostech od sebe, nejsou vázány na jedno místo a mohou po sobě klouzat. Mezi molekulami působí odpuzivé a přitažlivé síly.

Nalijeme-li vodu do nějaké nádoby, těleso vody zaujímá určitý objem a od okolního prostoru je odděleno jednak stěnami nádoby a jednak hladinou. U klidné kapaliny považujeme hladinu za část vodorovné roviny. Na hladině vody je povrchová blána, která má určitou pevnost a pružnost. Fyzikální veličina, která popisuje vlastnosti povrchové blány, se nazývá **povrchové napětí**. Čím je povrchové napětí větší, tím snáze se na jeho povrchu mohou udržet různá tělesa.

Mýdlový roztok má menší povrchové napětí než voda, a proto je pružná blána na povrchu vody s mýdlem poddajnější, voda se snáze dostane k povrchu rukou a umožní důkladné umytí.

Když, je voda v uzavřené nádobě, tak není pouze jeden přechod mezi jednotlivými prostředími, tedy voda a nádoba, ale také přechod voda a vzduch. Předmětem naší hodiny je zjistit, jak se chová voda v těchto přechodových místech.

V předchozím experimentu jsme si představili jev, při kterém jsou síly molekul stěny nádoby větší, než vazby molekul vody: dochází k elevaci, ale pokud by tomu bylo naopak, nastává jev, který nazýváme deprese. To znamená, že přitažlivé vazby molekul nádoby jsou menší než vazby molekul vody. Ta nevzlíná, ale u stěny nádoby pozorujeme malé kruhové zakřivení směrem dolů. Pokud do nádoby vložíme velmi tenkou trubičku, budeme v ní pozorovat opět jev opačný kapilární elevaci. Hladina vody v kapiláře poklesne o určitou výšku. Tento jev nazýváme kapilární depresí. Tu nelze v přírodě běžně pozorovat, ale můžeme se s ní setkat například na stěnách nádoby s mastnými stěnami anebo v nádobě se rtutí.



Obrázek 5: Sada trubic na demonstraci kapilarity. Zdroj: <https://fyzikálníkabinet.cz/pokus/kapilarita/>

Kapilární jevy nejsou běžně v učebnicích pro základní školy uváděny, je tedy možné zařadit je až do učiva středoškolského. Na nižším stupni víceletých gymnázií nebo ve výběrových třídách je možné toto učivo uvádět mezi základními vlastnostmi vody.

Experiment kapilární elevace (vzlínavost) I.

Provedení: učitelský i žakovský experiment

Pomůcky: nádoba, kapalina, kapilára (tenká skleněná trubička)

Dostupnost pomůcek: běžná

Klasifikace experimentu: Motivační, expoziční a heuristický pokus

Popis: nádobu naplníme vodou (nemusí být plná) dále do vody vložíme kapiláru a pozorujeme hladinu – výšku a tvar. K záznamu lze použít náčrt nebo mobilní telefon.

Ponoříme-li kapiláru (trubičku s velmi malým průměrem) do nádoby s vodou, vystoupí hladina v kapiláře výše, než je hladina v nádobě. Tomuto jevu se říká kapilární elevace. Naopak, pokud ponoříme stejnou kapiláru do nádoby se rtutí, bude hladina v kapiláře níže než hladina v nádobě. V tomto případě mluvíme o kapilární depresi.

Zda dojde ke kapilární elevaci nebo depresi závisí na kombinaci kapaliny a materiálu kapiláry. Jestliže kapalina „smáčí“ stěny nádoby, hladina v kapiláře bude výš. Pokud kapalina „nesmáčí“, bude hladina v kapiláře níže než v okolí.

Rozdíl výšek hladin v kapiláře a v nádobě závisí na vlastnostech kapaliny (jejím povrchovém napětí a hustotě), na tloušťce kapiláry a tom, jak dobře kapalina stěnu nádoby smáčí nebo nesmáčí.

V experimentu je ukázána kapilární elevace s obarvenou vodou ve skleněné kapiláře. Nádobu naplníme vodou (nemusí být plná) dále do vody vložíme kapiláru a pozorujeme hladinu – výšku a tvar. K záznamu lze použít náčrt nebo mobilní telefon.



Obrázek 8: Výška hladiny. Zdroj: vlastní experiment

Propojení s praxí:

Kapilární jevy mají velký význam v praxi. Cukr, papír, cihly, dřevo dobře vsakují kapaliny – drobné póry uvnitř těchto látek tvoří kapiláry a díky elevaci dochází ke vztlínání kapaliny. Podobně v půdě se kapilárami dostává voda z hloubky do povrchových vrstev půdy, ve kterých jsou kořeny rostlin. Společně s dalšími živinami vystupuje tenkými kapilárami, které vytvářejí rostlinné buňky, do jednotlivých částí rostlin.

Petrolej má jednu špatnou vlastnost: po naplnění petrolejky, i přes dokonalé otření, se může stát, že za chvíli bude opět špinavá od petroleje. Důvodem je dobrá smáčivost petroleje a skla. Je-li hořák špatně přišroubovaný, vztlíná petrolej až na vnější povrch nádržky. Tuto schopnost petroleje můžeme i využít. Používá se při kontrole těsnosti zařízení či ke zjištění, zda nějaký kovový výrobek nemá neviditelné trhliny či póry. Takovou součást (třeba výkovek) ponoříme na chvíli do petroleje, pak pečlivě otřeme jeho povrch, natřeme např. bílým vápnem. Po uschnutí vápna vidíme, jak se na povrchu výkovku objevují mokré skvrny od petroleje, který vztlíná z trhlín a tím prozradí, kde jaké trhliny jsou a jak velké.

Je zajímavé se zamyslet nad tím, jak je možné, že svíčky stále hoří a také nad tím, proč má knot stálý přísun parafínu. Když odhoří část roztaveného parafínu v horním konci knotu, rozhraní mezi parafínem a vzduchem se prohne dovnitř mezi vlákna knotu. Tím se poněkud zvětší povrch rozhraní parafín-vzduch. Povrchové napětí parafínu se tomuto zvětšení snaží zabránit a výsledkem je nasátí dalšího parafínu ze spodních částí knotu a tím přísun paliva a udržení plamene. [27]

Experiment kapilární elevace a deprese II.

