

Univerzita Pardubice  
Fakulta filozofická  
Doplňkové pedagogické studium

Návrh učebního textu pro předmět fyzika pro ZŠ

Závěrečná práce



Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 14. 4. 2023

Ing. Andrea Charvátová, Ph.D.

## Poděkování

Děkuji paní PhDr. Mgr. Iloně Ďatko, Ph.D. za odborné vedení mé závěrečné práce, užitečné rady a připomínky, ale také za psychickou podporu. Také děkuji své rodině za podporu během celého studia.

## **Anotace**

Tato práce pod názvem „Návrh učebního textu pro předmět fyzika kapitoly Kapaliny pro ZŠ“ je závěrečnou prací Doplnkového pedagogického studia Univerzity Pardubice. Tento učební text je věnován části učiva předmětu fyzika, kapitole o kapalinách, a je určený pro žáky 2. stupně základních škol. Rozsah učiva je dán rámcovým vzdělávacím programem. Cílem práce bylo vytvořit učební text srozumitelnou a přehlednou formou, kde jednotlivé části na sebe logicky navazují a žáci se v textu snadno orientují. Proto je učební text tvořen kromě textové části i obrazovou částí a odkazy na videa s vhodnými názornými pokusy. Pokusy jsou zde i popsány a vyobrazeny, platnosti zákonů a existence jednotlivých jevů jsou jejich prostřednictvím odvozovány.

## **Klíčová slova**

Didaktika, kapaliny, fyzikální zákony, síla, pokusy

## **Title**

Proposal of Didactic Text for Subject Physics Designed to Elementary School

## **Annotation**

This thesis under the title “Proposal of Didactic Text for Subject Physics Chapter Liquids Designed to Elementary School” is the final thesis of the Supplementary Pedagogical Studies of the University of Pardubice. This didactic text is dedicated to the part of curriculum of the subject physics, to the chapter about liquids, and is stated for students of the 2<sup>nd</sup> Grade of Elementary School. The scope of the curriculum is given by the Framework Educational Plan. The goal of the thesis was to create didactic text in an understandable and clear form, where individual parts follow each other logically and students find the way around the text easily. Therefore, the text consists not only of the text but also of images and video links with suitable illustrative experiments. The experiments are described and pictured, and validity of the physical laws and the existence of particular phenomena are derived from them.

## **Keywords**

Didactics, liquids, physical laws, force, experiments

# OBSAH

## SEZNAM ILUSTRACÍ

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1. KAPALINY.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Co už víme o kapalinách?.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Povrchové napětí kapalin.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Pascalův zákon a jeho využití.....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Pascalův zákon.....	20
1.3.2 Spojené nádoby.....	23
1.3.3 Hydraulická zařízení.....	27
<b>1.4 Účinky gravitační síly Země na kapalinu a závislost tlakové síly.....</b>	<b>31</b>
1.4.1 Účinky gravitační síly Země na kapalinu.....	31
1.4.2 Závislost tlakové síly.....	33
<b>1.5 Hydrostatický tlak.....</b>	<b>36</b>
<b>1.6 Vztlková síla působící na těleso v kapalině a její závislost.....</b>	<b>39</b>
1.6.1 Vztlková síla působící na těleso v kapalině.....	39
1.6.2 Závislost vztlkové síly.....	41
<b>1.7 Archimédův zákon a plování těles.....</b>	<b>44</b>
1.7.1 Archimédův zákon.....	44
1.7.2 Plování těles.....	49
1.7.3 Plování nestejnorodých těles.....	52
<b>1.8 Kapilární jevy.....</b>	<b>57</b>
<b>2. DIDAKTICKÝ ROZBOR.....</b>	<b>60</b>
<b>2.1 Cílový uživatel učebního textu.....</b>	<b>60</b>
<b>2.2 Cíle školního vzdělávacího programu.....</b>	<b>60</b>
<b>2.3 Vliv úrovně vybavení škol učebními pomůckami.....</b>	<b>61</b>
<b>2.4 Výukové metody.....</b>	<b>62</b>
<b>2.5 Jak je učební text konstruován.....</b>	<b>63</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>65</b>

<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>66</b>
--------------------------------	-----------

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1	Hladina kapaliny v klidu.....	14
Obrázek 2	Atom uhlíku.....	15
Obrázek 3	Astronaut Pedro Duque a kapka vody ve stavu beztíže.....	16
Obrázek 4	Obarvená voda ve stavu beztíže.....	16
Obrázek 5	Vodoměrka štíhlá.....	17
Obrázek 6	Bruslařka obecná.....	17
Obrázek 7	Kancelářská sponka na hladině vody.....	18
Obrázek 8	Plovoucí mince na hladině vody.....	18
Obrázek 9	Sada snímků k pokusu 2 (povrchové napětí kapalin).....	19
Obrázek 10	Snímky k pokusu 4 (povrchové napětí kapalin).....	19
Obrázek 11	Demonstrace Pascalova zákona.....	20
Obrázek 12	Pascalův ježek.....	20
Obrázek 13	Demonstrace Pascalova zákona pomocí plastové lahve.....	20
Obrázek 14	Důkaz Pascalova zákona – manometry v různé hloubce.....	21
Obrázek 15	Důkaz Pascalova zákona – trubičky v různé hloubce.....	21
Obrázek 16	Zahradní rozstřikovač.....	21
Obrázek 17	Vytvoření spojených nádob.....	23
Obrázek 18	Spojené nádoby.....	23
Obrázek 19	Spojené nádoby – různé tvary.....	23
Obrázek 20	WC a využití spojených nádob – sifon.....	24
Obrázek 21	Konvice na čaj.....	24
Obrázek 22	Kropicí konev.....	24
Obrázek 23	Vodoznak na varné konvici.....	24
Obrázek 24	Přelévání vody ze sudu do sudu.....	24
Obrázek 25	Libela a měření pomocí libely.....	25
Obrázek 26	Sada obrázků k hadicové vodováze.....	25
Obrázek 27	Zdymadlo – Bat'ův kanál - plavební komora Spytihněv.....	25
Obrázek 28	Princip fungování zdymadla.....	25
Obrázek 29	Kaskáda zdymadel na Varistaipkaeském kanále ve Finsku.....	26
Obrázek 30	Vodotrysk.....	26
Obrázek 31	Princip hydraulického zařízení.....	27
Obrázek 32	Hydraulický zvedák automobilů.....	28



Obrázek 33 Zvedací plošina.....	28
Obrázek 34 Hydraulické vyklápění ložné plochy.....	28
Obrázek 35 Lis na šrot.....	28
Obrázek 36 Karosářský lis v automobilce.....	29
Obrázek 37 Lisování oleje.....	29
Obrázek 38 Hydraulický lis na ovoce.....	29
Obrázek 39 Obrázek k příkladu 1 a 2.....	30
Obrázek 40 Směr síly působící na dno nádoby.....	31
Obrázek 41 Směr síly působící na stěny nádoby.....	31
Obrázek 42 Směr síly působící na horní stěnu nádoby.....	31
Obrázek 43 Působení tlakové síly svisle vzhůru.....	32
Obrázek 44 Závislost tlakové síly na hloubce.....	33
Obrázek 45 Závislost tlakové síly na hustotě kapaliny.....	34
Obrázek 46 Hydrostatický paradox.....	37
Obrázek 47 Důkaz tzv. hydrostatického paradoxu.....	38
Obrázek 48 Důkaz existence vztlakové síly v kapalině.....	39
Obrázek 49 Působení sil v kapalině.....	40
Obrázek 50 Závislost vztlakové síly na objemu ponořené části tělesa.....	41
Obrázek 51 Závislost vztlakové síly na hustotě kapaliny.....	41
Obrázek 52 Pokusy s rovníramennými vahami – vztlaková síla .....	42
Obrázek 53 Závěrečné otázky 1.....	43
Obrázek 54 Sáček s vodou ponořený do vody.....	44
Obrázek 55 Změna objemu vody po ponoření sáčku s vodou.....	44
Obrázek 56 Archimédés na obraze italského malíře Domenica Fettiho.....	45
Obrázek 57 Archimédův zákon – „těleso z kapaliny“.....	46
Obrázek 58 Heuréka.....	47
Obrázek 59 Ilustrace ze 16. století zobrazující Archiméda v lázni.....	47
Obrázek 60 Pokus zvaný karteziánek.....	48
Obrázek 61 Snímky k pokusu „Karteziánek“.....	48
Obrázek 62 Ilustrace k pokusu 1 (plování těles).....	49
Obrázek 63 Ledovec.....	50
Obrázek 64 Plavání v Mrtvém moři.....	51
Obrázek 65 Plastelína ve formě kuličky ve vodě.....	52
Obrázek 66 Plastelína ve formě mističky plove na vodě.....	52

<b>Obrázek 67 Oloupaná a neoloupaná mandarinka ve vodě.....</b>	<b>53</b>
<b>Obrázek 68 Princip pohybu ponorky, využití balastních nádrží při ponoru.....</b>	<b>54</b>
<b>Obrázek 69 Dřevěná kostka plovoucí ve vodě a v glycerolu.....</b>	<b>54</b>
<b>Obrázek 70 Hustoměr.....</b>	<b>55</b>
<b>Obrázek 71 Hustoměr ponořený do měřené kapaliny.....</b>	<b>55</b>
<b>Obrázek 72 Typy hustoměrů.....</b>	<b>56</b>
<b>Obrázek 73 Závěrečné otázky 2.....</b>	<b>56</b>
<b>Obrázek 74 Kapalina smáčí stěny nádoby.....</b>	<b>57</b>
<b>Obrázek 75 Měření objemu kapaliny v odměrném válci.....</b>	<b>57</b>
<b>Obrázek 76 Chování kapaliny v kapiláře, když kapalina smáčí stěny nádoby.....</b>	<b>58</b>
<b>Obrázek 77 Kapalina nesmáčí stěny nádoby.....</b>	<b>58</b>
<b>Obrázek 78 Kapalina nesmáčí povrch.....</b>	<b>59</b>
<b>Obrázek 79 Chování kapaliny v kapiláře, když kapalina nesmáčí stěny nádoby.....</b>	<b>59</b>
<b>Obrázek 80 Vzlínavost vody.....</b>	<b>59</b>

## ÚVOD

Kniha věnovaná učebnímu textu se nazývá učebnice. Ve svém životě se s ní setkal téměř každý. Učebnice patří k nejstarším produktům lidské kultury. Používaly se dávno před vynálezem knihtisku. První učebnicové texty byly v archeologických nálezích po národech starověké Asýrie, Babylonu, Egypta a Číny a jsou staré i několik tisíc let. Byly vyryty klínovým písmem do hliněných destiček nebo psány na pergamenové svitky a týkaly se většinou instrukcí pro náboženské rituály, ale i pro astronomická měření, a poskytovaly poučení o vznikajících vědeckých oborech – aritmetice, geometrii, medicíně aj. <sup>1</sup>

Intenzivní rozvoj školních učebnic nastal postupně po Gutenbergově vynálezu knihtisku v 15. století. Jan Amos Komenský byl jedním ze zakladatelů teorie a tvorby moderních školních učebnic u nás. Zvláště významné byly Komenského učebnice jazyků – nejznámější z nich jsou Dveře jazyků otevřené (*Janua linguarum reserata*, 1631) a Svět v obrazech (*Orbis sensualium pictus*, 1658). Tato druhá kniha bývá považována za průkopnický didaktický prostředek, protože kombinuje verbální komponenty učení (text) s obrazovými komponenty, jak je to běžné v současných učebnicích. <sup>1,2</sup>

Komenský je považován za zakladatele moderní pedagogiky a je nazýván „Učitelem národů“. <sup>3</sup> Ve *Velké didaktice* (1657) zformuloval požadavky na vlastnosti textu učebnic, které jsou stále aktuální. <sup>1</sup>

Učebnice jsou v pedagogické teorii považovány za jeden druh didaktických prostředků. Pojem didaktické prostředky je vymezován poměrně shodně jako „vše, co vede k splnění výchovně-vzdělávacích cílů“. Jsou to prostředky nemateriální (např. vyučovací metody) a materiální, které se souhrnně označují termínem učební neboli vyučovací pomůcky. <sup>1,2</sup>

Mezi učební pomůcky patří např. obrazy, modely, různé přístroje, ale také právě učebnice, které patří spolu s atlasy, příručkami a ostatními texty mezi literární pomůcky.

Učebnice nám má dát určité poznatky. Ty nám musí nějakým způsobem sdělit. Je zřejmé, že nejdůležitějším a nejvýznamnějším způsobem je text, tedy jazyk. Proto se také rozvinul interdisciplinární obor označující se jako „učení z textu“, který slučuje poznatky psychologie učení, psychodidaktiky, textové lingvistiky a dalších. Aby čtenář porozuměl danému textu, je třeba, aby měl jisté jazykové kompetence. Ty jsou ovlivněny věkem čtenáře. Proto by měly tyto jazykové kompetence být v jisté korespondenci s jazykovou strukturou textu. Z různých analýz vyplývá, že průměrná délka vět tvořených žáky 2. stupně základních škol je 12 slov. Lze tedy předpokládat, že pokud se bude extrémně zvyšovat počet slov ve větách použitých v učebním

textu, může mít žák ve věku 12 až 15 let (věk žáků 2. stupně základních škol) potíže s porozuměním textu. <sup>1</sup>

V posledních letech se rozvíjí také obor, který nazýváme „učení z obrazového materiálu“. Tento obor nám vysvětluje, jak si lidé osvojují informace podané neverbálně. Sem patří kromě obrazových materiálů přímo v učebnici také různé naučné filmy, videoprogramy a další.

Didaktika je vědní disciplína zabývající se teorií vyučování a patří mezi pedagogické disciplíny. Název této vědy pochází z řeckého slova *didaskein*, což znamená učit, vyučovat, poučovat. Jako první tento pojem zavedl v 17. století Wolfgang Ratke. <sup>2</sup>

Obecná didaktika se věnuje obecným otázkám vzdělávání, obsahu i procesu učení a vyučování. Je společná všem předmětům. Následně vznikaly oborové didaktiky jako samostatné vědní disciplíny, např. didaktika přírodních věd. Součástí speciální didaktiky je předmětová didaktika, která se zaměřuje na didaktiku vyučovacích předmětů.

Tato závěrečná práce patří svým obsahem mezi oborovou a předmětovou didaktiku. V průběhu své praxe jsem se setkala se dvěma základními a nejvíce používanými učebnicemi fyziky pro 7. ročník 2. stupně základních škol, učebnicí od Kolářové a Bohuňka „*Fyzika pro 7. ročník základní školy*“ nakladatelství Prometheus <sup>4</sup> a učebnicí Raunera, Havla a Prokšové „*Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*“ nakladatelství Fraus. <sup>5</sup> Právě druhá zmiňovaná učebnice je dle mého názoru méně vhodná, protože obsahuje učivo i pro víceletá gymnázia. To působí zmatečně. Žák 7. ročníku základní školy pak neví, co by měl umět a čemu nemusí věnovat pozornost. Problémy může mít i začínající učitel, který ještě nemá přehled, jaká témata se v jednotlivých ročnících základní školy vyučují. Můžu potvrdit z vlastní zkušenosti, kdy jsem hojně využívala konzultace se starší a již značně zkušenou kolegyní. Následně jsem se setkávala i s druhou učebnicí, která již obsahuje pouze látku 7. ročníku základní školy. Nicméně i zde jsem našla jisté nedostatky. Učebnice od nakladatelství Fraus obsahuje mnoho sice zajímavých, nic méně špatně se zařazujících informací v sloupci na vnější části každé stránky. Žák má problém rozlišit, zda je daná informace důležitá. Navíc jsou tam jednotlivé krátké informace jakoby hozené bez logického sledu. Ten si musí udělat čtenář sám. Při čtení textu by měl v určité chvíli přeskočit na informaci v bočním sloupci. Dle mého názoru by měly mít všechny informace logický sled, aby pomohly čtenáři určit, který poznatek navazuje, na jakou informaci a co patří k sobě. Musím však zmínit velké množství obrazového materiálu, který jsem i já ve své práci využila.

