

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra fyziky**

**Povrchové napětí vody jako integrované  
téma v přírodovědném vzdělávání**

**Bakalářská práce**

**Autor:**

**Anežka Čapková**

**Studijní program:**

**B1701 Fyzika**

**Studijní obor:**

**Fyzika se zaměřením na vzdělávání**

**Vedoucí práce:**

**RNDr. Michaela Křížová, Ph.D.**

**Hradec Králové**

**duben 2021**



## Zadání bakalářské práce

<b>Autor:</b>	<b>Anežka Čapková</b>
Studium:	S17FY016BP
Studijní program:	B1701 Fyzika
Studijní obor:	Biologie se zaměřením na vzdělávání, Fyzika se zaměřením na vzdělávání
<b>Název bakalářské práce:</b>	<b>Povrchové napětí vody jako integrované téma v přírodovědném vzdělávání</b>
Název bakalářské práce AJ:	Surface tension of water as an integrated topic in science education

### **Cíl, metody, literatura, předpoklady:**

Integrovaná výuka spočívá v propojení poznatků z jednotlivých oborů, což vede k získání komplexnějšího pohledu na přírodní jevy. Hlavním cílem bakalářské práce bude připravit metodické materiály pro podporu výuky tématu povrchové napětí vody s přesahem do enviromentální výchovy. V teoretické části budou stručně popsány základní principy integrované výuky a po odborné stránce z hlediska fyziky a biologie vysvětleno povrchové napětí vody. Praktická část bude zaměřena na tvorbu praktických materiálů (návodů na experimenty, pracovní listy, náměty na pozorování atd.) , které žákům usnadní pochopení daného jevu.

E. Svoboda - Přehled středoškolské fyziky M. Janoušková - Fyzikální jevy a metody v biologii  
Fyzika tekutin

Garantující pracoviště:	Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta
Vedoucí práce:	RNDr. Michaela Křížová, Ph.D.
Oponent:	doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D.
Datum zadání závěrečné práce:	4.4.2019

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne 23. 4. 2021



Anežka Čapková

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce paní RNDr. Michaelle Křížové, Ph.D. za cenné rady, připomínky a za trpělivost. Dále děkuji panu Bc. Jiřímu Kosovi za pomoc s praktickou částí, zejména pak za vytvoření 3D modelů.

## **Anotace**

ČAPKOVÁ, Anežka. *Povrchové napětí vody jako integrované téma v přírodovědném vzdělávání*. Hradec Králové, 2021. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Michaela Křížová, Ph.D. 128 s.

Tato bakalářská práce se zabývá povrchovým napětím vody, které je uchopeno jako integrované téma v přírodovědném vzdělávání. Součástí teoretické části je popsán jev povrchové napětí a pojmy s tím související a stručně zformulovány základní principy integrované výuky. Praktická část je pak zaměřena na tvorbu materiálů (pracovní listy, návody na experimenty, náměty na pozorování apod.), které slouží žákům k pochopení daného jevu.

### **Klíčová slova**

kapaliny, povrchové napětí, integrovaná výuka, náměty na úlohy

## **Annotation**

ČAPKOVÁ, Anežka. *Surface tension of water as an integrated topic in science education*. Hradec Králové, 2021. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Theses Supervisor RNDr. Michaela Křížová, Ph.D. 128 p.

This bachelor thesis deals with the surface tension of water, which is taken as an integrated subject in science education. The theoretical part describes the phenomenon of surface tension with the related concepts and the basic principles of integrated teaching are briefly formulated. Subsequently, the practical part is focused on the creation of materials (worksheets, instructions for experiments, suggestions for observation, etc.) that is used for pupils to understand the phenomenon.