Provedení: učitelský i žakovský experiment

Pomůcky: nádoba, kapalina (voda), tuhý barevný papír, kapalný saponátový prostředek

Dostupnost pomůcek: běžná

Klasifikace experimentu: Motivační, expoziční a heuristický pokus

Popis: Vyrobíme si člun, který vyletí dopředu, jakmile se za ním dotkneme vody. Pokus ukáže, že voda má zvláštní sílu nazývanou povrchové napětí, které působí na plovoucí předměty. Tato tahová síla pomáhá také při očištění předmětů. Nádobu z poloviny naplníme vodou a pozorujeme tvar hladiny. Dále chvíli počkáme, až voda přestane vířit a na hladinu položíme člun, který jsme si vyrobili z barevného papíru. Postačí vystříhnout větší rovnoramenný trojúhelník. Člun plave. Na prst si dáme kapku saponátu. Je-li hladina klidná, jemně se jí dotkneme omočeným prstem za člunem. Člun prudce odstartuje. Saponát zeslabí tah povrchového napětí vody za člunem. Tah povrchového napětí je před člunem silnější než za ním, takže je tažen dopředu. Budeme-li chtít pokus opakovat, musíme vyměnit vodu v nádobě. Pokus lze zaznamenat nákresem, popřípadě fotografií nebo videem.



Obrázek 9: Člun plave na hladině. Zdroj: vlastní experiment



Obrázek 10: Saponátem měníme povrchové napětí. Zdroj: vlastní experiment



Obrázek 11: Člun se pohybuje. Zdroj: vlastní experiment

Propojení s praxí:

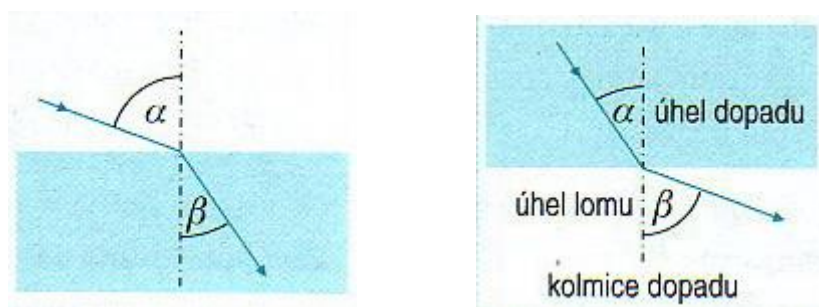
Příkladem je běžná činnost, jako je umývání nádobí. Saponátový čisticí prostředek pomáhá vodě umývat špinavé nádobí. Oslabuje přilnavou sílu, s níž špína a tuk ulpívají na nádobí. Při mytí to vodě pomáhá odstraňovat nečistoty.

3.2 OPTICKÉ VLASTNOSTI VODY A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU

Přirozeným optickým prostředím člověka je vzduch, kde vidíme barvy, předměty atd. pomocí zraku. Svět kolem nás je naplněn světelnými prostředky šířícími různou rychlostí. Ve vakuu se světlo šíří rychlostí 300 000 km/s a mluvíme o rychlosti světla. Tato rychlost se, v jiných optických prostředích mění. To je jedním z důvodů, proč to, co vidíme v atmosféře, není totožné s tím, co vidíme například ve vodě. Ve vzduchu, tedy v našem nejběžnějším optickém prostředí, je jeho rychlost blízká hodnotě ve vakuu, ale ve vodě dosahuje světlo rychlosti 230 000 km/s. A podobně bychom mohli uvést i rychlost šíření světla v diamantu, která má hodnotu 120 000 km/s. Důvodem je skutečnost, že každé prostředí má určitou specifickou optickou hustotu, vyjádřenou tzv. indexem lomu. Ten je buď absolutní a určuje kolikrát se světlo šíří pomaleji v daném prostředí než ve vakuu a vyjadřujeme vztahem $n = c/v$. Ve vakuu má index lomu hodnotu 1 a další prostředí pak mají index lomu vždy větší než 1.

Dále lze index lomu definovat, jako relativní tím rozumíme poměr rychlostí šíření světla ve dvou opticky rozdílných prostředích, a to v_1 a v_2 : $n_{12} = n_1/n_2 = v_2/v_1$. Podle tohoto můžeme určit, že voda je prostředí opticky hustší než vzduch. Na základě předchozího tvrzení můžeme určit, zdali je voda prostředí opticky hustější anebo řidší než vzduch. Pro nás je také důležité vědět, že světelný paprsek protínající rozhraní mezi dvěma prostředímí mění také směr svého průchodu. Dochází k jevu, který nazýváme lom světla.

Prochází-li světlo z opticky řidšího prostředí do prostředí opticky hustšího, jako je to například ze vzduchu do vody, dochází k lomu paprsku směrem ke kolmici a úhel dopadu je tedy větší než úhel lomu paprsku. Na obrázku 6a je patrný lom ke kolmici.



Obrázek 6a, 6b: Lom paprsku ke kolmici a lom paprsku od kolmice. Zdroj: Průvodce kurzy z fyziky [online]. Praha: Fyzikální sekce Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/9_7.

V situaci, kde světelný paprsek bude procházet vodou, až dojde na rozhraní se vzduchem, bude se tentýž paprsek lámat ve směru od kolmice. Obrázek 6b zobrazuje prostředí, ze kterého paprsek vychází z vody, a paprsek se na uvedeném rozhraní láme do vzduchu.

1) Tužka ponořená do vody, zdá se být nalomená (lom světla)

Provedení: učitelský i žákovský experiment

Pomůcky: průhledná nádoba, tužka, voda

Dostupnost pomůcek: běžná

Klasifikace experimentu: Motivační, expoziční a heuristický pokus.

Popis: do průhledné nádoby vložíme tužku a provedeme pozorování a záznam; dále průhlednou nádobu naplníme vodou a vložíme do ní tužku; provedeme pozorování a záznam; oba záznamy porovnáme.

Světlo procházející z jednoho prostředí do druhého se na jeho rozhraní láme. Z toho důvodu bude tužka ve vodě vypadat, že je zalomená.



Obrázek 12: Lom předmětu ve vodě. Zdroj: <https://www.pikist.com/free-photo-vybaq/cs>

Propojení s praxí:

V klidné vodní hladině se můžeme vidět jako v zrcadle (odraz světla). Podíváme-li se pozorně, vidíme kameny i ryby pod vodou (lom světla). Pokud zkusíme sáhnout pod vodu, pro kámen na dně, je to obtížné, zdá se nám blíže hladině, než ve skutečnosti je.

Vědcům se podařilo vyrobit materiál se záporným indexem lomu. Jestliže na takový materiál dopadne ze vzduchu paprsek světla, nelomí se jako u jiných materiálů. Průchod paprsku světla je zcela nezvyklý.