Přesto se mi jeví jako vhodnější prvně zmiňovaná učebnice od nakladatelství Prometheus. Obsahuje také mnoho obrazového a názorného materiálu. Obsahuje ilustrace či přímo fotografické snímky popisovaných pokusů, což v učebnici nakladatelství Fraus výrazně chybí. Informace jsou podávány prostřednictvím delšího textu, který nemusí být každý žák ochoten číst. Tučně jsou vyznačeny většinou jen jednotlivé pojmy, můžeme zde pak vidět dlouhé souvětí, kde se střídají tučné a normální úseky. Přitom při přečtení pouze tučně vyznačených slov by nám slova nedávala dohromady smysl. To může žákovi 2. stupně základních škol přinést zmatek a neporozumění, co je důležité. Dle mého názoru je lepší zvýraznit tučně ucelené informace, tedy celou větu.

Obě učebnice obsahují úkoly a úlohy na závěr. V obou případech chybí výsledky. Učebnice nakladatelství Prometheus obsahuje výsledky početních příkladů. Nicméně otázky se slovní odpovědí postrádá. Druhá učebnice neobsahuje ani výsledky početních příkladů. Žák pak nemá kontrolu, zda postupoval správně či zda danou látku pochopil.

Ve své práci jsem se snažila využít předností obou učebnic a vyvarovat se jejich nedostatků. V hojné míře využívám obrazový materiál, ať už přímo ilustrací či fotografií v učebním textu, či odkazem na videozáznamy. Informace se snažím předkládat v logickém sledu. Využívám učení se z vlastní zkušenosti a nejprve předkládám tematické pokusy. Z jejich výsledků by žák měl sám vyvodit nějaký závěr a sám se přesvědčit o platnosti určitého zákona či o existenci určitého jevu, např. síly. Následně si daný závěr pojmenujeme a správně fyzikálně formulujeme. Používám také početní příklady, ale přímo v textu a s řešením. V některých kapitolách jsou zařazeny i kontrolní otázky, zda žák danou látku pochopil.

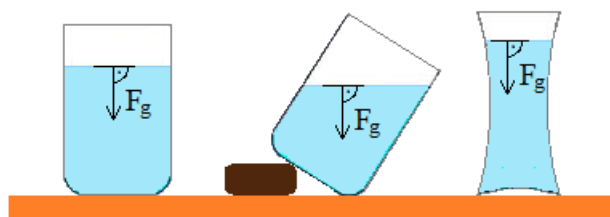
Při psaní této práce jsem se snažila využít poznatky Roberta Čapka, které uvádí ve své knize „*Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnotících metod*“.<sup>6</sup>

# 1. KAPALINY

## 1.1 Co už víme o kapalinách?

Již v šestém ročníku jsme se dozvěděli některé základní vlastnosti kapalin:

- velmi snadno mění svůj tvar (tvar mění podle nádoby, v které se nachází)  
hladina vždy ve vodorovné rovině (platí, pokud je kapalina v klidu)  
nelze je znatelně stlačit



Obr. 1 Hladina kapaliny v klidu <sup>7</sup>

Po nalití kapaliny do nádoby se působením gravitační síly  $F_g$  Země částice kapaliny posouvají na místa položená níže.

Proto je hladina vždy ve vodorovné rovině.

Všechny látky se skládají z molekul. Vlastnosti látek vyplývají z vlastností molekul.

Připomeňme si vlastnosti molekul pevných, kapalných a plynných látek.

### PEVNÉ LÁTKY

molekuly - kmitají kolem rovnovážných poloh  
nepřesouvají se uvnitř pevné látky

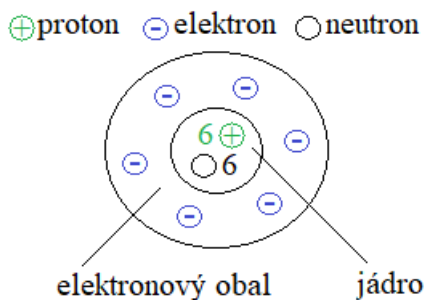
### KAPALINY

molekuly – jsou v neustálém neuspořádaném pohybu  
udržují se v přibližně stejných vzdálenostech od sebe  
nejsou vázány na jedno místo  
mohou po sobě klouzat

### PLYNY

molekuly – jsou v neustálém neuspořádaném pohybu  
jsou volné  
po vzájemných srážkách vyplňují celou nádobu

Jednotlivé molekuly na sebe vzájemně působí silou. Síly jsou projevem působení mezi jednotlivými částmi molekul: elektrony a jádry atomů. Jsou-li molekuly u sebe příliš blízko, převládají **odpudivé síly** – molekuly se začnou od sebe vzdalovat. Při větších vzdálenostech mezi molekulami převládají **přitažlivé síly**. **S rostoucí vzdáleností síla vzájemného působení klesá.**



Obr. 2 Atom uhlíku <sup>7</sup>

### **Základní vlastnosti kapalin:**

- **dají se přelévat = jsou tekuté a zaujmají tvar podle nádoby**
- dají se snadno dělit na menší části – až na kapky**
- jsou nestlačitelné - vzhledem k odpuzování molekul – proto nemění objem**
- v klidu je hladina kapaliny v nádobě vodorovná**
- při nižších teplotách se mění na pevné látky**
- při vyšších teplotách se mění na plyny**

## **1.2 Povrchové napětí kapalin**

### Síly působící na molekulu uvnitř kapaliny

Kolem molekuly uvnitř kapalin se ve všech směrech kolem ní nacházejí další molekuly dané kapaliny. Ze všech směrů působí na molekulu stejně velké přitažlivé síly. Výsledkem je **nulová výslednice** = celková síla působící na molekulu uvnitř kapaliny je nulová.

### Síly působící na molekulu na povrchu kapaliny

Na molekulu na povrchu kapaliny působí okolní molekuly dané kapaliny jen ze zdola. Shora působí silami molekuly plynu (například vzduchu). Těch připadne na stejný objem asi tisíckrát méně. **Výslednice sil na molekulu působí dovnitř kapaliny.**

Vtahování molekul kapaliny dovnitř kapaliny se navenek projeví tak, že se povrch kapaliny chová jako **pružná blána**. To způsobí, že hladina unese např. vodoměrku nebo bruslařku (hladina se jen pod nohama trošku prohne). Tento jev také způsobuje kulový tvar kapky v beztížném stavu. V gravitačním poli Země se zejména malé kapky, např. kapky tvořící mlhu nebo rosu na rostlinách, blíží svým tvarem kouli.



Obr. 3 Astronaut Pedro Duque a kapka vody ve stavu beztíže <sup>8</sup>



Obr. 4 Snímek z 4K videa zbarvené vody  
ve stavu beztíže natočeného kamerou RED Epic Dragon <sup>9</sup>





Obr. 5 Vodoměrka štíhlá <sup>10</sup>



Obr. 6 Bruslařka obecná <sup>10</sup>

Nyní jsou uvedeny odkazy na některá zajímavá videa.

Video z Mezinárodní vesmírné stanice, experiment provedený na základě otázky dvou středoškolaček, co se stane, když se bude ve vesmíru ždímat mokrá hadr.

[https://www.idnes.cz/technet/vesmir/zdimani-hadru-v-kosmu.A140924\\_152538\\_tec\\_vesmir\\_pka](https://www.idnes.cz/technet/vesmir/zdimani-hadru-v-kosmu.A140924_152538_tec_vesmir_pka)

Video z Mezinárodní vesmírné stanice, kde astronautka ukáže, jak se myjí ve stavu beztíže vlasy.

[https://www.idnes.cz/technet/vesmir/astronautka-iss-myti-vlasu-ve-stavu-beztize.A140910\\_141631\\_tec\\_vesmir\\_pka](https://www.idnes.cz/technet/vesmir/astronautka-iss-myti-vlasu-ve-stavu-beztize.A140910_141631_tec_vesmir_pka)

Video z Mezinárodní vesmírné stanice, kde je ukázáno, co udělá šumák ve stavu beztíže s vodou. Je zde dobře vidět kulovitý tvar kapky vody ve stavu beztíže.

[https://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016\\_163849\\_tec\\_vesmir\\_vse](https://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016_163849_tec_vesmir_vse)

Veličina popisující vlastnosti povrchové blány se nazývá **povrchové napětí**.

Čím je povrchové napětí kapaliny větší, tím snáze se na jeho povrchu mohou udržet různá tělesa. Hodnoty povrchového napětí jsou uvedeny v tabulkách. Například povrchové napětí vody je 2 - 3krát větší než povrchové napětí lihu nebo petroleje. Povrchové napětí rtuti je asi 7krát větší než povrchové napětí vody.

Důsledky povrchového napětí využíváme běžně:

- mýdlový roztok má menší povrchové napětí než voda – voda se snáze dostane k povrchu rukou a umožní důkladnější umytí

Pokusy:

1. a)

Polož velmi opatrně na povrch vody kancelářskou sponku. Co pozoruješ?

Závěr: **Sponka se díky povrchovému napětí vody neponoří a zůstane na hladině.**



Obr. 7 Kancelářská sponka se díky povrchovému napětí vody udrží na hladině. <sup>11</sup>



Obr. 8 Plovoucí mince na hladině vody <sup>12</sup>

a) Materiál, z kterého je mince vyrobena, má větší hustotu než voda, přesto se mince díky povrchovému napětí vody nepotopí.

b) Zakřivení povrchové vrstvy vody v blízkosti plovoucí mince.

c) Boční pohled na plovoucí minci.

1. b) Zkus kápnout do vody s mincí saponát.

Závěr: **Ten zmenší povrchové napětí kapaliny a mince se potopí.**

2.

Na hladinu polož několik zápalek. Do středu skupiny zápalek kápni roztok mýdla nebo saponátu. Co pozoruješ? Zápalky se rozutečou.

**Závěr: Mýdlový roztok má menší povrchové napětí než voda, voda táhne zápalky k sobě.**



Obr. 9 Sada snímků pořízených z níže uvedeného videa ukazující pokus 2 <sup>13</sup>

<https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-povrchove-napeti-kapalin>

3.

Na hladinu polož několik zápalek. Vezmi špejli, navlhči její konec a pak jej ponoř do práškového cukru. Tímto koncem se dotkni hladiny mezi zápalkami.

Co pozoruješ? Zápalky rychle připlavou ke špejli.

**Závěr: Roztok cukru ve vodě má větší povrchové napětí než voda, roztok táhne zápalky k sobě.**

4.

Hladinu vody posyp jemně hladkou moukou, pepřem, sušenými bylinkami, např. majoránkou...

Do středu misky kápni roztok mýdla nebo saponátu.

Co pozoruješ? Plovoucí mouka, pepř či bylinky se posunou ke kraji.

**Závěr: Mýdlový roztok má menší povrchové napětí než voda, voda táhne částičky k sobě.**



Obr. 10 Snímky k pokusu 4. Majoránka plovoucí na vodě bez a s mýdlovým roztokem. <sup>14, 15</sup>

## 1.3 Pascalův zákon a jeho využití

### 1.3.1 Pascalův zákon

- tlak v kapalině je způsoben tíhovou silou kapaliny – hydrostatický tlak
- na kapalinu můžeme působit i vnější silou – např. stlačovat pístem
- celkový tlak v nádobě bude součtem tlaku hydrostatického a tlaku vyvolaného vnější silou

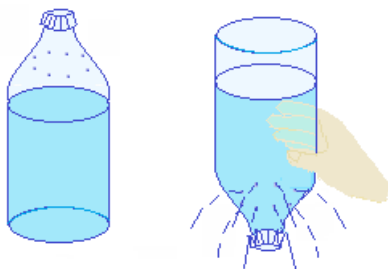
V této kapitole se budeme věnovat působení vnější síly na kapalinu. Pro pozorování zvolíme nádobu se stejně velkými otvory kolem dokola a pístem, tzv. Pascalův ježek. Po stlačení pístu voda stříká ze všech otvorů stejně a vždy kolmo na stěnu nádoby. Toto zařízení můžeme nahradit plastovou lahví s otvory.



Obr. 11 Demontrace Pascalova zákona <sup>5</sup>



Obr. 12 Pascalův ježek <sup>16</sup>



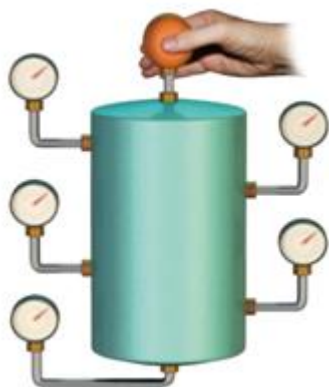
Obr. 13 Demontrace Pascalova zákona pomocí plastové lahve s otvory, stlačení lahve nahrazuje píst <sup>7</sup>

**Působí-li na kapalinu v uzavřené nádobě vnější tlaková síla, zvýší se tlak ve všech místech kapaliny stejně.**

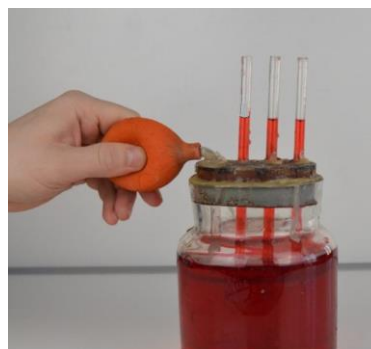
Tento poznatek se podle svého objevitele nazývá **Pascalův zákon** (čti paskalův).

Blaise Pascal [bléz paskal] (19. června 1623 Clermont – 19. srpna 1662 Paříž) byl francouzský fyzik, matematik, spisovatel, teolog a náboženský filozof. <sup>17</sup>

Platnost tohoto zákona si můžeme ověřit jednoduchým pokusem, kdy k uzavřené nádobě připojíme na různých místech manometr. Po působení vnější tlakové síly (stlačení balonku) pozorujeme ve všech místech stejné zvýšení tlaku viz obr. 14. Další pokus k ověření tohoto zákona je zobrazen na obrázku 15. Trubičky jsou ponořeny v různé hloubce uzavřené nádoby s kapalinou. Po stlačení balonku se tlak zvýší ve všech místech (tedy i v různé hloubce) stejně - kapalina v trubičkách vystoupí do stejné výšky.



Obr. 14 Důkaz platnosti Pascalova zákona, manometry ukazují stejnou hodnotu tlaku <sup>5</sup>



Obr. 15 Důkaz platnosti Pascalova zákona, kapalina vystoupí do stejné výšky <sup>18</sup>



Obr. 16 Zahradní rozstřikovač <sup>19</sup>

Příklad 1:

Jaký tlak vyvoláme ve vodě v nádobě (Pascalův ježek), když na píst o obsahu průřezu  $3 \text{ cm}^2$  působíme kolmo silou  $12 \text{ N}$ ?

$$F = 12 \text{ N}$$

$$S = 3 \text{ cm}^2 = 0,0003 \text{ m}^2$$

$$p = ? \text{ Pa}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{12}{0,0003} = 40\,000 \text{ Pa} = 40 \text{ kPa}$$

Tlakovou silou  $12 \text{ N}$  jsme ve všech místech vody v nádobě vyvolali tlak  $40 \text{ kPa}$ .