### **Keywords**

liquids, surface tension, integrated teaching, theme of tasks

# Obsah

Úvod .....	8
1 Kapaliny.....	9
1.1 Hustota.....	9
1.2 Tlak.....	10
1.2.1 Pascalův zákon.....	10
1.2.2 Hydrostatický tlak .....	10
1.3 Viskozita .....	12
1.4 Archimédův zákon.....	12
1.5 Jak se mohou chovat tělesa v kapalinách?.....	12
1.6 Proudění kapalin .....	13
1.6.1 Rovnice kontinuity .....	14
1.6.2 Bernoulliho rovnice .....	14
2 Povrchové napětí.....	17
2.1 Jak povrchové napětí vzniká?.....	17
2.2 Povrchové napětí jako fyzikální veličina.....	18
2.3 Jakými metodami lze povrchové napětí změřit?.....	20
2.4 Povrchově aktivní látky a jejich negativa .....	20
2.5 Styk kapaliny se stěnou .....	21
2.6 Kapilární jevy.....	23
2.6.1 Kapilární tlak.....	23
2.6.2 Kapilární elevace a deprese .....	23
3 Integrovaná výuka.....	25
3.1 Formy integrované výuky.....	25
3.2 Projektové a tematické vyučování.....	26
3.3 Integrovaná výuka v našich školách .....	26
3.4 Povrchové napětí v učebnicích .....	27
3.4.1 Povrchové napětí v učebnicích pro základní školy.....	27
3.4.2 Povrchové napětí v učebnicích pro střední školy .....	28
4 Náměty na úlohy .....	30
4.1 Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier.....	31
4.2 Projektový den .....	35

4.3	Demonstrace povrchových vln .....	40
4.4	Mince na hladině.....	42
4.5	Kapilární jevy.....	45
4.6	Demonstrace závislosti kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny...	48
4.7	Soubor motivačních aktivit .....	51
	Závěr.....	54
	Seznam použité literatury.....	55
	Seznam zdrojů obrázků .....	58
	Přílohy .....	59

# Úvod

Integrovanou výukou rozumíme propojení poznatků z jednotlivých předmětů a oborů, tím se získá komplexnější pohled na danou problematiku. V České republice není integrovaná výuka tolik rozšířena, výjimkou je několik alternativních škol. V klasických školách se objevují snahy některých učitelů, kteří se pokouší pohlédnout na dané téma z vícero oborů, tím využívají mezipředmětových vztahů.

Motivací k výběru tématu bakalářské práce „Povrchové napětí vody jako integrované téma v přírodovědném vzdělávání“ bezesporu byla v prvé řadě skladba aprobací, kterou studuji, tedy fyzika a biologie. Většina z nás má představu, že povrchové napětí najdeme v přírodě jen u vodní plošnice bruslařky, která se díky tomuto fyzikálnímu jevu pohybuje po hladině vodních ploch. Přitom tomu tak není, v přírodě je povrchové napětí hojně zastoupeno, na což bych svou bakalářskou prací ráda upozornila.

Cílem bakalářské práce je navrhnout náměty do hodin přírodovědných předmětů, které se týkají povrchového napětí a jevů s tím spojených. Ráda bych navrhla takové náměty, které by učitelům přírodovědných předmětů usnadnily tuto problematiku nastínit především žákům středních, ale i základních škol, kde je toto téma ve fyzice téměř zanedbáno.

Teoretická část bakalářské práce je rozdělena do 3 kapitol. První kapitole se zabývá kapalinami, popisuje jejich vlastnosti a jejich základní zákonitosti. Ve druhé kapitole je popsán jev povrchové napětí, a to jak z fyzikálního hlediska, tak i obecně, kde ho můžeme najít, co jsou povrchově aktivní látky, součástí je i kapilarita, která s povrchovým napětím úzce souvisí. Třetí kapitola je věnována integrované výuce, jejímu vymezení, jaké jsou její formy, v jaké podobě se s ní setkáváme v České republice a v neposlední řadě i stručné shrnutí, jak je povrchové napětí uchopeno ve vybraných učebnicích základních a středních škol.

Praktická část bakalářské práce je věnována samotným námětům na úlohy, které se týkají povrchového napětí a jevů s tím spojených. Takto vytvořené úlohy by měly sloužit k pochopení dané problematiky, a to nejen z fyzikálního hlediska. Součástí každého námětu jsou metodické pokyny k úloze, materiály dodávané k úloze (např. pracovní list) a očekávaný výstup. Doufám, že mnou vytvořené náměty budou přínosem nejen pro mou budoucí pedagogickou praxi, ale pro ostatní pedagogy, kteří našli zálibu v mezipředmětových vztazích.