Spojná čočka vyrobená z materiálu se záporným indexem lomu by paprsky rozptylovala a rozptylka by je zase spojovala do jednoho bodu.

Materiály se záporným indexem lomu se v přírodě nevyskytují, je potřeba je vyrobit uměle. Předpokládá se, že tyto materiály se budou využívat v nových čočkách, anténách, světlovodech. [28]

2) Hydrogel a neviditelnost (index lomu)

Provedení: učitelský i žakovský experiment

Pomůcky: průhledná nádoba s vodou, hydrogelové kuličky

Dostupnost pomůcek: běžná

Klasifikace experimentu: Motivační, expoziční a heuristický pokus.

Popis: do průhledné nádoby s vodou se vloží hydrogelové kuličky, které s časem zvětší svůj objem o 95 % (superabsorbentní látka); hydrogelové kuličky jsou téměř ve vodní lázni nepozorovatelné; důvodem je skutečnost, že zvětšená kulička obsahuje 95% vody a tím pádem je zde shoda v indexu lomu. Hydrogelové kuličky je třeba 24 hodin před pokusem namočit do vody, aby došlo k jejich zvětšení. Žáci pozorují nádobu s kuličkami, kdy při klidovém stavu nejsou okem vidět. Při přelévání obsahu nádoby s kuličkami do jiné nádoby se kuličky zviditelní. Žáci mohou provést záznam pomocí mobilních telefonů.



Obrázek 13: Prázdná nádoba a nádoba s hydrogelovými kuličkami. Zdroj: vlastní experiment.



Obrázek 14: Přelévání a pozorování hydrogelových kuliček. Zdroj: vlastní experiment.

Propojení s praxí:

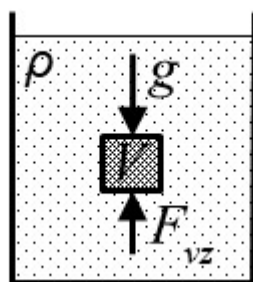
Jako hydrogely se souhrnně označují látky, které mají tu vlastnost, že pohlcují velké množství vody, aniž by se samy ve vodě rozpouštěly.

Hydrogelové kuličky jsou skvělým dekorativním prvkem, ale také dobrým způsobem, jak hydratovat rostliny a květiny v květináčích. Stačí jen nalít vodou a počkat, až nabobtnají. Kuličky vytvoří dekoraci, která vydrží až měsíc.

3.3 VZTLAKOVÁ SÍLA V KAPALINÁCH A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU

Hydrostatický vztlak vzniká jako důsledek tíhové síly, rozdílem hydrostatických tlaků na spodní a horní části tělesa, neboť tlak na spodní části je větší (spodní část je ve větší hloubce). Tato vztlaková síla se vyskytuje nejen v kapalinách, kde se označuje jako hydrostatická vztlaková síla, ale také v plynech, kde bývá označována jako aerostatická vztlaková síla (aerostatický vztlak). Hydrostatický vztlak směřuje vždy proti směru tíhové síly, tedy vzhůru. Jeho velikost závisí na objemu ponořené části tělesa a na hustotě kapaliny (a také na tíhovém zrychlení). Nezávisí na hloubce nebo celkovém objemu kapaliny, ani na hustotě nebo hmotnosti tělesa. [29]

Tento poznatek odvodil Archimédes ze Syrakus při koupání v lázních, když si všiml, že po ponoření do vody se zvedne hladina o objem tělesa. Archimédův zákon: **těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny stejného objemu jako je ponořená část tělesa.**



$$F_{vz} = \rho g V$$

Obrázek 15: Archimédův zákon.

Vodní zvedák (Archimedův zákon)

Provedení: učitelský i žakovský experiment

Pomůcky: plastový kyblík, plastový kyblík s vodou, igelitová taška, kameny

Dostupnost pomůcek: běžná

Klasifikace experimentu: Motivační, expoziční a heuristický pokus.

Popis: do tašky naložíme kameny. Potězkáme kameny v tašce, můžeme odhadovat jejich hmotnost. Tašku vložíme do prázdného kyblíku a držíme ji stále v ruce za uši. Začneme přilívat vodu do kyblíku, dáváme si pozor, aby voda nevnikla do tašky. Zkousíme tašku s kamením zvedat. Tentokrát již ke zvednutí tašky potřebujeme menší sílu. Voda tlačí zespodu na tašku s kamením a nadlehčuje ji. Žáci mohou provést záznam pomocí mobilních telefonů.



Obrázek 16: Příprava pokusu nadnášení vodou. Zdroj: vlastní experiment.



Obrázek 17: Průběh pokusu nadnášení vodou. Zdroj: vlastní experiment.

Propojení s praxí:

Voda nadnáší, proto výsledná síla působící na člověka ve vodě je menší než jeho tíhová síla. Lidé, kteří se zotavují po úraze, se díky nadlehčování pohybují ve vodě snáze než na suchu. Tohoto efektu se využívá při léčebných rehabilitačních cvičeních.

V lodní přepravě také využíváme vztlkové síly. Velká loď vytlačuje spoustu vody, proto na ni moře působí velkou vztlkovou sílu.

3.4 ZMĚNA SKUPENSTVÍ VODY A MOŽNOSTI ZAPOJENÍ DO VÝUKY POMOCÍ EXPERIMENTU

Každá látka se vyznačuje řadou fyzikálních charakteristik. Jednou z nich je i teplota tání, což je teplota, při které krystalická látka přechází ze skupenství pevného do skupenství kapalného. Teplota tání/tuhnutí ledu je 0 °C. Pokud led vydatně prosolíme, snížíme tím jeho teplotu tání/tuhnutí cca k -20 °C. Vyndáme-li z mrazáku led, velmi rychle jeho teplota vzroste na 0 °C a led začne pomalu roztávat. Pokud v této chvíli led osolíme, očitne se najednou vysoce nad teplotou tání/tuhnutí, která je v tu chvíli okolo -20 °C. Led proto začne prudce měnit své skupenství z pevného na kapalné. Na rozbourání krystalové struktury ledu je ovšem potřeba dodat velké množství energie. Tu si led vezme na úkor vnitřní energie vzniklé slané vody. Její teplota tak bude hluboko pod nulou. Pokud by led měl teplotu výrazně nižší, třeba -30 °C, tak by ani po prosolení k změně skupenství nedošlo.

Zvedání kostky ledu na nití

Provedení: učitelský i žakovský experiment

Pomůcky: ledové kostky, silnější nit, sůl, talířek

Dostupnost pomůcek: běžná

Klasifikace experimentu: Motivační, expoziční a heuristický pokus.