Příklad 2:

Kolmo na hladinu kapaliny v nádobě působí píst o obsahu  $0,1 \text{ m}^2$  tlakovou silou  $2\,560 \text{ N}$ .

Jak velký tlak v kapalině vznikne?

$$F = 2\,560 \text{ N}$$

$$S = 0,1 \text{ m}^2$$

$$p = ? \text{ Pa}$$

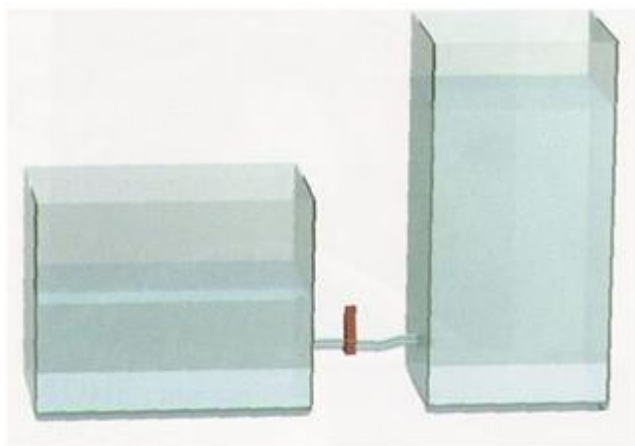
$$p = \frac{F}{S} = \frac{2\,560}{0,1} = 25\,600 \text{ Pa} = 25,6 \text{ kPa}$$

V kapalině vznikne tlak  $25,6 \text{ kPa}$ .

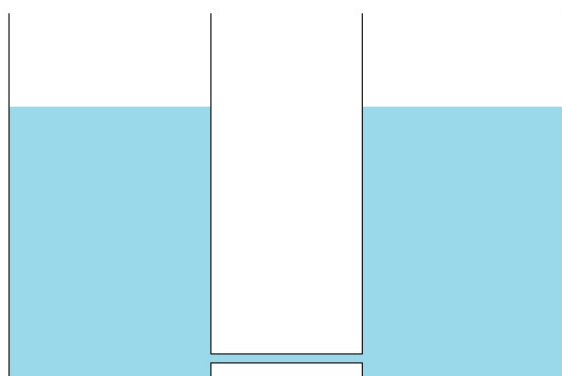
### 1.3.2 Spojené nádoby

Co to jsou a jak vzniknou spojené nádoby?

Spojíme dvě nádoby hadičkou. Hádličku stlačíme kolíčkem. Nádoby naplníme vodou tak, aby hladiny byly v různých výškách. Když kolíček odstraníme, hladiny se ustálí ve stejné výšce. Vytvořili jsme **SPOJENÉ NÁDOBY**.

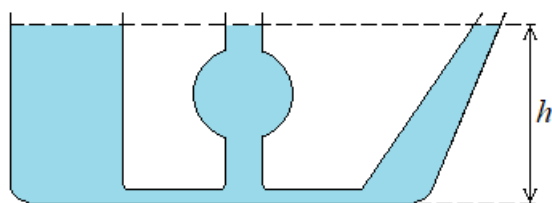


Obr. 17 Vytvoření spojených nádob <sup>5</sup>



Obr. 18 Spojené nádoby <sup>7</sup>

U spojených nádob nezáleží na velikosti jednotlivých nádob ani na jejich tvaru viz obrázek 19.



Obr. 19 Spojené nádoby – různé tvary <sup>7</sup>



**Využití spojených nádob** (stejné výšky hladiny) v běžném životě:

**sifon u odpadních trubek – umyvadla, vany, sprchové kouty, WC** (obrázek 20)

zabraňuje pachům z kanalizace pronikat do místnosti

**konvice na čaj** (obrázek 21)

**kropicí konev** (obrázek 22)

**vodoznak** – měřič hladiny kapaliny např. u rychlovarné konvice nebo u cisteren (obrázek 23)

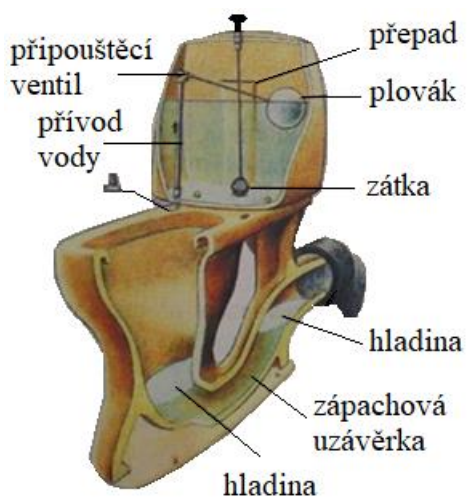
trubička spojená s hlavní nádobou ukazující kolik je v daná nádobě kapaliny

**přelévání vody ze sudu do sudu** (obrázek 24)

**hadicová vodováha – libela** (obrázek 25 a 26)

**zdymadla** (obrázek 27, 28 a 29)

**vodotrysk** (obrázek 30)



Obr. 20 WC a využití spojených nádob – sifon <sup>7</sup>



Obr. 21 Konvice na čaj <sup>20</sup>



Obr. 22 Kropicí konev <sup>7</sup>



Obr. 23 Vodoznak na varné konvici <sup>21</sup>

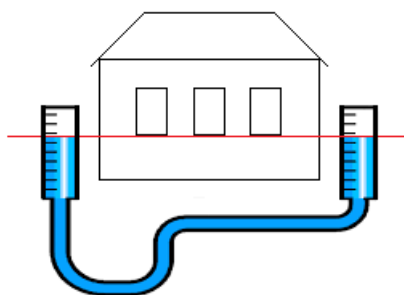


Obr. 24 Přelévání vody ze sudu do sudu <sup>5</sup>





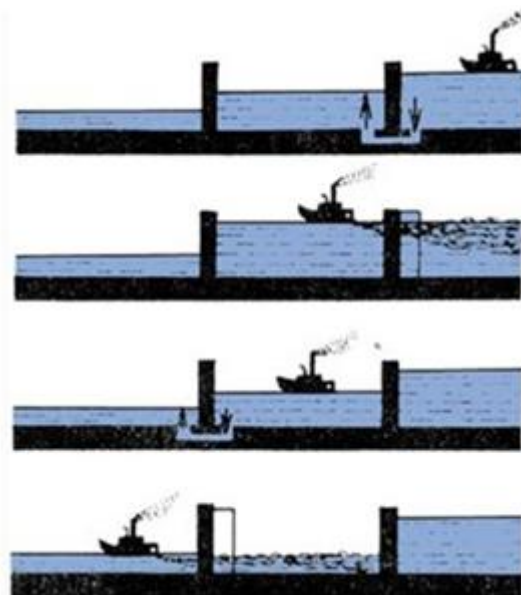
Obr. 25 Libela a měření pomocí libely<sup>22, 5, 23</sup>



Obr. 26 Sada obrázků k hadicové vodováze<sup>24, 7</sup>



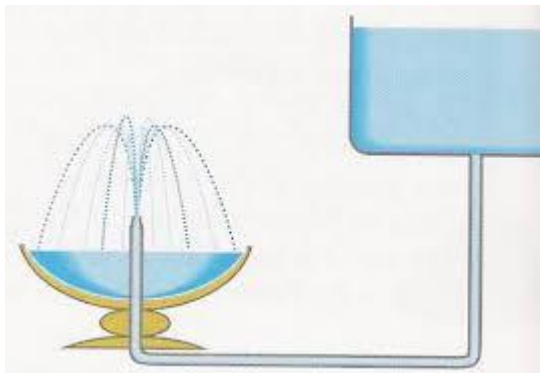
Obr. 27 Zdymadlo – Baťův kanál – plavební komora Spytihněv<sup>25</sup>



Obr. 28 Princip fungování zdymadla<sup>26</sup>



Obr. 29 Kaskáda zdymadel na Varistaipkaeském kanále ve Finsku <sup>27</sup>



Obr. 30 Vodotrysk <sup>5</sup>

Odkazy na zajímavá videa k danému tématu.

Animace fungování zdymadla, Wikipedie

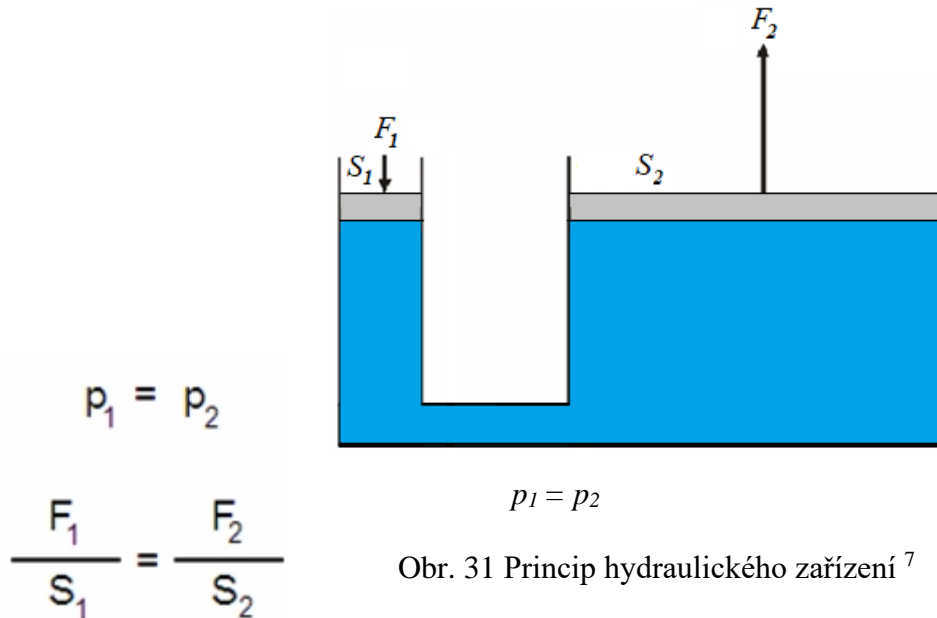
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Schleuse\\_\(Animation\).webm](https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Schleuse_(Animation).webm)

Video Masarykovo zdymadlo na Střekově, Český rozhlas

[https://www.youtube.com/watch?v=nJh46AErTx8&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=nJh46AErTx8&feature=emb_logo)

### 1.3.3 Hydraulická zařízení

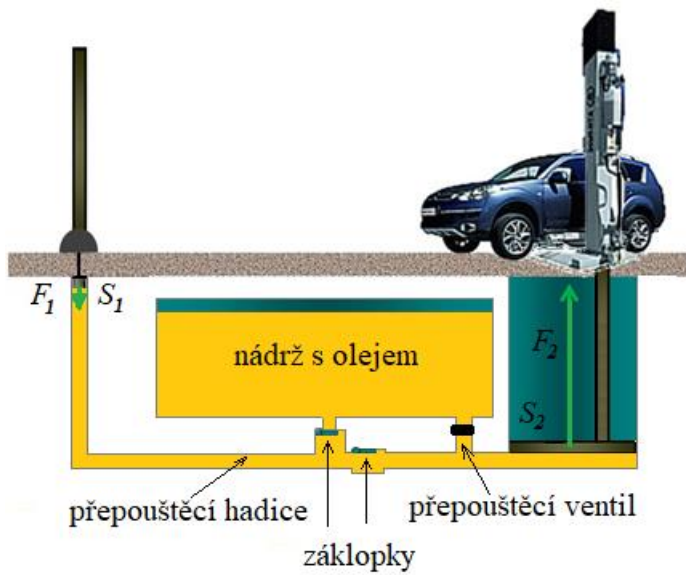
Hydraulická zařízení využívají platnosti Pascalova zákona. Působíme na jeden píst o menším průměru malou tlakovou silou, tím vyvoláme tlak u druhého většího pístu, kde bude kapalina působit mnohem větší tlakovou silou.



$$F_2 : F_1 = S_2 : S_1$$

Využití Pascalova zákona v běžném životě i v průmyslu:

- hydraulické zvedáky např. automobilů v servisech – kapalinou je olej (místo vody) – zařízení nekoroduje a písty se snadněji pohybují
- hydraulické zvedáky plošin autojeřábů
- hydraulické zvedáky plošin pro vozíčkáře
- vyklápění ložné plochy nákladních automobilů
- ovládání velkých lžic rypadel
- kapalinové brzdy v osobních automobilech
- hydraulické lisy – lisované předměty jsou stlačovány mezi pevnou deskou a pístem k výrobním postupům – př. karosářské lisování mají vrchní píst i vrchní masivní desku ve tvaru např. střechy automobilu
- k lisování součástek ve strojírenství
- v chemickém průmyslu – lisování plastových výrobků
- v potravinářském průmyslu – lisování oleje ze semen, šťáv z ovoce



Obr. 32 Hydraulický zvedák automobilů <sup>7</sup>



Obr. 33 Zvedací plošina <sup>28</sup>



Obr. 34 Hydraulické vyklápění ložné plochy <sup>29</sup>



Obr. 35 Lis na šrot <sup>30</sup>



Obr. 36 Karosářský lis v automobilce<sup>31</sup>



Obr. 37 Lisování oleje<sup>32</sup>



Obr. 38 Hydraulický lis na ovoce<sup>33</sup>

Příklad 1:

Jak velkou tlakovou silou  $F_2$  působí voda na píst 2 o průřezu  $3 \text{ cm}^2$ , pokud na píst 1 o průřezu  $S_1 = 1 \text{ cm}^2$  působíme tlakovou silou  $1 \text{ N}$ ?

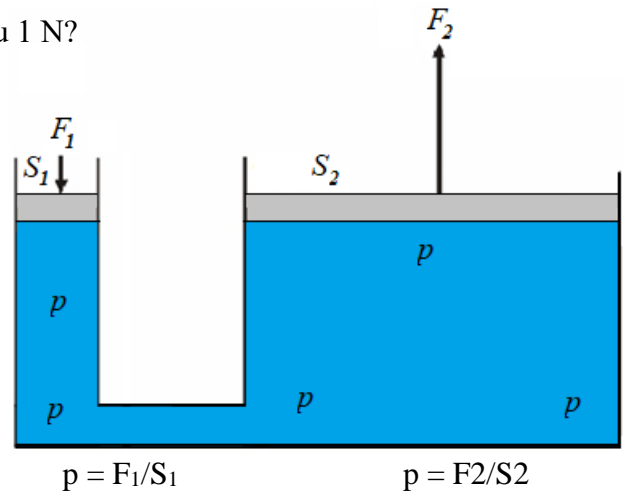
$$S_1 = 1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$$

$$F_1 = 1 \text{ N}$$

$$S_2 = 3 \text{ cm}^2 = 0,0003 \text{ m}^2$$

$$F_2 = ? \text{ N}$$

$$p_1 = p_2 = p$$



Obr. 39 Obrázek k příkladu 1 a 2<sup>7</sup>

$$p = F_1 / S_1 = 1 / 0,0001 = 10\,000 \text{ Pa} = 10 \text{ kPa}$$

$$F_2 = p \cdot S_2 = 10\,000 \cdot 0,0003 = 3 \text{ N}$$

Na větší píst působí kapalina tlakovou silou  $3 \text{ N}$ .