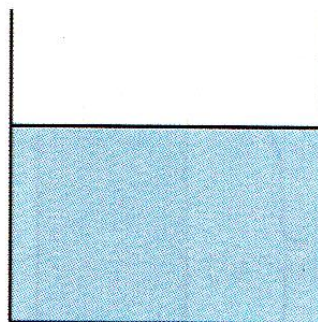
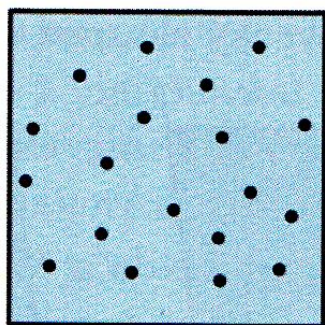


# 1 Kapaliny

Plyny a kapaliny se souhrnně nazývají tekutiny. Jsou tvořeny molekulami a od pevného skupenství se liší především jejich pohyblivostí (tzv. nejsou pevně upevněny v krystalické mřížce) a také soudržnost mezi sousedními molekulami je velmi malá. Nemají vlastní tvar, a tak se přizpůsobují tvaru nádoby, ve které se nacházejí. [1]

V porovnání s plyny jsou kapaliny málo stlačitelné, nejsou rozpínavé, jelikož podle svého objemu nevyplní celý prostor nádoby, nýbrž vytvářejí volný povrch, tzv. hladinu (viz. obr. č. 1b). Jsou viskózní, tzv. že při proudění kladou odpor proti pohybu. [2]

Stejně jako vedle skutečného (reálného) plynu existuje ideální plyn, který je jednoduchým modelem, tak existuje i ideální kapalina. Ta se vyznačuje svou dokonalou tekutostí, tzn. bez vnitřního tření a svou úplnou nestlačitelností [1].



Obrázek 1a: Plyn v uzavřené nádobě [1]    Obrázek 1b: Kapalina vytvářející hladinu [1]

## 1.1 Hustota

Ideální kapalina je nestlačitelná, tedy za stálé teploty má určitou hustotu a objem. Je-li hmotnost tohoto tělesa  $m$  a objem  $V$ , pak můžeme hustotu  $\rho$  zapsat pomocí vztahu

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Vztah (1) udává střední hodnotu hustoty kapaliny. Pokud bychom chtěli určit hustotu kapaliny v daném místě, musíme určit objem  $dV$ , který je infinitezimálně malý a je kolem místa, u kterého chceme hustotu určit, a hmotnost  $dm$  této kapaliny. Hustota kapaliny v námi uvažovaném místě potom bude dána vztahem

$$\rho = \frac{dm}{dV}. \quad (2)$$

## 1.2 Tlak

Tlak je důležitou fyzikální skalární veličinou, která nám charakterizuje stav kapaliny. Je dán tlakovou silou  $F$ , která působí kolmo na plochu o obsahu  $S$ . Při rovnoměrném rozložení je tlak dán vztahem

$$p = \frac{F}{S}. \quad (3)$$

Pokud je tlak rozložen nepravidelně, tak působí vždy kolmo na plochu, za předpokladu, že je kapalina v klidu. Tlak je potom dán obecným vztahem

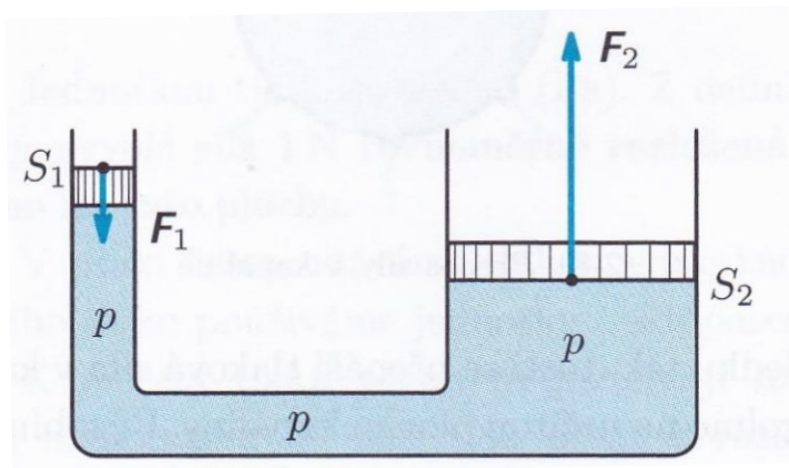
$$p = \frac{\Delta F}{\Delta S}. \quad (4)$$

### 1.2.1 Pascalův zákon

Pokud si uvedeme všeobecně známou definici Pascalova zákona, tj. že tlak vyvolaný vnější silou, která působí na tekuté těleso v uzavřené nádobě, je ve všech místech tekutiny stejný, můžeme usoudit, že tlak je ve všech místech nádoby stejný.