Popis:

Pokusíme se zvednout kostku ledu pomocí nitě, aniž bychom zavazovali uzel, či se kostky ledu dotýkali. Led posypeme solí, poklesne jeho teplota tání pod 0 °C a taje rychleji. Led v okolí provázku tedy rozmrzne. Studený led však brzy způsobí, že voda vzniklá táním znovu zmrzne a provázek přitom zamrzne do ledu.

Nit namočíme ve vodě a položíme ji na ledovou kostku. Nit posypeme solí a vyčkáme asi 30 sekund. Zvedneme nit a zároveň i kostku ledu. Chlad ledu znovu zmrazil roztátou vodu. Nit při tom přimrzla ke kostce.



Obrázek 18: Příprava pokusu zvedání kostky ledu.

Zdroj: vlastní experiment.



Obrázek 19: Nасыпání soli na kostku ledu.

Zdroj: vlastní experiment.



Obrázek 20: Zvedání kostky ledu pomocí přimrzlé nitě. Zdroj: vlastní experiment.

Propojení s praxí:

Zasněžená nebo zledovatělá cesta je kluzká a tedy nebezpečná. Posypeme-li ji solí, led nebo sníh se změní na vodu a můžeme bezpečně jezdit. Reálná teplota, kdy má solení silnic smysl, je jen několik málo stupňů pod nulou.

Tuhnutí vody v chladiči auta zabráníme použitím speciální nemrznoucí kapaliny. Bez nemrznoucí směsi v zimě auto ani nenastartujeme. Pravidelná výměna a doplňování chladičí kapaliny zajistí bezproblémovou jízdu i v extrémních mrazech a může dokonce zabránit vážnějším problémům, jako je porucha motoru. Nemrznoucí směsi mají účinnost až do -37°C .

3.5 VHODNÉ DIDAKTICKÉ ZAČLENĚNÍ VYBRANÝCH JEVŮ DO VÝUKY FYZIKY.

Při začleňování vybraných jevů do výuky musíme brát zřetel, s jakými typy didaktických prostředků je nutné pracovat a jaké máme ve skutečnosti k dispozici. Z typologie dělení didaktických prostředků plynou dva subsystemy. Prvním jsou didaktické prostředky materiální, kde vedle školní budovy a učebních pomůcek jsou i didaktické techniky.

V kontextu této kapitoly jsou důležité učební pomůcky, to znamená, že se jedná o skutečné předměty z reálného života, různé přírodniny, preparáty anebo výrobky. Ve fyzice lze využít i různých modelů, které jsou buď plně funkční (dynamické) anebo statické. Důležitým prvkem jsou měřicí přístroje, jako jsou různé teploměry, voltmetry, ampérmetry, váhy, generátory apod. Ty lze doplnit o grafické informace v podobě obrazů, nákresů na tabuli, obrazových souborů, fotografií apod. Dále lze využít symbolická zobrazení, jako jsou grafy, schémata, mapy, plány a diagramy. V současnosti se také výrazně uplatňují nosiče statických (data projekce), dynamických (film, video) a zvukových pomůcek (cd, hudební nástroje apod.) Dále lze výčtově uvést dotykové pomůcky (slepecké písmo, reliéfní obrazy), textové pomůcky (učebnice, sbírky úloh, slovníky, knihy, text na tabuli apod.) a nosič programů. (cd, dvd, internet, flash disk apod.). [10]

Další skupinou materiálních pomůcek je didaktická technika. Její využitelnost při řešení fyzikálních úloh lze chápat jako místo pro komunikaci. Do výčtu určitě patří různé typy tabulí (dotyková, magnetická, klasická, plexisklová atd.), přístroje s dynamickou projekcí (televizor), osobní počítač, počítačové sítě a internet. Uvedená didaktická technika je využitelná pro realizaci výukových programů ve smyslu přenosu informací v podobě zadání úkolů a jejich vyhodnocení. [25]

Druhým subsystémem jsou nemateriální didaktické prostředky a těmi rozumíme výukové metody, formy výuky a didaktické zásady. V kontextu této práce byla zvolena badatelská výuka, kterou můžeme přiřadit do skupiny metod posuzovaných z hlediska aktivity a samostatnosti žáků (psychologický přístup). Dále z hlediska pramene poznání a typu poznatků se jedná o výuku názorně demonstrační s pozorováním předmětů a jevů a také částečně výuku předvádění (předmětů, činností, pokusů, modelů). Z pohledu organizace výuky je individualizovaná. To znamená, že se pracuje se skupinou, ale úkoly jsou přeneseny na jednotlivce. Je organizovaná ve specializovaném výukovém prostředí, tím se myslí laboratoř anebo zvláštní učebna se specifickým vybavením. [25] [12]

Jako fyzikální pomůcky k realizaci experimentů pro první z nich lze zařadit průhlednou nádobu, tyčinky (nejlépe kontrastní, tak aby byly ve vodě pozorovatelná) anebo různobarevnou slámka (brčko). Dále pak voda, jako optické prostředí. Z dalších didaktických pomůcek lze do výuky začlenit data projektor a PC, pro zobrazení teorie a příkladů z praxe, současně i pro závěrečné hodnocení a grafickou ukázkou ideálního pokusu. Realizace experimentu je snadná a lze zvládnout i s donesenými didaktickými pomůckami. Časové rozložení tématu v hodině (minut 45/téma): úvodní a seznámení se s cíli hodiny, programem, motivace, kontrola pomůcek donesených žáky; využití data projektoru a PC (15 minut). Příprava a realizace experimentu 25; využití didaktických pomůcek, nádoba, voda, tyčinka anebo brčko. V závěrečné části hodiny vymezené časem cca 5 minut: zhodnocení, pochvaly a napomenutí.

Zkoumání indexu lomu lze využít tyto didaktické pomůcky: pro potřeby prezentace tématu a potřebné teorie lze využít tabuli, PC, data projektor a fyzická schémata. Pro samotný experiment potřebujeme velkou skleněnou nádobu, jako je například akvárium a kuličky hydrogelu. Dále pak sítko anebo síťku. U tohoto pokusu nelze počítat s dodáním pomůcek žáky. Je nutná příprava pedagoga, a to ve smyslu namočení hydrogelových kuliček do vody a to minimálně 24 h před konáním experimentů. Realizace experimentu je snadná a lze zvládnout i s donesenými didaktickými pomůckami. Časové rozložení tématu v hodině (minut 45/téma): úvodní a seznámení se s cíli hodiny, programem, motivace, kontrola pomůcek; využití data projektoru a PC (15 minut). Příprava a realizace experimentu 25; využití didaktických pomůcek, nádoba, voda, hydrogelové kuličky. V závěrečné části hodiny vymezené časem cca 5 minut: zhodnocení, pochvaly a napomenutí.