Příklad 2:

Jakou silou bude působit kapalina na druhý píst s plochou  $1 \text{ m}^2$ , jestliže na první píst s plochou  $10 \text{ cm}^2$  působí síla  $100 \text{ N}$ ?

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

$$S_1 = 10 \text{ cm}^2 = 0,001 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 1 \text{ m}^2$$

$$F_2 = ? \text{ N}$$

$$p = F_1 : S_1 = 100 : 0,001 = 100\,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

$$F_2 = p \cdot S_2 = 100\,000 \cdot 1 = 100\,000 \text{ N} = 100 \text{ kN}$$

Plocha druhého pístu je  $1\,000$ krát větší, síla na druhý píst je také  $1\,000$ krát větší ( $100 \text{ kN}$ ).



## 1.4 Účinky gravitační síly Země na kapalinu a závislost tlakové síly

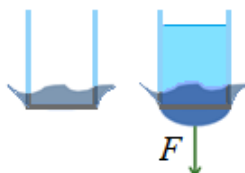
### 1.4.1 Účinky gravitační síly Země na kapalinu

Pokus 1:

Uřízneme dno plastové lahve a místo něj připevníme tenkou blánu.

Co se stane, když lahev naplníme vodou?

Závěr: Blána se prohne ven. **Na blánu tlačí voda svisle dolů tlakovou silou  $F$ .**



Obr. 40 Směr síly působící na dno nádoby <sup>7</sup>

Pokus 2:

Uděláme ve stěně lahve dva stejně velké otvory ve dvou různých výškách. Lahev naplníme vodou a přidržíme nad nějakou nádobou, kde budeme zachytávat vytékající vodu.

Co pozorujeme?

Závěr: Voda vytéká z obou otvorů kolmo ke stěně. **Voda tedy tlačí nejen svisle dolů na blánu, ale i kolmo na stěny nádoby.**



Obr. 41 Směr síly působící na stěnu nádoby <sup>7</sup>

Pokus 3:

Do mikrotenového sáčku nalijeme vodu a sáček uzavřeme. Vidíme, že se sáček zaoblí.

Zaoblění je způsobeno tlakovou silou vody na stěny sáčku. Do sáčku uděláme malý otvor.

Co pozorujeme?

Závěr: Voda vystřikuje kolmo ke stěně sáčku v místě otvoru. Dokonce, i pokud je otvor směrem nahoru.

**Vystřikující paprsek vody naznačuje směr tlakové síly na stěnu sáčku. Voda tlačí vždy kolmo na stěnu nádoby.**



Obr. 42 Směr síly působící na horní stěnu nádoby <sup>7</sup>

**Pokusy jsme se přesvědčily, že kapalina v klidu působí tlakovou silou kolmo nejen na dno nádoby, ale na každou část stěny nádoby.**

**Příčina této tlakové síly – působení gravitační síly Země na kapalinu.**

Pokus 4:

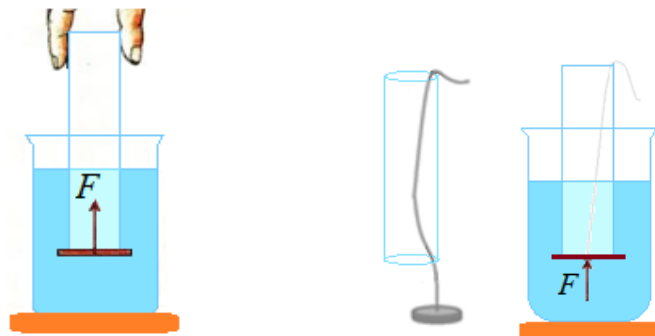
Chceme zjistit, zda kapalina v nádobě v klidu působí tlakovou silou i na plochy uvnitř kapaliny. K dolnímu okraji trubice přitiskneme destičku. Ve vzduchu by destička od trubice odpadla. Přidržíme ji rukou a ponoříme trubici s destičkou do vody. Destičku přestaneme přidržovat.

Co pozorujeme?

Závěr: Destička neodpadne. Proč? **Voda působí kolmo na destičku tlakovou silou svise vzhůru a přidrží ji u trubice.**

Co jsme tímto pokusem dokázali?

**Kapalina v nádobě působí tlakovou silou kolmo i na plochy ponořené v kapalině.**



Obr. 43 Působení tlakové síly svise vzhůru <sup>7</sup>

**Závěr:**

**V důsledku působení gravitační síly Země působí kapalina v nádobě v klidu tlakovou silou kolmo na dno nádoby, na stěny nádoby a na plochy ponořené v kapalině.**



## 1.4.2 Závislost tlakové síly

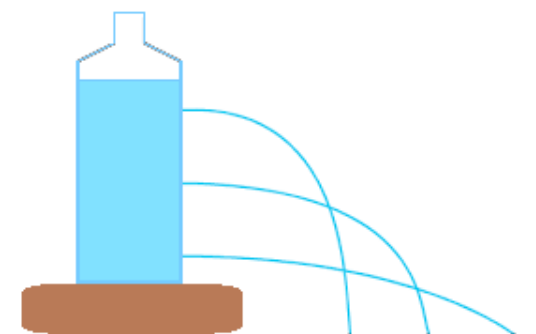
### Na čem tlaková síla závisí?

Pokus 5:

Do nádoby se stejně velkými otvory v různých výškách nalijeme vodu, otvory máme uzavřené.

Když otvory uvolníme, vidíme, že voda vytéká prudčeji z otvorů hlouběji pod hladinou.

fyzikální kabinet 2016 - 2023



Obr. 44 Závislost tlakové síly na hloubce <sup>7</sup>

**Závěr: Čím je otvor ve stěně nádoby hlouběji pod hladinou vody, tím prudčeji z něj voda vytéká.**

**Tlaková síla, kterou voda v gravitačním poli Země působí na stěny nádoby, se zvětšuje s hloubkou.**

Pokus 6:

Provedeme opět pokus 1, ale místo vody lahev naplníme kapalinou o nižší hustotě, např. ethanolem. Kapalinu musíme mít do stejné výšky jako u pokusu 1.

Co pozorujeme?

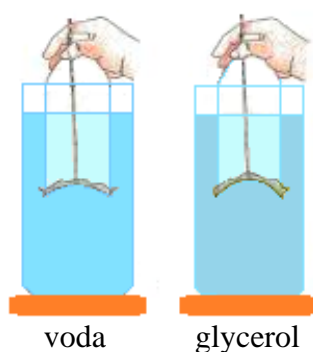
Závěr: Blána se působením tlakové síly ethanolu prohnula méně než u pokusu s vodou.

Co pozorujeme, pokud pokus zopakujeme s kapalinou o vyšší hustotě, např. glycerolem?

Závěr: Blána se naopak působením glycerolu prohne více.

**Tlaková síla kapaliny závisí na hustotě kapaliny.**

Můžeme pokus obměnit. Ponoříme prázdnou plastovou lahev do vody a do kapaliny s vyšší hustotou, např. glycerolem. Blána se působením kapaliny prohne naopak dovnitř lahve. V případě glycerolu se blána prohne více.



Obr 45 Závislost tlakové síly na hustotě kapaliny <sup>7</sup>

**Tlaková síla kapaliny roste s hloubkou a závisí na hustotě kapaliny.**

#### Jak vypočítáme velikost tlakové síly?

Tlaková síla  $F$ , kterou kapalina působí na dno láhve, se rovná gravitační síle  $F_g$ , kterou Země působí na kapalinu v dané nádobě. Gravitační sílu vypočítáme ze vztahu  $F_g = m \cdot g$ , kde  $m$  je hmotnost dané kapaliny a  $g$  je tíhové zrychlení, jehož hodnotu známe (liší s v závislosti na zeměpisné šířce). Hmotnost ale znát nemusíme, můžeme si ji vypočítat z objemu a hustoty dané kapaliny (hustotu najdeme v tabulkách)  $m = V \cdot \rho$ . Objem si můžeme totiž vypočítat ze vztahu  $V = S \cdot h$ , kde  $S$  je obsah dna dané nádoby a  $h$  je výška sloupce dané kapaliny.

Zápis postupu výpočtu:

$$F = F_g = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

**Velikost tlakové síly, kterou působí kapalina o hustotě  $\rho$  na plochu o obsahu  $S$  v hloubce  $h$  pod hladinou kapaliny vypočítáme ze vztahu**

$$F = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$$F = Sh\rho g$$

Příklad 1:

Jak velkou tlakovou silou působí voda na dno lahve při pokusu 1?

Blána tvořící dno má obsah  $60 \text{ cm}^2$ . Výška sloupce vody nad blánou je  $10 \text{ cm}$ .

$$S = 60 \text{ cm}^2 = 0,006 \text{ m}^2$$

$$h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F = ? \text{ N}$$

$$F = Sh\rho g = 0,006 \cdot 0,1 \cdot 1\,000 \cdot 10 = 6 \text{ N}$$

Tlaková síla vody na dno lahve je  $6 \text{ N}$ . Tato síla prohne blánu.

Vztah pro výpočet tlakové síly, který jsme si odvodili výše, můžeme na tomto příkladě vysvětlit následovně:

Tlaková síla  $F$ , kterou voda tlačí na dno lahve, se rovná gravitační síle  $F_g$ , kterou Země působí na vodu v lahvi.

Objem vody vypočítáme, když obsah dna vynásobíme výškou.

$$V = Sh = 0,006 \cdot 0,1 = 0,0006 \text{ m}^3$$

Hmotnost vody je:

$$m = V\rho = 0,0006 \cdot 1\,000 = 0,6 \text{ kg}$$

Na vodu o hmotnosti  $m$  působí gravitační síla:

$$F_g = mg = 0,6 \cdot 10 = 6 \text{ N}$$

$$\mathbf{F = F_g = mg = V\rho g = Sh\rho g}$$

Ke stejnému výslednému vztahu jsme dospěli i při odvozování výše.

**V našich pokusech jsme měli kapalinu v nádobě tvaru válce.**

**Bylo mnoha pokusy prokázáno, že vztah platí pro nádobu jakéhokoliv tvaru.**

## 1.5 Hydrostatický tlak

Zopakujme si, co jsme si odvodili a pokusy dokázali v minulé kapitole:

**V důsledku působení gravitační síly Země působí kapalina v nádobě v klidu tlakovou silou kolmo na dno nádoby, na stěny nádoby a na plochy ponořené v kapalině.**

$$F = Sh\rho g$$

**Jaký tlak tato síla vyvolá v klidné kapalině?**

**Připomeň si vztah pro výpočet tlaku:**

$$p = \frac{F}{S} \qquad p = F : S \qquad p = F/S$$

Můžeš se setkat se všemi tvary zápisu.

Příklad 1:

Vraťme se k příkladu 1 v minulé kapitole, znovu zopakujeme výpočet, ale již bez odvozování:

Jak velkou tlakovou silou působí voda na dno lahve při pokusu 1?

Blána tvořící dno má obsah 60 cm<sup>2</sup>. Výška sloupce vody nad blánou je 10 cm.

$$S = 60 \text{ cm}^2 = 0,006 \text{ m}^2$$

$$h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F = ? \text{ N}$$

$$F = Sh\rho g = 0,006 \cdot 0,1 \cdot 1\,000 \cdot 10 = 6 \text{ N}$$

Tlaková síla vody na dno lahve je 6 N. Tato síla prohne blánu.

Jaký tlak tato síla vyvolá na blánu?

$$p = \frac{F}{S} = \frac{6}{0,006} = 1\,000 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}$$

Na blánu je danou silou vyvolán tlak 1 kPa.

**Tento tlak nazýváme HYDROSTATICKÝ TLAK a značíme ho  $p_h$ .**

hydro = vodní

statický = v klidu

$$p_h = \frac{\text{tlaková síla}}{\text{obsah plochy, na kterou síla působí}} = \frac{F}{S} = \frac{Shg}{S} = h\rho g$$

**Hydrostatický tlak v kapalině (stejně jako tlaková síla  $F$ ) roste s hloubkou  $h$  pod hladinou. Ve stejné hloubce je větší hydrostatický tlak v kapalině s větší hustotou  $\rho$ . Pro hydrostatický tlak platí:**

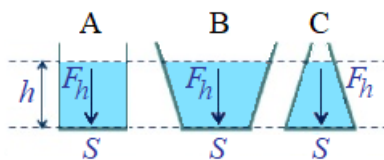
$$p_h = h\rho g$$

Platnost tvrzení vidíme ze vztahu pro výpočet hydrostatického tlaku. Ve vztahu se kromě tlaku vyskytují pouze tři veličiny – výška sloupce kapaliny, hustota dané kapaliny a tíhové zrychlení, což je konstanta. Proto hydrostatický tlak závisí pouze na hloubce  $h$  a hustotě dané kapaliny, ve které tlak působí. Ze vztahu plyne, že pokud se bude hloubka zvětšovat, bude se zvětšovat i hydrostatický tlak. Stejně tak z daného vztahu plyne, čím větší hustota dané kapaliny, tím větší tlak v ní bude působit.

Zkusme si to dokázat i pokusem.

Pokus 1:

Máme nádoby různých tvarů, které mají stejný obsah dna  $S$ . Naplníme je **stejnou** kapalinou (např. vodou) do **stejné** výšky  $h$ .



Obr. 46 Hydrostatický paradox <sup>7</sup>

Ve všech nádobách je stejná kapalina. Pro hmotnost kapaliny platí:  $m = V \cdot \rho$ .

Největší hmotnost má kapalina v nádobě B, protože má největší objem.

Nejmenší hmotnost má kapalina v nádobě C, protože má nejmenší objem.

Pro hydrostatický tlak na dno nádob platí:  $p_h = h\rho g$ .

Ve všech nádobách je stejná kapalina o hustotě  $\rho$  a hladina kapaliny má stejnou výšku  $h$ .

Hydrostatický tlak kapaliny na dno musí být ve všech nádobách stejný. To je vidět i na obrázku, kde ve stejné hloubce (zde u dna nádoby) je naměřen stejný tlak.

Hydrostatický tlak nezávisí na hmotnosti kapaliny ani na obsahu plochy, na kterou působí.

Tomu říkáme **HYDROSTATICKÝ PARADOX**.



Obr. 47 Důkaz tzv. hydrostatického paradoxu <sup>34</sup>

Video z pořadu České televize Rande s fyzikou, kde je mimo jiné proveden pokus pro důkaz platnosti tvrzení v této kapitole

<https://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/211563230150012-tlak-v-tekutinach-a-archimeduv-zakon/>

Příklad 2:

Hloubka nádrže Slapské přehrady u hráze dosahuje 58 m. Porovnejte hydrostatický tlak v hloubce 1 m pod hladinou vody s tlakem u dna.

$$h_1 = 1 \text{ m}$$

$$h_2 = 58 \text{ m}$$

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$p_{h1} = ? \text{ Pa}$$

$$p_{h2} = ? \text{ Pa}$$

$$p_{h1} = h_1 \rho g = 1 \cdot 1\,000 \cdot 10 = 10\,000 \text{ Pa} = 10 \text{ kPa}$$

$$p_{h2} = h_2 \rho g = 58 \cdot 1\,000 \cdot 10 = 580\,000 \text{ Pa} = 580 \text{ kPa}$$

Hydrostatický tlak v hloubce 1 m pod hladinou vody je 10 kPa, u dna v blízkosti hráze přehrady je 580 kPa, tedy 58krát větší. Proto musí být hráz u dna mnohem širší než u hladiny vody.