Pascalův zákon je hojně využíván u hydraulických zařízení. Jedná se o propojené nádoby nestejného průřezu. Obě nádoby jsou opatřeny písty. Pokud budeme působit na píst o průřezu  $S_1$  vnější tlakovou silou  $F_1$  (píst stlačujeme dolů), vytvoří se v kapalině tlaková síla  $F_2$ , která bude působit na píst  $S_2$  (píst je vytlačován nahoru). Z toho nám plyne vztah

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}. \quad (5)$$



Obrázek 2: Hydraulické zařízení [2]

### 1.2.2 Hydrostatický tlak

Na kapaliny však nemusí působit jen a pouze vnější síla. Na všechny částice kapaliny totiž působí i tíhová síla. Uvažme válec uvnitř kapaliny, jehož podstavy mají obsah plochy  $S$ . Horní podstava, nechť leží na volné hladině kapaliny, spodní podstava, nechť je v hloubce  $h$ . V důsledku tíhového pole Země na spodní podstavu

námi uvažovaného válce působí všechny částice kapaliny vyplňující tento válec tíhovou silou. Můžeme tedy zavést hydrostatický tlak:

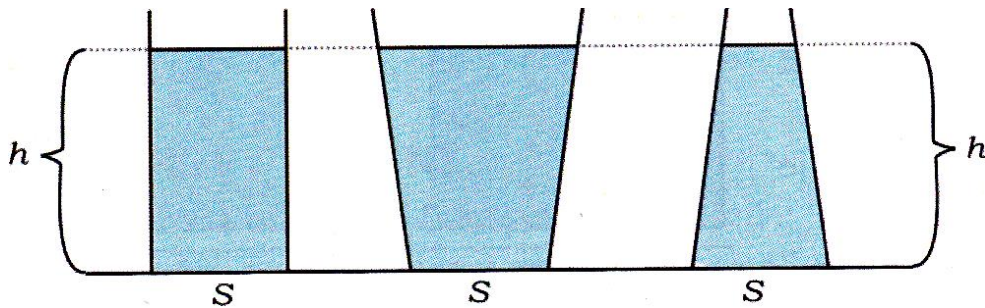
$$p_h = \frac{F_G}{S}. \quad (6)$$

Dalšími postupnými úpravami, získáváme vztah

$$p_h = h\rho g. \quad (7)$$

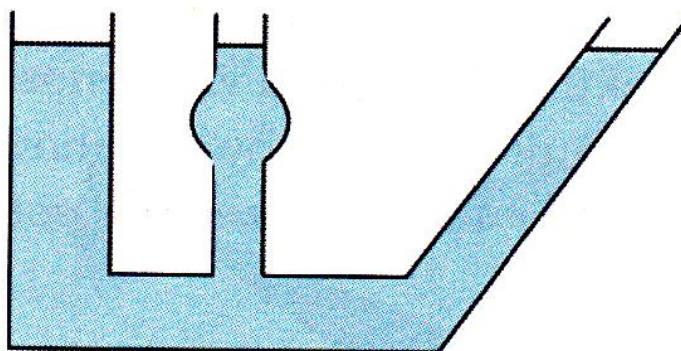
Ze vzorce (7) tedy můžeme číst, že hydrostatický tlak je přímo úměrný hustotě kapaliny a hloubce pod volnou hladinou. Nezávisí však na tvaru nádoby a s tím souvisejícím objemem kapaliny  $V$ . [3]

Pokud nalijeme kapalinu do výšky  $h$  do nádob, které mají jiný tvar, ale stejný obsah dna, tak tlak působí ve všech částech kapaliny stejně. Tento jev nazýváme hydrostatický paradox, ukazuje, že hydrostatický tlak závisí pouze na výšce vodního sloupce, nikoli na objemu. [3, 4]



Obrázek 3: Hydrostatický paradox [1]