4. ZPRACOVÁNÍ A NÁVRH JEDNOHO JEVU FORMOU „BADATELSKY ORIENTO VANÉ VÝUKY“

Badatelsky orientovaná výuka je možností, jak prohloubit teoretické a praktické znalosti fyziky. V kontextu této práce se jedná o část fyziky, ve které se žáci základní školy seznamují s vlastnostmi vody. Předpokladem je, že jsou již informačně saturováni s fyzikálními vlastnostmi vody a je prostor pro podrobnější seznámení s tématem jako například přechody vody mezi jednotlivými skupenstvími látek.

Realizovaná badatelská výuka „Vlastnosti vody“ počítá se zapojením žáků 8. ročníků tak, jak je předjímá RVP ZV. Nelze však opomenout možnost, že uvedenou výuku lze realizovat i v nižších ročnících základního vzdělání v částech, kde se ve fyzice pracuje s jednotkami, měřením a měřicími přístroji.

Cílem je shrnout znalosti, zdokonalit a posunout dovednosti žáků v oblasti experimentování, bádání a laboratorních dovedností. Časová jednotka, za kterou je nutné badatelskou hodinu realizovat, odpovídá cca 45 minutám, to znamená jednu vyučovací hodinu. Záznam o realizaci žáci provádějí do předem připraveného pracovního listu anebo do zvláštního sešitu, je-li taková výuka prováděna častěji. Výsledkem je samotné provedení experimentu včetně záznam o jeho provedení – naměřené hodnoty v tabulce a tvorba myšlenkových závěrů.

Role učitele je dána jeho samostudiem a teoretickou přípravou. Dále zajištěním fyzikálních pomůcek a organizací průběhu včetně vyhodnocení. Pomůcky určujeme v poměru 1 žák /1 experimentální místo.

První experiment sledování chování vajíčka ve vodě, která mění svoji hustotu, je proveditelný v průběhu jedné vyučovací hodiny.

Badatelsky orientovaná výuka, však může mít i podobu projektu. Časově náročnější experiment má však výhodu, že žák je rád překvapován a těší se na zaznamenaný výsledek v delším časovém horizontu. V předešlé kapitole pokus s hydrogelovými kuličkami děti velmi zaujal. Na základě této zkušenosti jsem zpracovala experiment změření závislosti hmotnosti hydrogelové kuličky na době ponoření do vody a na koncentraci soli rozpuštěné ve vodě. Žáci první den zaznamenávali výsledek 3krát po 45minutách. Tedy v průběhu jednoho školního dne, vždy o přestávce mezi vyučovacími hodinami. Další odečet byl realizován za 24, 48 a 72 hodin.

Průběh badatelské výuky „Vlastnosti Vody“

Experiment č. 1: sledování chování vajíčka ve vodě, která mění svoji hustotu.

Postup: vezmeme sklenice č. 1 a č. 2, naplníme je vodou (250 ml) a provedeme jejich zvažení. Do sklenice č. 1 vložíme vejce a pozorujeme, co se s vejcem děje. Do sklenice č. 2 vložíme vejce a postupně přidáváme sůl (cca 5 gramech). Dále pozorujeme sklenici č. 2 a zaznamenáváme pozici vejce, dle změny hustoty.

Zdůvodnění experiment č. 2: hustota vody je přibližně $\rho=1000\text{kgm}^3$. Hustota čerstvého vajíčka je o něco málo větší. Tedy pokud je vloženo čerstvé vajíčko do sladké vody, pak vajíčko klesne ke dnu. Situace se změní, pokud změníme hustotu kapaliny, do které je vkládáno vajíčko. Pokud se přimíchá do vody dostatečné množství soli, hustota vody vzroste natolik, že se vajíčko do vody nepotopí.

Je nutné mít čerstvé vajíčko. Ve vajíčkách odleželých je větší množství plynu, který způsobí, že průměrná hustota vajíčka by byla menší než hustota vody.



Obrázek 7: Průběh experimentu. Zdroj: vlastní experiment

PRACOVNÍ LIST: Vajíčko ve vodě

pomůcky: čerstvé vajíčko, 2 skleničky, sůl, lžice, voda, vytištěný pracovní list

Pokus s vajíčkem 1.

1. Nalijte vodu do skleničky.
2. Opatrně vložte vajíčko do skleničky s vodou.
3. Označte správné tvrzení:
 - a. Vajíčko kleslo ke dnu.
 - b. Vajíčko se drží u hladiny.
 - c. Vajíčko se vznáší mezi dnem a hladinou.
4. Proč se vajíčko nachází ve vodě tam, kde je?

Vaši/e odpověď/i zapište

Pokus s vajíčkem 2.

1. Do další skleničky nalijte vodu a rozmíchejte v ní velké množství soli.
2. Opatrně vložte vajíčko do skleničky s vodou se solí.
3. Označte správné tvrzení:
 - a. Vajíčko kleslo ke dnu.
 - b. Vajíčko se drží u hladiny.
 - c. Vajíčko se vznáší mezi dnem a hladinou.
4. Proč se vajíčko nachází ve vodě tam, kde je?

Vaši/e odpověď/i zapište

Jaká vlastnost vody se změnila oproti pokusu s vajíčkem 1? Jak se vlastnost vody změnila? Vaši/e odpověď/i zapište.

Jsou tato tvrzení pravdivá?

1. Pokud se hustota vody zvýší např. rozpuštěním soli, pak se do vody ostatní tělesa potápí hůře.

ANO – NE

2. Když ve vodě rozpustíme sůl snížíme tím hustotu vody.

ANO – NE

3. Hustota čerstvého vajíčka je větší než hustota vody, proto vajíčko klesne ke dnu.

ANO – NE

4. Hustota čerstvého vajíčka je stejná jako hustota mírně osolené vody (vajíčko se vznáší mezi hladinou a dnem)

ANO – NE

Řešení

Řešení experimentu

Jsou tato tvrzení pravdivá?