## 1.6 Vztlková síla působící na těleso v kapalině a její závislost

### 1.6.1 Vztlková síla působící na těleso v kapalině

Jak je možné, že ve vodě udržím těžký předmět, který na vzduchu neunesu?

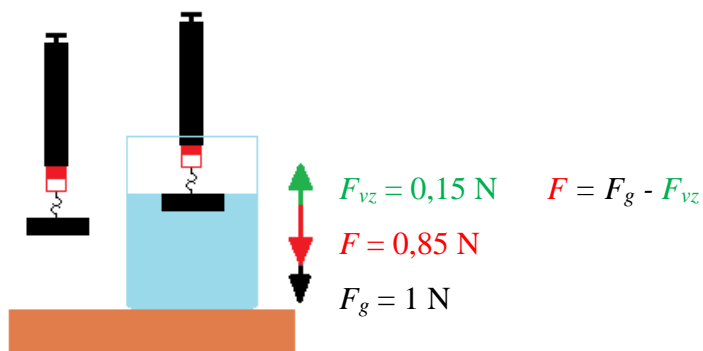
Pokus 1:

Na siloměr zavěsíme závaží a změříme gravitační sílu  $F_g$ , kterou na něj působí Země.

Odečteme na siloměru sílu 1 N.

Kontrolní otázka. Jak těžké závaží jsme použili?

Poté závaží zavěšené na siloměru ponoříme zcela do kapaliny.



Obr. 48 Důkaz existence vztlkové síly v kapalině <sup>7</sup>

Co pozorujeme?

Pružina siloměru je nyní napínána menší silou  $F$  než v prvním případě.

Co je příčinou?

**Těleso ponořené do kapaliny v klidu je nadnášeno silou, která má opačný směr než síla  $F_g$ .**

**Tato síla se nazývá VZTLAKOVÁ SÍLA a značíme ji  $F_{vz}$ .**

**Jak v našem pokusu vypočítám velikost dané vztlkové síly?**

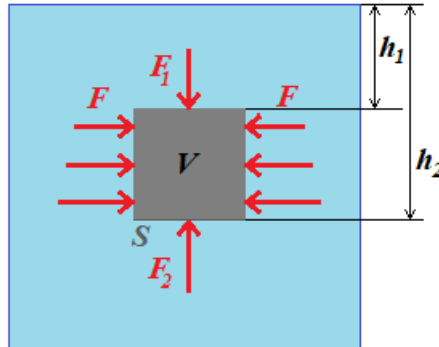
$$F_{vz} = F_g - F$$

$$F_{vz} = 1 - 0,85 = 0,15 \text{ N}$$

Vztlková síla je v tomto případě rovna 0,15 N.

## Jak si vysvětlíme vznik vztlakové síly?

Představme si, že do kapaliny ponoříme těleso, např. kovovou krychli. Víme, že kapalina působí na všechny její stěny tlakovými silami (kapitola 1.4).



Obr. 49 Působení sil v kapalině <sup>7</sup>

Z obrázku a z toho, co jsme si již dříve odvodili, plyne, že na protilehlé svislé stěny působí stejně velké tlakové síly opačného směru – výslednice je nulová, účinky sil na krychli se tedy vyruší. Ale na horní stěnu působí tlaková síla svisle dolů  $F_1$  a na dolní stěnu působí tlaková síla svisle vzhůru  $F_2$ .

$F_1$  se nerovná  $F_2$       **PROČ?**

Dolní stěna je ve větší hloubce  $h_2$  pod hladinou kapaliny než horní stěna, která je v hloubce  $h_1$ . Jelikož tlaková síla závisí na hloubce a to tak, že se vzrůstající hloubkou se její velikost zvětšuje, nemohou se dané síly rovnat.

**Tlaková síla na dolní stěnu krychle je tedy větší než na horní stěnu. Výslednice těchto dvou sil má směr větší síly, tedy svisle vzhůru. Nazýváme ji VZTLAKOVÁ SÍLA.**

Nyní můžeme odpovědět na naši úvodní otázku:

Jak je možné, že ve vodě udržím těžký předmět, který na vzduchu neunesu?

**Odpověď:**

Na předmět ve vodě působí vztlaková síla směřující svisle vzhůru. Proto předmět snadněji uzvednu.



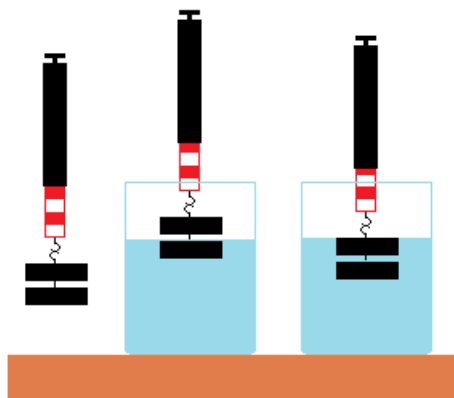
## 1.6.2 Závislost vztlakové síly

Na čem závisí velikost vztlakové síly  $F_{vz}$ ?

Pokus 1:

Na siloměr zavěsíme pod sebe dvě stogramová závaží o **stejném objemu**.

Změříme velikost síly  $F_g = 2 \text{ N}$ .



$$F_g = 2 \text{ N} \quad F_{vz} = 0,15 \text{ N} \quad F_{vz} = 0,30 \text{ N}$$

Obr. 50 Závislost vztlakové síly na objemu ponořené části tělesa <sup>7</sup>

Ponoříme-li jedno závaží do vody, zjistíme, že je nadlehčováno silou 0,15 N.

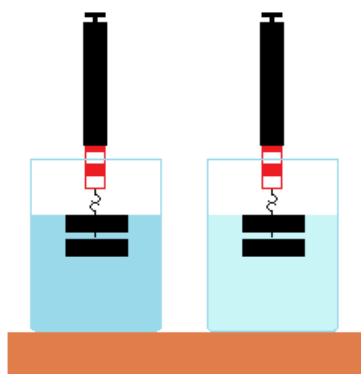
Když ponoříme obě závaží, zjistíme, že jsou nadlehčována silou 0,30 N.

**Kolikrát větší je objem ponořené části tělesa, tolikrát větší vztlaková síla na těleso působí.**

Pokus 2:

Nyní tato dvě závaží zavěšená na siloměru ponoříme do ethanolu.

Hustota ethanolu je menší než hustota vody.



Voda ethanol

$$F_{vz} = 0,30 \text{ N} \quad F_{vz} = 0,20 \text{ N}$$

Obr. 51 Závislost vztlakové síly na hustotě kapaliny <sup>7</sup>

Zjistíme, že v ethanolu jsou závaží nadlehčována silou 0,20 N, tedy menší silou než ve vodě. Velikost vztlakové síly je závislá na hustotě kapaliny, čím větší je hustota kapaliny, tím větší je vztlaková síla působící na těleso.

Z obou pokusů dojdeme k závěru:

**Vztlaková síla působící na těleso ponořené do kapaliny závisí na objemu ponořené části tělesa a na hustotě kapaliny.**



stejná kapalina  
stejně míčky, tedy stejná hmotnost,  
stejný objem  
**na obě tělesa působí stejně velká vztlaková síla – rovnováha zůstává neporušená**



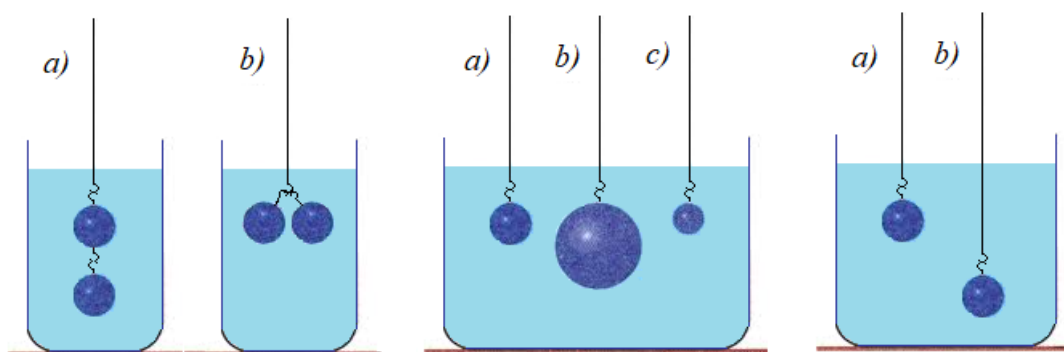
stejná kapalina  
stejná hmotnost zavěšených předmětů  
různý objem zavěšených předmětů  
**na těleso s menším objemem – olůvka - působí menší vztlaková síla, proto se rovnováha poruší a olůvka klesnou**



v levé kádince voda, v pravé ethanol  
stejně míčky, tedy stejná hmotnost,  
stejný objem  
**voda má větší hustotu než ethanol, v kapalině s větší hustotou působí větší vztlaková síla – rovnováha se poruší – těleso v kapalině s menší hustotou klesne**

Obr. 52 Pokusy s rovnoramennými vahami – vztlaková síla <sup>35</sup>

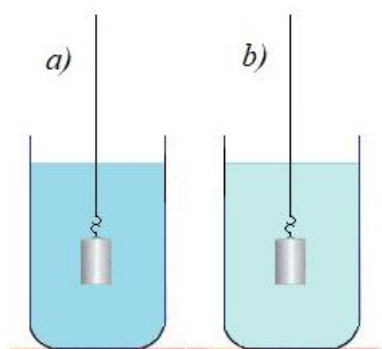
**Závěrečné otázky: Na které těleso působí větší vztlaková síla?**



Stejný objem těles – na obě tělesa působí stejná vztlaková síla

Těleso uprostřed má největší objem, proto na něj působí největší vztlaková síla

Stejný objem těles – na obě tělesa působí stejná vztlaková síla



voda

ethanol

v obou případech ocelové závaží

Voda má větší hustotu než ethanol, proto na závaží působí ve vodě větší vztlaková síla

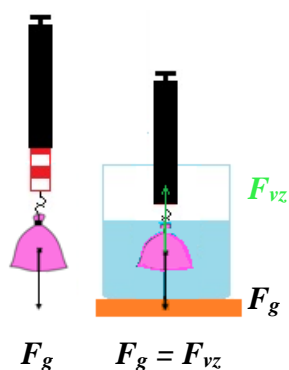
Obr. 53 Závěrečné otázky 1 <sup>7</sup>

## 1.7 Archimédův zákon a plování těles

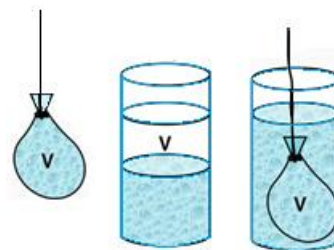
### 1.7.1 Archimédův zákon

Pokus 1:

Naplníme mikrotenový sáček vodou a zavážeme tak, aby v sáčku nebyl vzduch. Sáček s vodou zavěšíme na siloměr a změříme gravitační sílu  $F_g$ , kterou na sáček s vodou působí Země. Poté sáček zavěšený na siloměru pomalu ponořujeme do vody v odměrném válci.



Obr. 54 Sáček s vodou ponořený do vody<sup>7</sup>



Obr. 55 Změna objemu vody po ponoření sáčku s vodou<sup>7</sup>

Co pozorujeme?

Siloměr ukazuje stále menší a menší sílu. To potvrzuje, že na sáček působí vztlaková síla.

Když je sáček ponořen do vody zcela, siloměr **ukazuje nulu**.

**Sáček s vodou je nadlehčován stejně velkou silou, jakou je přitahován k Zemi.**

**Vztlaková síla a gravitační síla jsou v rovnováze.**

$$F_{vz} = F_g$$

Samotný sáček má nepatrnou hmotnost i objem vzhledem k hmotnosti a objemu vody v něm.

Můžeme tedy vyvodit:

**Na ponořený sáček s vodou působí vztlaková síla stejně velká jako gravitační síla, kterou Země přitahuje vodu v sáčku.**

Co potřebujeme znát k určení velikosti této síly?

Sáček s vodou při úplném ponoření vytlačí vodu o objemu  $V$ , který změříme odměrným válcem. Hmotnost této vody pak vypočítáme ze vztahu  $m = V \cdot \rho_k$

$\rho_k$  = hustota kapaliny, zde tedy vody

Na vodu o hmotnosti  $m$  působí Země gravitační silou  $F_g = m \cdot g$

$$F_g = m \cdot g = V \cdot \rho_k \cdot g$$

Protože  $F_{vz} = F_g$  můžeme zapsat:

$$F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$$

Pokud je těleso do kapaliny ponořené jen částečně, za objem  $V$  dosazujeme jen objem ponořené části tělesa.

Podle vyvozeného vztahu **nezávisí velikost vztlakové síly na ničem jiném než na objemu  $V$  ponořené části tělesa a na hustotě kapaliny  $\rho_k$ .**



Obr. 56 Archimédés na obraze italského malíře Domenica Fettiho<sup>36</sup>

**Toto vyjadřuje Archimédův zákon:**

**Na těleso ponořené do kapaliny působí svisle vzhůru vztlaková síla. Velikost vztlakové síly  $F_{vz}$  se rovná velikosti gravitační síly  $F_g$  působící na kapalinu stejného objemu, jako je objem ponořené části tělesa.**

**Platí:**

$$F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g,$$

**kde  $V$  je objem ponořené části tělesa v kapalině o hustotě  $\rho_k$ ,  $g$  je konstanta.**

Zákon můžeme formulovat i takto:

**Vztlaková síla působící na těleso v kapalině je rovna gravitační síle, která by působila na kapalinu s objemem ponořené části tělesa.**

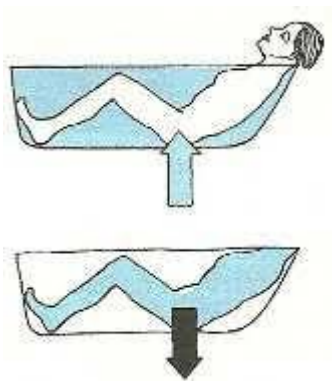
**Platí:**

$$F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g,$$

**kde  $V$  je objem ponořené části tělesa v kapalině o hustotě  $\rho_k$ ,  $g$  je konstanta.**

Pro názornost bychom mohli říct:

Velikost vztlakové síly  $F_{vz}$  je rovna velikosti gravitační síly působící na „těleso z kapaliny“ stejného objemu jako ponořená část tělesa.



Obr. 57 Archimédův zákon – „těleso z kapaliny“<sup>7</sup>



Obr. 58 Heuréka<sup>37</sup>

Jak na to Archimédés přišel?

Podle Vitruvia, římského architekta, inženýra a teoretika, který ve svém díle tuto událost popisuje, syrakuský král Hierón II. chtěl zjistit, zda koruna, kterou si nechal vyrobit, je z čistého zlata. Měl podezření, že do ní nepoctivý zlatník při její výrobě přimíchal levnější stříbro. Pověřil Archiméda, aby to zjistil. Archimédés však nemohl korunu porušit. Stále nemohl přijít na to, jak zjistí její objem. Když se prý koupal v lázních, pozoroval, jak jeho tělo vytlačuje vodu a hladina vody se zvedá. Nadšen nad tím, že našel konečně řešení, jak objem koruny změřit, bylo tak velké, že prý vyběhl nahý na ulici a volal: „Heuréka!“ (v řečtině prý znamená „Našel jsem to!“, „Mám to!“). Do nádoby s vodou pak ponořil kus čistého zlata se stejnou hmotností, jakou měla koruna. Voda nevystoupila tak vysoko. Tím ukázal, že vyrobená koruna má větší objem, než jaký měla mít, kdyby byla vyrobena z čistého zlata. Byl v ní tedy přimíchán kov s nižší hustotou.