Pomocí hydrostatického tlaku lze také vysvětlit princip spojených nádob. Spojenými nádobami nazýváme takové nádoby, které mají různé tvary a jejich dna jsou propojené trubicí. Jestliže naplníme spojené nádoby nějakou kapalinou, pak u dna bude všude stejný hydrostatický tlak, proto se hladina ve všech ramenech spojených nádob ustálí ve stejné výšce. Opět nezáleží na tvaru nádoby a objemu kapaliny. [3]



Obrázek 4: Spojené nádoby [1]

### 1.3 Viskozita

Viskozita, též zvaná vazkost, kapaliny charakterizuje vnitřní tření kapaliny. Větší viskozitu mají ty kapaliny, které mají větší přitažlivou sílu mezi částicemi. Zároveň větší viskozita zpomaluje pohyb kapaliny. Jinak řečeno, je to míra toho, jak se kapalina brání proudění.

V našich úvahách vždy mluvíme o ideálních kapalinách, které mají viskozitu nulovou, tzn. jsou neviskózní. [5]

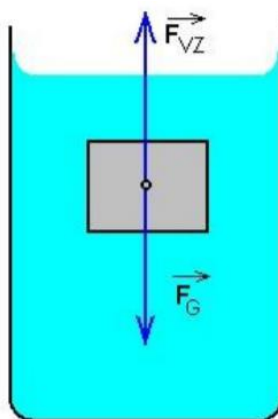
### 1.4 Archimédův zákon

Archimédův zákon popisuje všeobecně známá definice: Těleso ponořené do tekutiny je nadlehčováno vztlakovou silou, její velikost je rovna tíze tekutiny o stejném objemu, jako je objem ponořené části tělesa.

Vztlaková síla  $F_{vz}$  působí proti tíhové síle  $F_G$ , tzn. že tíhová síla tlačí předmět dolů a vztlaková síla míří vzhůru. Vztlakovou sílu lze popsat jednoduchým vztahem

$$F_{vz} = V \rho g, \quad (8)$$

kde  $V$  je objem ponořené části tělesa, který je, jak už bylo řečeno, stejný jako objem kapaliny, kterou při ponořování vypudilo těleso,  $\rho$  je hustota kapaliny.



Obrázek 5: Archimédův zákon [3]

### 1.5 Jak se mohou chovat tělesa v kapalinách? [3, 4, 5]

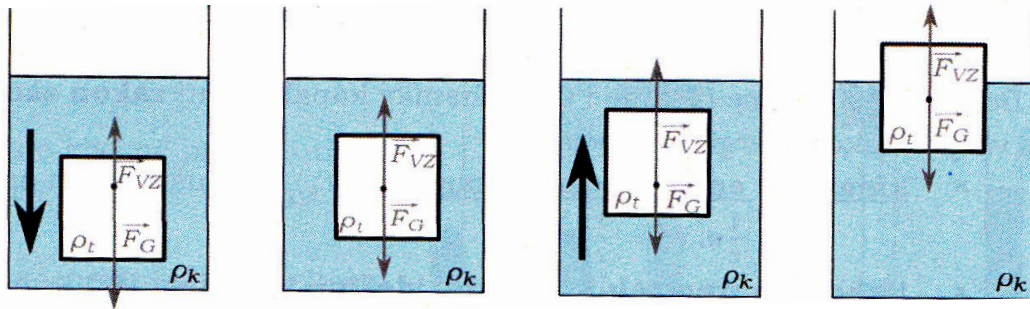
Podle vztahu vztlakové síly k tíhové síle si tělesa v kapalinách počínají čtyřmi různými způsoby.

Pokud je vztlaková síla  $F_{vz}$  menší než tíhová síla  $F_G$  a těleso má větší hustotu  $\rho_t$ , než je hustota kapaliny  $\rho_k$ , pak těleso klesá ke dnu.

Těleso se volně vznáší, jestliže je vztlaková síla s tíhovou silou v rovnováze, tzn. že i hustota kapaliny a hustota tělesa je stejná.

Vztlaková síla je větší než tíhová síla, hustota tělesa je menší než hustota kapaliny, těleso je nadnášeno, pak hovoříme o stoupání tělesa.

Zvláštním případem je plování tělesa. Nejprve těleso stoupá, tzn. že vztlaková síla je větší než tíhová síla. Když těleso dosáhne hladiny, částečně se vynoří a vztlaková síla se změní, jelikož je menší ponořená část tělesa. Nastane případ, že se vztlaková síla rovná tíhové síle a zároveň je nová vztlaková síla menší než stará.