1. Pokud se hustota vody zvýší např. rozpuštěním soli, pak se do vody ostatní tělesa potápí hůře.

ANO – ~~NE~~

2. Když ve vodě rozpustíme sůl snížíme tím hustotu vody.

ANO – NE

3. Hustota čerstvého vajíčka je větší než hustota vody, proto vajíčko klesne ke dnu.

ANO – ~~NE~~

4. Hustota čerstvého vajíčka je stejná jako hustota mírně osolené vody (vajíčko se vznáší mezi hladinou a dnem)

ANO – ~~NE~~

Experiment č. 2: změření závislosti hmotnosti hydrogelové kuličky na době ponoření do vody a na koncentraci soli rozpuštěné ve vodě.

Postup: protože váhy měří s přesností na 0,1g budeme v pokusu používat vždy 20 hydrogelových kuliček. Přesné zvážení změny hmotnosti jedné kuličky je v našich podmínkách neproveditelné. Budeme potřebovat 3 sklenice, sůl, 60 hydrogelových kuliček, digitální váhy, alobal. Sklenice je nutné označit čísly 1-3, abychom zabránili záměně.

Sklenice č. 1 je naplněna 1000 ml vody, sklenice č. 2 obsahuje 1000 ml vody a 50 g soli, sklenice č. 3 obsahuje 1000 ml vody a 200 g soli. Sůl necháme rozpustit (mícháme lžící) a vložíme do každé sklenice 20 hydrogelových kuliček. Zvážíme sklenice a zapíšeme. Tuto hodnotu budeme od následujících naměřených hodnot odečítat. Výsledkem v tabulce bude čistá změna hmotnosti hydrogelových kuliček. Zakryjeme sklenice alobalem, aby nedocházelo k odpařování vody. Zapíšeme čas. V průběhu tří následujících přestávek mezi vyučovacími hodinami zvážíme postupně kuličky a zapíšeme výsledky. Vážíme bez zakrývacího alobalu, po skončení vážení opět sklenice zakryjeme. Takto postupujeme i při vážení po 24, 48, 72 hodinách.

Hmotnost 20 kuliček podle koncentrace solného roztoku [g]			
Čas [min]	Sklenice č. 1 0 % soli	Sklenice č. 2 10 % soli	Sklenice č. 3 20 % soli
45	7,5	2,1	1,8
90	13,4	3,3	2,4
135	17,4	4,5	2,9
1440	21,7	6,9	5,9
2880	19,4	7,0	6,2
4320	18,9	6,8	6,0

Tabulka 4: Naměřené hodnoty hmotnosti kuliček v závislosti na čase a koncentraci soli v příslušném roztoku. Zdroj: vlastní experiment.

Zdůvodnění experimentu:

Hydrogely dokážou pohlcovat velké množství vody. V návodu u zakoupených hydrogelových kuliček je informace, že maximální hmotnosti dosáhnou po 4 hodinách ve vodě. Pokus ukazuje, že maximální hmotnosti dosáhnou kuličky až v mnohem větším čase. Dále bychom si měli všimnout, že z naměřených dat vyplývá, že kuličky v určitém čase pohltnou maximální množství vody a dále už jejich hmotnost klesá. Hlavním závěrem tohoto experimentu je, že s vyšší koncentrací soli v roztoku se snižuje nasákavost hydrogelových kuliček.



Obrázek 21: Žáci zkoumají hydrogelové kuličky po skončení experimentu. Zdroj: vlastní experiment.

Vzhledem k optickým vlastnostem hydrogelových kuliček jsem fotodokumentaci k experimentu nepořizovala.

PRACOVNÍ LIST: Nasákavost hydrogelových kuliček

pomůcky: Hydrogelové kuličky, 3 sklenice, sůl, lžice, voda, alobal, digitální kuchyňské váhy, vytištěný pracovní list

1. Označte sklenice čísly 1-3.
2. Odměřte 1000 ml studené vody a nalijte do sklenice č. 1.
3. Odměřte 1000 ml studené vody a nalijte do sklenice č. 2 a nasypete zvážených 50 g soli. Nechte sůl rozpustit (zamíchejte lžicí).
4. Odměřte 1000 ml studené vody a nalijte do sklenice č. 3 a nasypete zvážených 200 g soli. Nechte sůl rozpustit (zamíchejte lžicí).
5. Do každé sklenice vložte 20 hydrogelových kuliček, zamíchejte. Zaznamenejte čas do tabulky. Jednotlivé sklenice zvažte a zaznamenejte do pracovního listu. Sklenice zakryjte alobalem.
6. V průběhu tří následujících přestávek mezi vyučovacími hodinami zvažte postupně tyto sklenice. Odečtěte váhu sklenice na počátku pokusu a запиšte výsledky. Vážte bez zakrývacího alobalu, po skončení vážení opět sklenice zakryjte.
7. Takto postupujte i při vážení po 24, 48, 72 hodinách.

Hmotnost 20 kuliček podle koncentrace solného roztoku [g]			
Čas [min]	Sklenice č. 1 0 % soli	Sklenice č. 2 10 % soli	Sklenice č. 3 20 % soli
45			
90			
135			
1440			
2880			
4320			

Hmotnost kuliček ve sklenici číslo 1 na počátku pokusu [g]:

Hmotnost kuliček ve sklenici číslo 2 na počátku pokusu [g]:

Hmotnost kuliček ve sklenici číslo 3 na počátku pokusu [g]:

Jsou tato tvrzení pravdivá?

1. Hydrogelové kuličky dosáhnou maximální hmotnosti po 4 hodinách ve vodě.

ANO – NE

2. Po dosažení maximální hmotnosti kuličky již nadále nemění svoji hmotnost.

ANO – NE

3. S vyšší koncentrací soli v roztoku se nasákavost hydrogelových kuliček mění.

ANO – NE

Jaký vliv má hustota vody na schopnost hydrogelových kuliček absorbovat vodu?

Jak se měnila velikost kuliček v závislosti na čase?

Vaši/e odpověď/i запиšte.

Řešení

Řešení experimentu

Jsou tato tvrzení pravdivá?

1. Hydrogelové kuličky dosáhly maximální hmotnosti po 4 hodinách ve vodě.

ANO – ~~NE~~

2. Po dosažení maximální hmotnosti kuličky již nadále nemění svoji hmotnost.

ANO – ~~NE~~

3. S vyšší koncentrací soli v roztoku se nasákavost hydrogelových kuliček mění.

~~ANO~~ – NE

Jaký vliv má hustota vody na schopnost hydrogelových kuliček absorbovat vodu?

Jak se měnila velikost kuliček v závislosti na čase?

Vaši/e odpověď/i запиšte.