Obr. 59 Ilustrace ze 16. století zobrazující Archiméda v lázni;  
Hieronova koruna vpravo<sup>38</sup>

Video prezentující pokusy na téma Archimédův zákon

<https://edu.ceskatelevize.cz/video/34-pokusy-archimeduv-zakon>

**Archimédés** žil ve 3. století *př. n. l.* v Syrakusách, sicilském přístavním městě.

Byl řecký fyzik, matematik, filozof, astronom a vynálezce. Je považován za jednoho z nejvýznamnějších vědců klasického starověku, za největšího matematika své doby a jednoho z největších matematiků vůbec.<sup>36</sup>

## Pokus 2:

Pokusem, kterému se říká karteziánek (potápěč), demonstrujeme Pascalův a Archimédův zákon.

Trubičku, která je na jednom konci uzavřená, zatížíme například kancelářskou svorkou, drátkem, hřebíkem nebo plastelínou tak, aby se „potápěč“ vznášel ve vodě.

Místo plastové láhve bychom mohli použít láhev skleněnou s širším hrdlem a gumovou nebo korkovou zátkou.

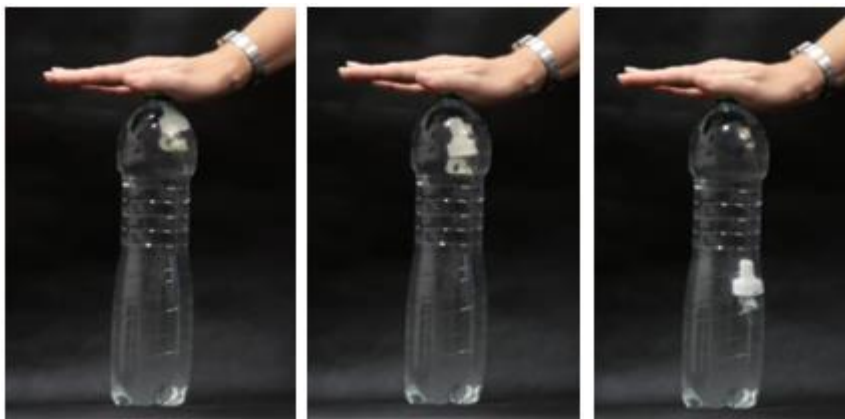
Láhev naplníme vodou až po okraj, „potápěče“ do ní vložíme a zašroubujeme víčkem.

Co pozorujeme?

Když láhev stiskneme – buď ze stran, nebo zatlačíme na zátku – „potápěč“ se začne pohybovat směrem ke dnu. Když ji pustíme, „potápěč“ opět vystoupá nahoru.



Obr. 60 Pokus zvaný karteziánek <sup>39</sup>



Obr. 61 Snímky k pokusu „Karteziánek“ pořizené z videa na [www.](http://www.) <sup>40</sup>



### Vysvětlení:

Při stisknutí lahve se tlak podle Pascalova zákona zvýší ve všech místech kapaliny stejně a způsobí vniknutí vody do trubičky. Jak se tam voda dostane, když v trubičce je vzduch? Vzduch je plyn a je tedy stlačitelný. Vniknutím vody se změní „celková hustota“ trubičky, našeho „potápěče“, a ten začne klesat. Podle Archimédova zákona se těleso, které má větší hustotu než voda, ve vodě potopí.

### 1.7.2 Plování těles

Pokus 1:

Do nádoby s vodou ponoříme do stejné hloubky postupně ocelové závaží, mikrotenový sáček s vodou a

korkovou zátku.

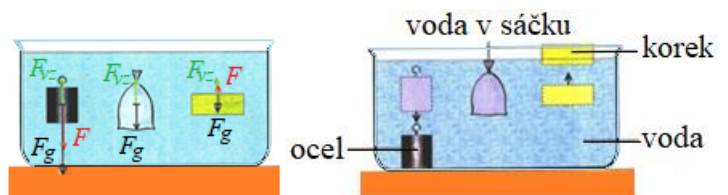
Co pozorujeme?

Ocelové závaží klesá.

Sáček s vodou nemění svou polohu.

Zátka stoupá ke hladině.

Proč se každé těleso chová jinak?



Obr. 62 Ilustrace k pokusu 1 <sup>7</sup>

### Obecně platí:

**Těleso ponoříme zcela do kapaliny a udržujeme v klidu. Uvolníme-li těleso, mohou nastat tři případy.**

1. Těleso se potápí, klesá ke dnu.
2. Těleso setrvává v klidu, říkáme, že se vznáší v kapalině
3. Těleso stoupá k hladině kapaliny.

**Podle Archiméda je každé těleso v kapalině nadlehčováno.**

**Nesmíme však zapomenout, že kromě vztlakové síly  $F_{vz}$  působící svisle vzhůru, působí na těleso gravitační síla Země  $F_g$  svisle dolů.**

**jak se těleso zachová – rozhoduje výslednice obou sil, ta má směr větší z obou sil**

- 1. Těleso se potápí**  $F_g > F_{vz}$  nastane, pokud průměrná hustota tělesa je větší než hustota kapaliny  $\rho_{\text{tělesa}} > \rho_{\text{kapaliny}}$   
(hřebík, mince...)
- 2. Těleso se vznáší**  $F_g = F_{vz}$  nastane, pokud průměrná hustota tělesa je stejná jako hustota kapaliny  $\rho_{\text{tělesa}} = \rho_{\text{kapaliny}}$   
(vejce, mikrotenový sáček...)
- 3. Těleso stoupá**  $F_g < F_{vz}$  nastane, pokud průměrná hustota tělesa je menší než hustota kapaliny  $\rho_{\text{tělesa}} < \rho_{\text{kapaliny}}$  v tomto případě se těleso částečně vynoří z kapaliny – zmenší se objem jeho ponořené části, tím se zmenší i vztlaková síla, dokud se  $F_g = F_{vz}$ , dokud se tíhová a vztlaková síla nevyrovnají  
říkáme, že těleso PLOVE  
(dřevěná špejle, korek, kus pěnového polystyrénu...)

O ledovcích se říká, že nad hladinou plavou jen desetinou objemu.



Obr. 63 Ledovec <sup>5</sup>

Protože ve skutečnosti bychom celý ledovec takto neviděli, je tento snímek fotomontáží 4 fotografií.

Jak je možné, že v Mrtvém moři je plavání tak snadné, že lidé mohou na hladině ležet, a dokonce číst noviny?



Obr. 64 Plavání v Mrtvém moři <sup>41</sup>

Hustota moře je díky velkému obsahu soli větší než v jiných mořích, proto jsou lidé nadlehčováni větší vztlakovou silou.  $\rho$  vody v mrtvém moři je  $1\,240\text{ kg/m}^3$ . <sup>42</sup> Lidské tělo má při výdechu hustotu asi  $1\,025\text{ kg/m}^3$  a při nádechu asi  $945\text{ kg/m}^3$ . <sup>43</sup>

Hustota lidského těla je tedy v obou případech menší než hustota vody v Mrtvém moři. Proto se člověk v Mrtvém moři nemůže bez další zátěže potopit.

Tím jsme se dostali k další kapitole, kde si vysvětlíme, jak se chovají nestejnorodá tělesa ponořená do kapaliny. Lidské tělo je také nestejnorodé těleso. Je tvořeno z různých látek o různých hustotách. O chování takového tělesa ponořeného do kapaliny rozhoduje průměrná hustota daného tělesa.

### 1.7.3 Plování nestejnorodých těles

Pokus 1:

Dáme-li kus plastelíny do vody, klesne ke dnu.

Proč?

Hustota plastelíny je větší než hustota vody.



Obr. 65 Plastelína ve formě kuličky ve vodě <sup>44</sup>

Můžeme změnou tvaru tělesa změnit chování daného tělesa po ponoření do vody?

Vytvarujeme z plastelíny misku a zkusme ji položit na vodu?

Klesá miska z plastelíny stejně, jako když byla ve tvaru koule?

Miska plove.



Obr. 66 Plastelína ve formě mističky plove na vodě <sup>44</sup>

Pokus 2:

Zkusme, jak se bude chovat po ponoření do vody neoloupaná mandarinka, částečně oloupaná mandarinka a oloupaná mandarinka.



Obr. 67 Oloupaná a neoloupaná mandarinka ve vodě <sup>45</sup>

Co pozorujeme?

Oloupaná mandarinka klesne ke dnu.

Zčásti oloupaná se vznáší vždy tak, že její neoloupaná část je natočena vzhůru.

Neoloupaná mandarinka plove.

Vysvětlení:

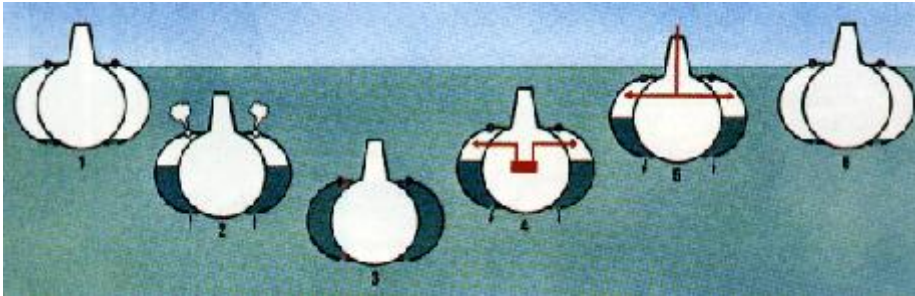
Samotná kůra je tvořena vzduchovými kapsičkami a také mezi kůrou a mandarinkou se nachází vzduch, proto je hustota neoloupané mandarinky menší než hustota mandarinky oloupané. Neoloupaná mandarinka má hustotu menší než voda, proto plove. Zčásti oloupaná mandarinka má přibližně stejnou hustotu jako voda, proto se vznáší, a protože je hmota rozložena nepravidelně, vždy se natočí kůrou, což je část s menší hustotou látky, vzhůru. Oloupaná mandarinka má hustotu větší než voda, proto klesá ke dnu.

Mandarinka i plastelína ve tvaru misky jsou nestejnorodá tělesa.

**Nestejnorodá tělesa jsou tvořena z různých látek o různých hustotách. O chování takového tělesa ponořeného do kapaliny rozhoduje průměrná hustota daného tělesa.** Proto jsme v minulé kapitole používali termín průměrná hustota tělesa.

Jak fungují ponorky?

Ponorky mají nádrže, které se nazývají vodní přítěž nebo balastní nádrže. Při ponořování je do nádob vpuštěna voda, průměrná hustota ponorky se zvětší, převládne gravitační síla a ponorka se ponoří. Při vynořování je do nádob vpuštěn vzduch a voda vytlačena, průměrná hustota ponorky se zmenší, převládne síla vztlaková, a ponorka se vynoří.

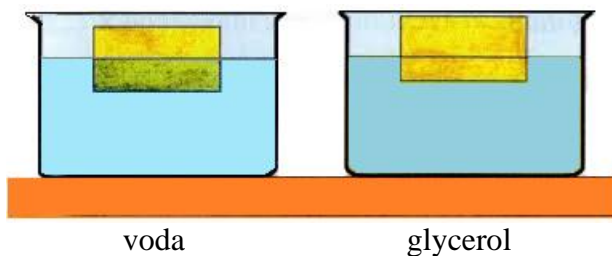


Obr. 68 Princip pohybu ponorky, využití balastních nádrží při ponoru <sup>46</sup>

Pokus 3:

Ponořme dřevěnou kostku do vody a do glycerolu.

Co pozorujeme?



$$\rho_{\text{voda}} = 1\,000 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{\text{glycerol}} = 1\,260 \text{ kg/m}^3$$

Obr. 69 Dřevěná kostka plovoucí ve vodě a v glycerolu. <sup>7</sup>

Dřevěná kostka se v glycerolu vynoří větší částí svého objemu než ve vodě. Můžeme také říci, že dřevěná kostka se ve vodě ponoří více.

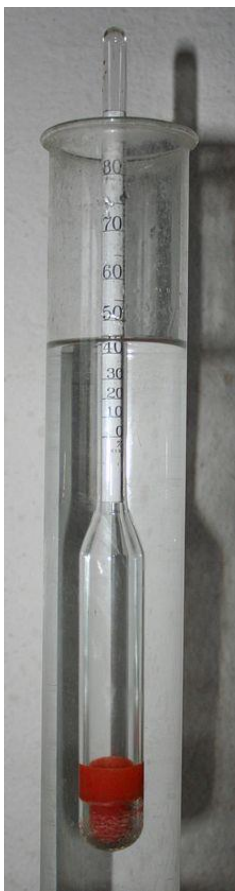
**Těleso plovoucí v různých kapalinách se ponoří tím větší částí svého objemu do kapaliny, čím menší je hustota kapaliny.**

## HUSTOMĚR – měřidlo pro měření hustoty kapaliny



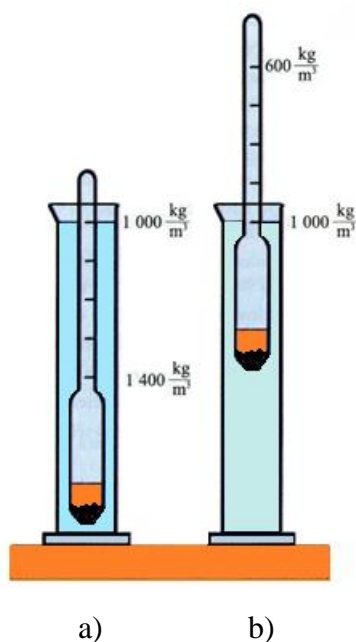
Obr. 70 Hustoměr <sup>47</sup>

Hustoměr je skleněná na obou koncích zatavená trubice. V dolní části jsou zpravidla zataveny broky. V zúžené části je tato trubice opatřena stupnicí v jednotkách hustoty  $\text{kg/m}^3$  nebo  $\text{g/cm}^3$ . Při měření hustoty hustoměr plove v kapalině. Poloha hladiny kapaliny pak určuje na stupnici hustotu měřené kapaliny.



Obr. 71 Hustoměr ponořený do měřené kapaliny <sup>48</sup>

K měření hustoty kapalin se používají dva typy hustoměrů. První typ se používá pro měření hustoty kapaliny větší, než je hustota vody. Druhý typ se používá pro měření hustoty kapaliny menší, než je hustota vody. Hustoměry mohou být také rozděleny podle rozsahu stupnice, např. od  $1\,000\text{ kg/m}^3$  do  $1\,100\text{ kg/m}^3$ , podobně jako teploměry. Hustoměrem se používají v cukrovarech k měření hustoty cukerného roztoku nebo v mlékárnách k měření hustoty mléka (čím menší je hustota mléka, tím obsahuje více tuku).



a) hustoměr pro měření hustoty kapaliny větší, než je hustota vody

b) hustoměr pro měření hustoty kapaliny menší, než je hustota vody

Obr. 72 Typy hustoměrů <sup>7</sup>

**Závěrečné otázky:** Na obrázku je stejný kus plastelíny v obou nádobách. Vysvětli, proč na prvním obrázku se plastelína potopí a na druhém plove.



Obr. 73 Závěrečné otázky 2 <sup>49</sup>

Chování tělesa v kapalině závisí na jeho celkové hustotě. Hustota mističky je menší, protože těleso obsahuje kromě plastelíny také vzduch, který celkovou hustotu tělesa zmenší, ta je pak menší než hustota vody a podle Archimédova zákona těleso plove.



## 1.8 Kapilární jevy

Jaké síly působí na molekulu vody? Záleží na poloze dané molekuly.

1. uvnitř kapaliny – působí na ni jen molekuly vody
2. na povrchu kapaliny – kromě vody působí i molekuly vzduchu (povrchové napětí)
3. u stěny nádoby – molekuly látky, z níž je nádoba vyrobena

a)

jsou-li síly od molekul stěn nádoby větší než síly mezi molekulami, je molekula přitahována ke stěně nádoby – hladina kapaliny se u stěny zvedne

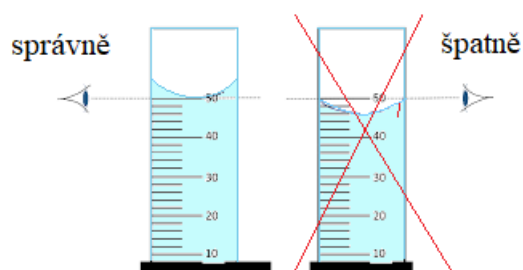
- kapalina smáčí stěny nádoby

příklady: voda ve skleněné nádobě  
voda v dřevěné nádobě  
voda v kovové nádobě  
líh ve skleněné nádobě  
rtuť v měděné nádobě



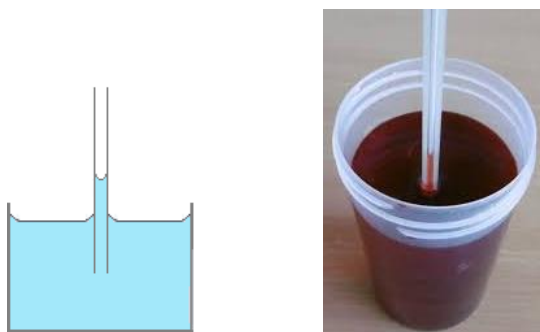
Obr. 74 Kapalina smáčí stěny nádoby<sup>7</sup>

měření kapaliny v odměrném válci – odečítáme výšku hladiny, ne zvýšení u stěn



Obr. 75 Měření objemu kapaliny v odměrném válci<sup>7</sup>

kápneme-li na destičku kapku kapaliny, která destičku smáčí, rozlije se vlivem tíhové síly kapka po destičce a vytvoří tenkou vrstvu.



Obr. 76 Chování kapaliny v kapiláře, když kapalina smáčí stěny nádoby <sup>7, 50</sup>

### **KAPILÁRA – velmi tenká trubička s vnitřním průměrem menším než 1 mm**

Název pochází z latinského slova *capillus* = vlas. V lékařství se pod pojmem kapilára označuje velmi tenká céva (vlásečnice).

**Kde najdeme kapiláry:**

**v rostlinách - transport vody od kořenů rostlin až do nejvyšších listů a větví**

**v textilních látkách – tzv. vzlínání**

**v savém papíru – tzv. vzlínání**

**v knotu svíčky – roztavený parafín jimi stoupá vzhůru a po odpaření hoří**

**v půdě – zorávání – přerušování kapilár, aby se odpařováním neztrácela půdní vlhkost**

**Supratekutost – dokonalé smáčení stěn nádoby, kapalina podél stěn samovolně opouští nádobu (helium při teplotách nižších než -270 °C).**

Video, kde můžeme tento jev pozorovat: <https://www.youtube.com/watch?v=2Z6UJbwxBZI>

b)

jsou-li síly od molekul stěn nádoby menší než síly mezi molekulami, je molekula přitahována více dovnitř nádoby – hladina kapaliny u stěny poklesne

**- kapalina nesmáčí stěny nádoby**

příklady: voda ve vosku  
voda v nádobě s mastnými stěnami  
rtuť ve skle

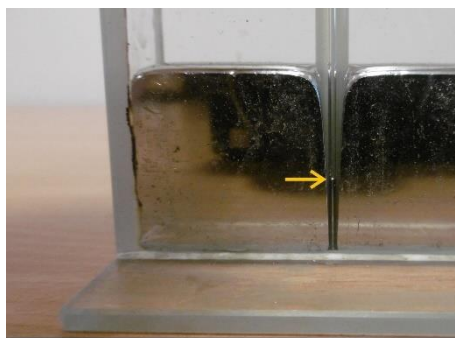
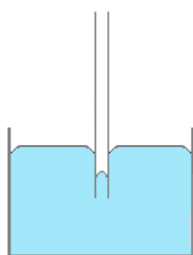


Obr. 77 Kapalina nesmáčí stěny nádoby <sup>7</sup>



Obr. 78 Kapalina nesmáčí povrch <sup>51</sup>

**Kápneme-li na destičku kapku kapaliny, která destičku nesmáčí, zůstane kapka na destičce ležet a vlivem tíhové síly se deformuje.**



Obr. 79 Chování kapaliny v kapiláře, když kapalina nesmáčí stěny nádoby <sup>7, 50</sup>

Nyní jsou uvedeny odkazy na některá zajímavá videa.

[www.youtube.com/watch?v=LVZOMONITYI](http://www.youtube.com/watch?v=LVZOMONITYI)

<https://fyzmatik.pise.cz/1704-kapilarni-elevace.html>

<https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-vzlinavost-vody>



Obr. 80 Vzlinavost vody <sup>52</sup>

## **2. DIDAKTICKÝ ROZBOR**

### **2.1 Cílový uživatel učebního textu**

Tento učební text je určen především pro žáky 2. stupně základních škol. Uvedená kapitola je zahrnuta do učiva 7. ročníku klasické základní školy. Časová dotace jsou 2 vyučovací hodiny týdně. Text mohou používat i učitelé daného stupně základních škol. Může jim určit rozsah učiva dané kapitoly, poskytnout návod v přednesení učiva a v neposlední řadě tento text slouží jako inspirace a návrh různých praktických pokusů k danému tématu. Učivu by měl žák porozumět i při samostudiu, tedy bez výkladu vyučujícího. Samozřejmě praxe učitele hraje velkou roli při prezentaci dané látky a při provádění uvedených pokusů. Některé pokusy jsou složitější, jsou náročné na čas, ale i na požadované pomůcky (různé drahé přístroje). Také některé používané chemikálie nemusí být dostupné veřejnosti. Pro takovéto typy pokusů je vhodnější zhlédnutí videí, kde odpadá nutnost vlastnit drahé přístroje či časová náročnost pokusu samotného či jeho přípravy. Naproti tomu se zde snažím uvádět spoustu jednoduchých nenáročných pokusů, ke kterým stačí pomůcky běžně dostupné v domácnosti. Například pokusy s povrchovým napětím, kde pokládáme kancelářskou sponku či jiné lehké předměty na hladinu obyčejné vody. Také z praxe mám ověřeno, jaké pokusy jsou žáci schopni v tomto ročníku vzhledem ke svému věku provést. Již z doby covidové, kdy nebyla demonstrace pokusů ve škole možná, mi zůstalo zadávání samostatného provedení několika pokusů v domácím prostředí. Sama jsem byla překvapena jejich nadšením a výběrem daných pokusů, kdy někteří si vybírali i ty složitější. Také mě překvapila úroveň jejich dokumentace, kdy byl požadován fotografický snímek či sled snímků, popřípadě videozáznam. Nesmělo chybět ani vysvětlení, např. platnost jakého zákona jsme daným pokusem dokázali, či existenci jaké síly. Žáci pořídili nádherné a hodnotné snímky, někteří vytvořili opravdu zdařilé videozáznamy s kvalitním a žákům přístupným proslovem.

### **2.2 Cíle školního vzdělávacího programu**

Výuka fyziky na základní škole se řídí rámcovým vzdělávacím programem. Každá škola tvoří na základě tohoto vzdělávacího programu svůj školní vzdělávací program, kterým se pak řídí při výuce. V školním vzdělávacím programu jsou uvedeny očekávané výstupy, které by měl žák při výuce daného učiva splnit.

Fyzika je všude kolem nás. S fyzikou, tedy s fyzikálními zákony, různými silami či jinými jevy, se setkáváme neustále, aniž bychom si to uvědomovali. To by mělo být žákům ukázáno. Nejde o to, učit se přesné formulace zákonů, ale jde o jejich poznání a využití. Proč třeba Archimédův zákon neukazovat na vlastní zkušenosti vytlačení objemu vody při ponoření se např. do vany plné vody. Naším cílem je ukázat žákům, že fyzika je přirozená, můžeme ji poznat pozorováním života, ale hlavně se jí nemusíme obávat. Ano, je těžká. Zvláště pro žáky 2. stupně základních škol. V životě se učíme zkušeností. Žáci v tomto věku ještě tolik pro nás samozřejmých zkušeností a znalostí nemají. Učitelé by se měli snažit jim tyto zkušenosti dát, až už vlastním provedením pokusů, či ukázáním, že vlastně nějaký děj, s kterým se v běžném životě setkávají, je důsledkem nějakého fyzikálního zákona.

### **2.3 Vliv úrovně vybavení škol učebními pomůckami**

Každá škola má jinou úroveň vybavení různými učebními pomůckami. Bohužel jedním ze zásadních důvodů nedostatečného vybavení jsou finanční prostředky. Školy mají rozděleny finanční prostředky na určitý druh investice. Rtuťový teploměr asi najdeme v každém kabinetě fyziky, jde o poměrně levnou záležitost. Naopak různé přístroje jsou velmi nákladné. Existuje více firem nabízejících školní pomůcky nebo laboratorní vybavení. Ne vždy ale v jejich nabídce nalezneme přesně to, co bychom si představovali. Poté zkusíme využít nabídek zahraničních firem, které jsou ještě finančně náročnější. Dalším aspektem je požadavek většího množství určité učební pomůcky, aby se mohla dostat do rukou více žákům během výuky v jedné třídě. Pokud připustíme, že můžeme mít třídu i se třiceti žáky, můžeme v případě práce ve dvojici potřebovat patnáct stejných pomůcek. I když při objednávce jednoho kusu není náklad veliký, při požadavku pro skupinu žáků se může již investice značně navýšit.

Při výběru školních pomůcek tak hraje roli hlavně finanční hledisko. Musíme brát v potaz také ztráty díky neodbornému a často nevhodnému zacházení s danými pomůckami přímo žáky. Proto u finančně náročnějších pokusů se využívá demonstrace daného pokusu učitelem pro celou třídu. Což má už menší efekt, jelikož „si to žák neosahá vlastníma rukama“.

## 2.4 Výukové metody

Fyzika patří k těm nejméně oblíbeným předmětům ve škole. Fyzika má široký záběr a je vzájemně provázána. Proto je dosti náročná. Jako předmět patřící mezi přírodní vědy je také provázána s jinými přírodními vědami a opírá se o znalosti z těchto předmětů (např. matematika, chemie, přírodopis). Vezměme si příklad např. ze škol ve Velké Británii, kde nejsou vyučovány jednotlivé předměty, jako je např. chemie a fyzika, ale tzv. přírodní vědy. Žáci je pak chápou komplexně jako jednu vědu. Mám zkušenost se žáky, kteří nějaký čas studovali právě v uvedených zemích. Tito žáci pak měli při studiu u nás po určitý čas problém s rozdělením předmětů na fyziku, chemii, přírodopis atd. Myslím, že bychom aspoň měli žákům v našem školském systému ukazovat propojení a návaznost v těchto příbuzných předmětech. Z mé zkušenosti žáci některou látku probírající se např. i v matematice i ve fyzice berou za odlišnou, přestože jde o to samé učivo. Dobrým příkladem jsou převody jednotek, se kterými se setkáme ve všech přírodních vědách. Je zde ale vážný nedostatek v časové posloupnosti určitého učiva. Žáci při fyzice používají různé vzorce neboli vztahy pro výpočet dané veličiny. Ve fyzice se často používají pro vyjádření vztahu zlomky. Takže se žák setká se zlomkem ve fyzice již v 6. ročníku základní školy, ale se zlomky se v matematice setká až v 7. ročníku a teprve tam se naučí s nimi pracovat. Proto je žák do té doby i ve fyzice hendikepován a např. vyjádření jiné veličiny z jednoho daného vztahu se učí nazpaměť, místo aby si vztah pro výpočet dané veličiny logicky odvodil ze vztahu pro výpočet jiné veličiny objevující se v daném vztahu.

Cílem učitele by mělo být přiblížení určitého učiva ve srozumitelné formě přiměřené k věku žáků daného ročníku, kam je dané učivo zahrnuto rámcovým vzdělávacím programem. Vzhledem k výše popsané propojenosti jednotlivých přírodních věd, je třeba tuto propojenost osvětlit a snažit se ji na určitých příkladech ukázat. Sama při výuce využívám možnosti sdělení, že se již s určitým tématem setkali. Je třeba přiblížit, co se již naučili, v jakém předmětu a zhruba kdy. Žáci si pak lépe dané učivo vybaví, i když si již nepamatují podrobnosti. Následně nové poznatky pak mohou napojit na již uložené a upevněné znalosti.

Velký přínos má spojení s běžným životem. Ukázat žákům, že danou látku již znají, jen ji nemají pojmenovanou, neznají její název. Velmi často se pak dostaví tzv. aha efekt.

Dalším aspektem je propojení co nejvíce vjemů. Nebudu si pamatovat jen vizuální vjem, ale někomu může pomoci vjem hmatový, sluchový či čichový. U čichového je pouze riziko jedovatosti některých látek, na což musí být pamatováno a pach vnímat bezpečným způsobem.

Pro vysvětlení, nemůžeme přímo strčit nos až k hrdlu nádoby s kapalinou či jakoukoli látkou. Nejdříve musíme z etikety zjistit, zda je látka nějakým způsobem riziková. Pokud nevíme, co nádoba obsahuje, a chceme čichem určit její obsah, musíme být zvláště obezřetní. K chemikáliím se čichá tak, že se mávnutím ruky vytvoří závan nad nádobou, který unese malé množství molekul dané látky. Látku pak můžeme čichem určit, přitom velmi snížíme riziko poranění.

Pokud využívám vjem sluchový, tedy žákům přednáším látku, připojuji k tomu ještě vjem vizuální. Žáci mají před sebou na tabuli prezentaci. Vizuální vjem propojím se zážitkovým, tedy demonstrace pokusu, nejlépe samotnými žáky.