5. OVĚŘENÍ EFEKTIVITY NAVRŽENÝCH METODICKÝCH MATERIÁLŮ A POSTUPŮ.

Pro ověření efektivity navržených metodických materiálů a v nich obsažených postupů bylo podstoupeno z pohledu autoevaluace. To znamená, že se jedná o proces systematického sběru a analýzy informací za účelem vytvoření si vlastního přehledu o provedených postupech a dosažených výsledcích. V průběhu práce si žák sám zapisuje svá zjištění, například provádí měření, porovná s teoretickým zadáním a fyzikální teorií. V zásadě lze uvést, že žák bude provádět tyto tři fáze auto evaluace, aniž by si to významněji uvědomoval. Role učitele spočívá ve směřování žáků k dodržení daného postupu. [3]

Žák v první fázi provádí monitorování což je sběr dat vyplývající ze zadání. Ty klade k vytýčeným cílům, které mají oporu ve fyzikální teorii. Ve druhé fázi žáci analyzují výsledky svých měření a vytvářejí z nich závěry. V poslední fázi dochází k porovnání získaných dat a vytvořených závěrů s vytvořenými cíli a fyzikální teorií. Žáci zde nejen procházejí autoevaluací, ale mají možnost najít i případné chyby v procesu získávání dat a jejich vyhodnocování.

Sebe evaluace je systematickým hodnocením předem stanovených cílů realizovaných žáky při samotné práci. Tento proces lze považovat za autoregulační postup, jehož výstupem je zároveň cíl vyučování a kvality práce žáky. Takto lze postupovat i v domácím prostředí, bez přítomnosti pedagoga. Žák svá zjištění prezentuje učiteli. [22]

V souvislosti s epidemií COVID-19 a nastavených opatřeních ve školství, mi bylo znemožněno pracovat s žáky 2. stupně ZŠ. V současné době pracuji pouze s žáky 1. stupně na malotřídní ZŠ. Do experimentů jsem zapojila alespoň žáky 5. ročníku. Zde se nedalo opřít o fyzikální znalosti, pouze o okrajové poznatky z přírodovědy a přirozenou zvědavost dětí. Z těchto důvodů má práce neobsahuje vyhodnocení navržených postupů.

ZÁVĚR

Předmětem této práce je zpracování badatelské výuky ve fyzice na téma voda. Práce obsahuje jednak části teoretické, které se zabývají fyzikální podstatou některých jevů, které se vztahují k vlastnostem vody. Dále jsou zde uvedeny i jevy, které lze díky vlastnostem vody demonstrovat. Do práce nebylo možné zařadit všechny jevy, protože limitou bylo učivo pro žáky základní školy opřené o RVP ZV. Z toho vyplynul tento výběr: fyzikální stavy a skupenství vody, tepelná kapacita, hydrostatický tlak, Archimédův zákon, plování těles a optické vlastnosti vody. V teoretické části byla také zpracována část, která se věnuje RVP ZV kde bylo zjištěno, že lze učivo fyziky promítnout i do vzdělávacích částí na prvním stupni základní školy. V teoretické části byl také vytýčen obsah badatelské výuky, kompetencí pedagoga a typologie fyzikálních experimentů podle jejich didaktické funkce (heuristické, ověřovací, motivační, ilustrační, aplikační, historické, prohlubující a uvádějící fyzikální problém).

Cílem této práce je navrzení některých fyzikálních experimentů, ve kterých lze použít vodu. A zároveň na těchto pokusech vysvětlit základní poznatky fyziky tekutin. Dále pak sestavit pracovní list pro výuku realizovanou badatelskou metodou.

Do výběru navržených experimentů byly vybrány kapilární jevy, to znamená kapilární deprese a elevace, dále pak optické vlastnosti vody, konkrétně lom světla na hydrogelových kuličkách. Volba experimentů byla dána vhodností zařazení do vyučování na základní škole. Bylo váženo i hledisko provedení experimentu, zda se jedná o čistě žákovskou anebo učitelskou realizaci.

Navržený pracovní list badatelské výuky byl navržen s ohledem na základní vzdělání, materiální podmínky, které mají umožnit žákovi si takový experiment zopakovat v domácích podmínkách, jako součást motivace. Z tohoto důvodu byly vybrány experimenty s hustotou. Experiment s hustotou vyžaduje po žákovi i schopnost pracovat s měřicími přístroji a pracovat s daty. Prováděná měření se zapisují do příslušné tabulky. V závěru každého experimentu žáci zaznamenávají svá zjištění a hledají správné odpovědi na položené otázky.

Badatelská výuka na základní škole je možnou cestou, jak přiblížit žákům způsob získávání informací o světě, ve kterém žijí.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Závislosti změny hustoty vody na teplotě. Zdroj: TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2009. s. 95. ISBN 978-80-7235-414-6.

Tabulka 2: Závislosti změny hustoty anomální vody na teplotě. Zdroj: TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2009. s. 95. ISBN 978-80-7235-414-6.

Tabulka 3: Některé indexy lomu pro vlnovou délku 589 nm (žluté sodíkové světlo). Zdroj: HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. 4. Brno: VUTIUM, 2000, s. 904 Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.

Tabulka 4: Naměřené hodnoty hmotnosti kuliček v závislosti na čase a koncentraci soli v příslušném roztoku. Zdroj: vlastní experiment.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma oktaedrického modelu struktury kapalné vody. Zdroj: Anorganická chemie I: 2. Sloučeniny kyslíku [online]. Brno: MUNI [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/sci/UChem/um/spchp/ch11s02.html>.

Obrázek 2: Tetraedická konfigurace molekul vody. Zdroj: KOLAFA, Jiří. Struktura a anomálie vody [online]. Praha: Vesmír, 2014, 16. 7. 2014 [cit. 2021-02-18]. ISSN 1214-4029. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2014/07/struktura-anomalie-vody.html>.

Obrázek 3: Lom světla na kolmici, Zdroj: <http://elearning.zskj.cz/kurzy.php?id=39>.

Obrázek 4: kapilární elevace (a) a deprese (b). Zdroj: Kapilární jevy v úzkých trubicích. Průvodce kurzy z fyziky [online]. Praha: Fyzikální sekce Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/9_7.

Obrázek 5: Sada trubic na demonstraci kapilarity. Zdroj: <https://fyzikalnikabinet.cz/pokus/kapilarita/>.

Obrázek 6 a, 6 b: Lom paprsku ke kolmici a lom paprsku od kolmice. Zdroj: Průvodce kurzy z fyziky [online]. Praha: Fyzikální sekce Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/9_7.