## 2.5 Jak je učební text konstruován

Učební text by měl být přehledný, žák by se v něm měl snadno orientovat. Jednotlivé podkapitoly jsou pojmenovány podle určitého jevu či zákona, který v dané kapitole má být vysvětlen a pochopen. Pokud učivo navazuje na znalosti, které žák získal např. v minulém ročníku, jsou základní informace zopakovány, aby si je žák připomenul. Ale také aby si uvědomil, na které znalosti nové téma navazuje, mohl tak lépe nové učivo zařadit do již získaných vědomostí, ale také aby si uvědomil, že získání dřívějších znalostí mělo svůj důvod. Protože, jak již bylo výše popsáno, znalosti získáváme snadněji vlastní zkušeností, či nějakým logickým sledem, je zde uvedeno mnoho pokusů, včetně pracovního postupu. Žák nejdříve provádí pokus, nebo ho sleduje, následně se snaží z výsledků pokusu vyvodit závěr. Pak je daný jev pojmenován, popřípadě formulován nějaký zákon. Žák se ale neučí zákon nazpaměť, ale vyvozuje ho z vlastní zkušenosti při provádění pokusu. Aby si žák uvědomil důležité informace, jsou psány tučně, popřípadě kapitálkami. Tučně je tedy psáno např., co vyplývá z daného pokusu. Tučně červeně jsou pak závěry skupiny pokusů a následně formulace zákonů či pojmenování jevu, které byly při pokusech pozorovány a danými pokusy vyvozeny. Náročnější pokusy jsou sledovány z videozáznamu. Zde bych chtěla i zmínit videozáznamy pořízené z vesmírných stanic. Pokusy prováděné mimo dosah gravitačního pole Země mi provést nemůžeme, protože tady prostě gravitace je stále a všude. Žijeme totiž v dosahu gravitačního pole Země, naší rodné planety. Myslím, že takováto videa, zvláště záměrně pořízená pro širokou veřejnost, jsou pro žáky zábavná a mohou nám pomoci přiblížit tuto pro žáky neoblíbenou vědu i tomu, kdo by se raději fyzice vyhnul. Ve své práci využívám i videa dle mého názoru zdařilého cyklu České televize Rande s fyzikou. Zde jsou právě demonstrovány

různé pokusy daného tématu, jejich vysvětlení a pojmenování sil, jevů a zákonů. Vše je odlehčeno průzkumem znalostí ne odborné veřejnosti či návštěvou míst, kam se běžný člověk nedostane.

V neposlední řadě jsou v textu zařazeny kontrolní otázky či početní příklady, aby si žák mohl ověřit, zda danou látku pochopil. Nebo také aby si učitel mohl ověřit, že žáci učivo pochopili.



## ZÁVĚR

Ve své závěrečné práci jsem se zabývala návrhem učebního textu z předmětu fyzika. Vybrala jsem si kapitolu patřící dle rámcového učebního plánu do učiva 7. ročníku základních škol. Tato kapitola se věnuje kapalinám, jejich mechanickým vlastnostem, zákonům či silám v nich působících. Je proto pojmenována Kapaliny. Tato kapitola patří k mým oblíbeným. S kapalinami je možné provést velké množství jednoduchých pokusů, které lze provést i v domácím prostředí.

Mým cílem bylo vytvořit srozumitelný učební text, který by byl schopen žák 7. ročníku pochopit. Využila jsem přirozené schopnosti učení se z vlastní zkušenosti a text založila na pokusech, z kterých byly zákonitosti a nové poznatky vyvozovány. Jednotlivé kapitoly proto začínají právě pokusy. Jsou zde popsány postupy provedení jednotlivých pokusů včetně ilustrací či fotografií. Z daných pokusů plynou závěry, které jsou pro důležitost psány tučným písmem. Závěry definující cílový poznatek a formulace zákonů jsou navíc zvýrazněny červenou barvou.

Druhou část práce tvoří didaktický rozbor, který je rozdělen do několika podkapitol. Jsou zde také uvedeny vlastní zkušenosti s jednotlivými zmiňovanými problémy. První z těchto podkapitol nám vymezuje, komu je prezentovaný text určen a k čemu slouží. V druhé kapitole jsou uvedeny cíle školního vzdělávacího programu a jak těchto cílů dosáhnout. Třetí podkapitola se věnuje vlivu úrovně vybavenosti škol učebními pomůckami a návodu, jak tento vliv změnit. Další podkapitola popisuje, jak nejlépe žákům tento všeobecně neoblíbený školní předmět přiblížit. Poslední kapitola popisuje, jak je učební text konstruován.

Snažím se používat srozumitelné věty formulované tak, aby byly žákům 7. ročníku základních škol snadno pochopitelné.

## POUŽITÁ LITERATURA

1. PRŮCHA, Jan. *Moderní pedagogika*. Čtvrté, aktualizované a doplněné vydání. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-503-5
2. SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika*. Praha: ISV, 1999. Pedagogika. ISBN 80-85866-33-1.
3. Wikipedie [online]. 2023, 18. 2. 2023 [cit. 2023-4-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Jan\\_Amos\\_Komenský](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jan_Amos_Komenský).
4. Kolářová, Růžena a Bohuněk, Jiří. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. Dotisk 2. vydání. Praha: Prometheus, 2019. ISBN 978-80-7196-265-6.
5. Rauner, Karel, Havel, Václav, Prokšová, Jitka. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Fraus, 2005. ISBN 80-7238-431-7.
6. ČAPEK, Robert. *Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnotících metod*. Praha: Grada, 2015. Pedagogika. ISBN 978-80-247-3450-7.
7. Vlastní tvorba autora
8. European Space Agency [online]. 2019, 22. 3. 2019 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Czech\\_Republic/Voda\\_ve\\_vesmiru](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Czech_Republic/Voda_ve_vesmiru)
9. MAFRA, a., s., a dodavatelé Profimedia, Reuters, ČTK, AP [online]. © 1999–2023 20. 10. 2015 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [http://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016\\_163849\\_tec\\_vesmir\\_vse](http://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016_163849_tec_vesmir_vse)
10. SlidePlayer.cz Inc. [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2887111/>
11. ZŠ Letohrad, Moderně nejen v přírodních vědách [online]. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.zsletohrad.cz/eu/chemie/foto/pokus21/foto2.jpg>
12. Sbíрка fyzikálních pokusů, Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta univerzity Karlovy v Praze [online]. 10. 5. 2017 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://fyzikalnipokusy.cz/1957/padesatnik-na-hladine-vody>
13. Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy [online]. © 2023, 19. 4. 2016 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-povrchove-napeti-kapalin>
14. ZŠ Letohrad, Moderně nejen v přírodních vědách [online]. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.zsletohrad.cz/eu/chemie/foto/pokus20/foto4.jpg>
15. ZŠ Letohrad, Moderně nejen v přírodních vědách [online]. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.zsletohrad.cz/eu/chemie/foto/pokus20/foto5.jpg>
16. [www.fyzikalnikabinet.cz](http://www.fyzikalnikabinet.cz) [online]. © 2016 - 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://fyzikalnikabinet.cz/pokus/pascaluv-jezek/>

17. Wikipedie [online]. 2023, 20. 3. 2023, [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Blaise\\_Pascal](https://cs.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal)
18. [www.fyzikalnikabinet.cz](http://www.fyzikalnikabinet.cz) [online]. © 2016 - 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://fyzikalnikabinet.cz/pokus/pascaluv-zakon/>
19. Bormax s.r.o [online]. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.ceskazahrada.cz/zavlazovace-pro-pravouhle-plochy/gardena-aqua-m-ctyrplosny-zavlazovac.html>
20. Seznam.cz, a.s. [online]. © 1996 - 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/kuchenprofi-sklenenena-konvice-na-caj-s-filtrem-1200-ml/fotogalerie/>
21. HP TRONIC Zlín, spol s.r.o. [online]. © 2017 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.euronics.cz/rychlvarna-konvice-tefal-express-ii-inox-ki170d40-cerna-nerez-tefki170/p321499/>
22. Extol [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://extol.sk/produkt/vodovaha-hadicova-sklenene-koncovky-10m/>
23. Lidl Česká republika v.o.s. [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.lidl.cz/p/parkside-obrysova-sablona-hadicova-rovnovaha/p100361400>
24. Wikipedie [online]. 2022, 12. 2. 2022 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodováha>
25. Wikipedie [online]. 2010, 1. 5. 2010 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [tps://cs.wikipedia.org/wiki/Bařův\\_kanál#/media/Soubor:Bařův\\_kanál\\_01.JPG](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bařův_kanál#/media/Soubor:Bařův_kanál_01.JPG)
26. Techmania Science Center o.p.s. [online]. © 2007 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [ttps://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/726](https://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/726)
27. Wikipedie [online]. 2023, 11. 2. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zdymadlo>
28. Plošiny Liberec [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.plosiny-liberec.cz/nuzkove-plosiny/haulotte-compact-10-n>
29. HBC-radiomatic, CZ s.r.o. [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://www.hbc.cz/f/820-461/img/uziti-slide/hydraulika/Skip\\_loader\\_2%20\(1\).jpg](https://www.hbc.cz/f/820-461/img/uziti-slide/hydraulika/Skip_loader_2%20(1).jpg)
30. ŽĎAS a.s. [online]. © 2021 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.zdas.com/cs/produkce/zarizeni-zpracovani-kovoveho-odpadu/paketovaci-lisy-s-vikem/>
31. MM Průmyslové spektrum [online]. © 2021 - 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/lehke-konstrukce-automobilu-pouziti-lisu-ve-vyrobe-hybridnich-dilu>
32. Farnet a.s. [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.farnet.cz/cs/cp2-dvoustupnove-lisovani-za-studena#tab-Photogallery>

33. Czech brewery system s.r.o. [online]. © 2014 - 2019 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://eshop.czechminibreweries.com/cs/product/hpf-800es/>
34. tec science [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.tec-science.com/mechanics/gases-and-liquids/pressure-in-liquids-hydrostatic-pressure/>
35. Fyzikální šuplík, Václav Piskač [online]. 2012 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/vztlakova\\_sila.pdf](https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/vztlakova_sila.pdf)
36. Wikipedie [online]. 2023, 3. 4. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Archimédés>
37. Efektivní učení, Education Zone [online]. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://efektivniuceni.cz/uceni-pamet-mysleni/>
38. Wikipedie [online]. 2023, 2. 3. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Heuréka>
39. všeOvodě.cz [online]. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné: <http://vseovode.cz/clanek/znete-pokus-zvany-karteziemek>
40. Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy [online]. © 2015, 22. 12. 2015 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-potapec>
41. FYZMATIK.píše [online]. 2009, 11. 9. 2009 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://fyzmatik.pise.cz/989-more-kde-si-prilis-nezaplavete.html>
42. Wikipedie [online]. 2023, 4. 3. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Mrtvé\\_moře](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mrtvé_moře)
43. Wikipedie [online]. 2023, 17. 3. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Hustoty\\_látek](https://cs.wikipedia.org/wiki/Hustoty_látek)
44. SlidePlayer.cz Inc. [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/12750237/>
45. Fyzikální šuplík, Václav Piskač [online]. 2012 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/plovouci\\_telesa.pdf](https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/plovouci_telesa.pdf)
46. Wikipedie [online]. 2022, 20. 12. 2022 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20080501101443/http://www.uboat.cz/tech/ponor/ponor.htm>
47. P-LAB [online]. © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.p-lab.cz/hustomer-provozni>
48. Wikipedie [online]. 2021, 6. 8. 2021 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hustoměr>
49. ZŠ Hluboká nad Vltavou [online]. 2016 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [www.zs-hluboka.cz/images/gallery/ostatni/vyuka-materialy/kveten/f7-Plovani-nestejnorodych-teles.pdf](http://www.zs-hluboka.cz/images/gallery/ostatni/vyuka-materialy/kveten/f7-Plovani-nestejnorodych-teles.pdf)

50. Sbírnka fyzikálních pokusů [online]. 2018, 19. 4. 2018 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://fyzikalnipokusy.cz/2154/kapilarni-elevace-a-deprese>
51. Ekobal s.r.o. [online]. 2019, 27. 3. 2019 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.ekobal.cz/o-nas/aktuality/povrchove-napeti-nepodcenujte>
52. Art Sphere Inc. [online]. 2019, 1. 10. 2019 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://artsphere.org/blog/rainbow-walking-water-experiment/>

## ODKAZY NA VIDEA

[https://www.idnes.cz/technet/vesmir/zdimani-hadru-v-kosmu.A140924\\_152538\\_tec\\_vesmir\\_pka](https://www.idnes.cz/technet/vesmir/zdimani-hadru-v-kosmu.A140924_152538_tec_vesmir_pka)

MAFRA,, a., s., a dodavatelé Profimedia, Reuters, ČTK, AP [online]. © 1999–2023, 25. 9. 2014 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [http://www.idnes.cz/technet/vesmir/zdimani-hadru-v-kosmu.A140924\\_152538\\_tec\\_vesmir\\_pka](http://www.idnes.cz/technet/vesmir/zdimani-hadru-v-kosmu.A140924_152538_tec_vesmir_pka)

[https://www.idnes.cz/technet/vesmir/astronautka-iss-myti-vlasu-ve-stavu-beztize.A140910\\_141631\\_tec\\_vesmir\\_pka](https://www.idnes.cz/technet/vesmir/astronautka-iss-myti-vlasu-ve-stavu-beztize.A140910_141631_tec_vesmir_pka)

MAFRA,, a., s., a dodavatelé Profimedia, Reuters, ČTK, AP [online]. © 1999–2023, 10. 9. 2014 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [http://www.idnes.cz/technet/vesmir/astronautka-iss-myti-vlasu-ve-stavu-beztize.A140910\\_141631\\_tec\\_vesmir\\_pka](http://www.idnes.cz/technet/vesmir/astronautka-iss-myti-vlasu-ve-stavu-beztize.A140910_141631_tec_vesmir_pka)

[https://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016\\_163849\\_tec\\_vesmir\\_vse](https://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016_163849_tec_vesmir_vse)

MAFRA,, a., s., a dodavatelé Profimedia, Reuters, ČTK, AP [online]. © 1999–2023? 20. 10. 2015 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [http://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016\\_163849\\_tec\\_vesmir\\_vse](http://www.idnes.cz/technet/vesmir/4k-video-na-iss.A151016_163849_tec_vesmir_vse)

<https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-povrchove-napeti-kapalin>

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy [online]. © 2023, 19. 4. 2016 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-povrchove-napeti-kapalin>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Schleuse\\_\(Animation\).webm](https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Schleuse_(Animation).webm)

Wikipedie [online]. 2023, 11. 2. 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Zdymadlo>

[https://www.youtube.com/watch?v=nJh46AErTx8&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=nJh46AErTx8&feature=emb_logo)

Český rozhlas, Masarykovo zdymadlo na Střekově, YouTube video [online]. 2019 [cit. 2023-04-11].

Dostupné z: [www.youtube.com/watch?v=nJh46AErTx8&feature=emb\\_logo](http://www.youtube.com/watch?v=nJh46AErTx8&feature=emb_logo)

<https://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/211563230150012-tlak-v-tekutinach-a-archimeduv-zakon/>

Česká televize [online]. © 2011 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/211563230150012-tlak-v-tekutinach-a-archimeduv-zakon/>

<https://edu.ceskatelevize.cz/video/34-pokusy-archimeduv-zakon>

Česká televize [online]. © 1996 - 2021 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://edu.ceskatelevize.cz/video/34-pokusy-archimeduv-zakon>

<https://www.youtube.com/watch?v=2Z6UJbwxBZI>

ryanhaart, Superfluid helium, YouTube video. [online]. 2008 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z:

<https://www.youtube.com/watch?v=2Z6UJbwxBZI>

[www.youtube.com/watch?v=LVZOMONITYI](http://www.youtube.com/watch?v=LVZOMONITYI)

EDUCAnet Ostrava, Fyzika – kapilární jevy, přenos kapalin, YouTube video [online]. 2019

[cit. 2023-04-11]. Dostupné z: [www.youtube.com/watch?v=LVZOMONITYI](http://www.youtube.com/watch?v=LVZOMONITYI)

<https://fyzmatik.pise.cz/1704-kapilarni-elevace.html>

Sbírka fyzikálních pokusů [online]. 2018, 19. 4. 2018 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z:

<https://fyzikalnipokusy.cz/2154/kapilarni-elevace-a-deprese>

<https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-vzlinavost-vody>

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy [online]. © 2023, 18. 3. 2018 [cit. 2023-04-11].

Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-pokus-vzlinavost-vody>