Obrázek 7: Průběh experimentu. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 8: Výška hladiny. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 9: Člun plave na hladině. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 10: Saponátem měníme povrchové napětí. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 11: Člun se pohybuje. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 12: Lom předmětu ve vodě. Zdroj: <https://www.pikist.com/free-photo-vybaq/cs>

Obrázek 13: Prázdná nádoba a nádoba s hydrogelovými kuličkami. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 14: Přelévání a pozorování hydrogelových kuliček. Zdroj: vlastní experiment

Obrázek 15: Archimédův zákon. Zdroj:
https://www.dopocitej.cz/archimeduv_zakon.html

Obrázek 16: Příprava pokusu nadnášení vodou. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 17: Průběh pokusu nadnášení vodou. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 18: Příprava pokusu zvedání kostky ledu. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 19: Nasypání soli na kostku ledu. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 20: Zvedání kostky ledu pomocí přimrzlé nitě. Zdroj: vlastní experiment.

Obrázek 21: Žáci zkoumají hydrogelové kuličky po skončení experimentu. Zdroj: vlastní experiment.

LITERATURA

- [1] ABRAMS, Eleanor, SOUTHERLAND, Sherry, EVANS, Celia, 2008. *Inquiry in the Classroom: Necessary Components of a Useful Definition* [online]. IAP, (1) 2008 [cit. 8. 2. 2020].
- [2] BEDNAŘÍK, Milan, Miroslava ŠIROKÁ a Petr BUJOK. *Fyzika pro gymnázia*. Praha: Prometheus, 1994 dotisk. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 80-901619-3-6.
- [3] BENNETT, Nigel, Ron GLATTER a Rosalind LAVACIC. *Improving Educational Management: Through Research and Consultancy*. 1. London: Sage Publications, 1994, 384 s. ISBN 978-1-85396-277-6.
- [4] BOHUNĚK, Jiří. *Sbírka úloh z fyziky pro žáky základních škol*. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2009. Učebnice pro základní školy (Prometheus). ISBN 978-80-7196-368-4.
- [5] CRAWFORD, Barbara, 2000. Embracing the Essence of Inquiry: New Roles for Science Teachers. *Journal of Research In Science Teaching* [online]. Pennsylvania: John Wiley & Sons, Inc., roč. 37, č. 9, s. 916–937 [cit. 8. 2. 2020]. ISSN:1098-2736. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1098-2736%28200011%2937%3A9%3C916%3A%3AAID-TEA4%3E3.0.CO%3B2-2>.
- [6] ČINČERA, Jan, 2013a. *Environmentální výchova: efektivní strategie*. Praha: Agentura Koniklec, o.s. 127 s. ISBN 978-80-904141-1-2.
- [7] DOSTÁL, Jiří, 2015. *Badatelsky orientovaná výuka: pojetí, podstata, význam a přínosy*. Olomouc: Univerzita Palackého. 152 s. ISBN: 978-80-244-4393-5.
- [8] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 4. Brno: VUTIUM, 2000, Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.
- [9] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 2. Brno: VUTIUM, 2000, Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.
- [10] HLA VATÝ, Josef, 2002. *Didaktická technika pro učitele*. 1. vyd. Praha: Vysoká

škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-479-3.

[11] KAHN, Peter a O'ROURKE, Karen, 2005. *Understanding Enquiry-Based Learning*. University of Manchester.

[12] KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST, 2009. *Školní didaktika*. 2. vyd. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-571-4.

[13] KOLAFA, Jiří. *Struktura a anomálie vody* [online]. Praha: Vesmír, 2014, 16. 7. 2014 [cit. 2021-02-18]. ISSN 1214-4029. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2014/07/struktura-anomalie-vody.html>

[14] KOLÁŘ, Zdeněk et al., 2012. *Výkladový slovník z pedagogiky: 583 vybraných hesel*. Praha: Grada Publishing, a.s. 192 s. ISBN: 978-80-247-3710-2.

[15] KOLÁŘOVÁ, R., BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 6. ročník základní školy*. 2. vyd. Praha: Prometheus, 2002. ISBN 978-80-7196-246-5.

[16] MAŇÁK, Josef, 1994. *Nárys didaktiky*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-0210-7.

[17] MÍČEK, Arnošt a Roman KROUPA. *Fyzika II.: učebnice pro 7. ročník*. 2. vyd. Brno: Tvořivá škola, 2011. s. 58. ISBN 978-80-87433-08-9.

[18] NEZVALOVÁ, Danuše, 2010. Badatelsky orientované přírodovědné vzdělávání. In: *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. Olomouc: Univerzita Palackého, s. 55–67. ISBN 978-80-244-2540-5.

[19] PETTY, G. *Moderní vyučování*. 3. vyd. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-978-X.

[20] *Průvodce kurzy z fyziky* [online]. Praha: Fyzikální sekce Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/9_7.

[21] RAUNER, K., et al. *Fyzika pro 7. ročník základní školy a víceletá gymnázia*. Praha: Fraus, 2005. ISBN 80-7238-431-7.

[22] PRŮCHA, Jan. *Pedagogická evaluace: hodnocení vzdělávacích programů, procesů a výsledků*. Brno: Masarykova univerzita, 1996. ISBN 80-210-1333-8.

[22 a] ROUPEC, P. Auto evaluace kvality a efektivnosti. In Brada, J., Tomášek, F., a kol. *Vedení školy*. Praha: RAABE, 1996. ISBN 80-902189-0-3.

[23] RICHTEROVÁ, Karin, KULICH, Jiří, HAWEL, Tomáš, KAPLAN, Pavel et al., 2019. *Cesta Labyrintem ŠUŽ*. Metodika vzdělávacího programu Škola pro Udržitelný Život [online]. Horní Maršov: Středisko ekologické výchovy SEVER [cit. 2. 2. 2021].

[24] *RVP: Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/file/4983/>. Metodický materiál. Národní ústav pro vzdělávání.

[25] ŠIMONÍK, Oldřich, 2005. *Úvod do didaktiky základní školy*. 1. vyd. Brno: MSD.

ISBN 80-86633-33-0. Dostupné z: <https://www.skolaprozivot.cz/UlozitSoubor.aspx?f=@Foto@Ke-stazeni@1018@13@1051@v1@Metodika-SUZ-final.pdf>.

[26] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek*. Praha: SPN-pedagogické nakladatelství, 2009. s. 95. ISBN 978-80-7235-414-6.

[27] KRÁLOVÁ, Magda, Eduportál Techmánie. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/struktura-latek/povrch-paliny/kapilarni-jevy>

[28] KRÁLOVÁ, Magda, Eduportál Techmánie. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/opticke-jevy/lom-svetla>

[29] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vztlak>