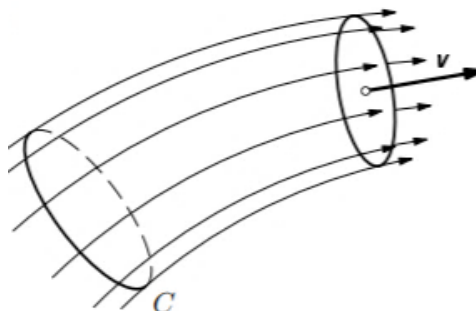


Obrázek 6: Chování těles v kapalinách – klesá, vznáší se, stoupá, plove [1]

## 1.6 Proudění kapalin [2, 3, 4, 5, 6]

Pohyby kapalin jsou složitější než pohyby pevných těles, jelikož se částice v kapalinách mohou volně přemísťovat. Pro zjednodušení se budeme zabývat ideálními kapalinami, nikoli reálnými. Proudění nastává tehdy, pokud v proudění kapalin převažuje pohyb v jednom směru. V proudící kapalině se každá z jejích částic pohybuje určitou rychlostí  $v$ . Tato rychlost se může měnit, a to v závislosti na místě a čase. Pokud je tato rychlost stálá, tzn. nemění se s časem, pak mluvíme o ustáleném neboli stacionárním proudění.

Proudnice nám znázorňují trajektorie jednotlivých částic proudící kapaliny. Proudnicí lze tedy definovat takto: „Proudnicí je myšlená čára, jejíž tečna v libovolném bodě má směr rychlosti v pohybující se částice“ [3]. Jestliže je proudění stacionární, může každým bodem proudící kapaliny procházet pouze jedna proudnice, tzn. nemohou se protínat. Prostor ohraničený proudnicemi se nazývá proudová trubice. Pokud kapalina proudí rychle, tak se proudnice k sobě přibližují a naopak, tam kde se kapalina pohybuje pomalu, tam se od sebe oddalují.



Obrázek 7: Proudová trubice [4]

### 1.6.1 Rovnice kontinuity [2, 3]

Nejprve zavedeme fyzikální veličinu objemový průtok  $Q_V$ . Je to objem kapaliny, který proteče průřezem  $S$  uvnitř kapaliny za jednu sekundu. Lze ho definovat vztahem

$$Q_V = Sv, \quad (9)$$

kde  $S$  je obsah průřezu,  $v$  je rychlost, kterou daná kapalina tímto průřezem protéká.

Rovnice kontinuity neboli rovnice spojitosti toku nám říká, že rychlost ideální kapaliny v každém místě trubice je stejná a v žádném místě nedojde k jejímu hromadění (to plyne z její nestalčnosti). V každém místě trubice je objemový průtok konstantní

$$Q_V = Sv = \text{konst.} \quad (10)$$

Pokud budeme mít trubici, která nebude mít ve všech jejích místech stejný průřez, pak v širším průřezu bude objemový tok dán vztahem

$$Q_{V1} = S_1 v_1, \quad (11)$$

v užší části dané trubice pak lze objemový průtok uvést vztahem

$$Q_{V2} = S_2 v_2. \quad (12)$$

Podle rovnice kontinuity platí

$$Q_{V1} = Q_{V2}, \quad (13)$$

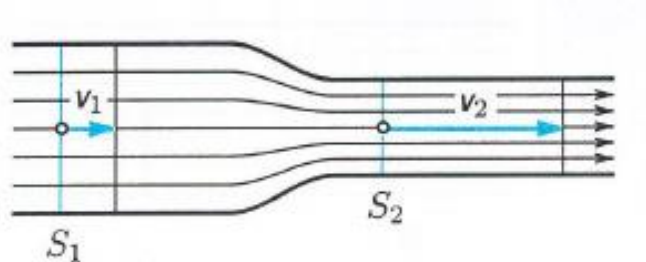
neboli

$$S_1 v_1 = S_2 v_2. \quad (14)$$

Po úpravě vztahu (14) dostáváme vztah

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}, \quad (15)$$

který nám říká, že obsahy průřezů v trubici jsou v opačném poměru než rychlosti proudící kapaliny touto trubicí.



Obrázek 8: Trubice o nestejném průřezu [5]

### 1.6.2 Bernoulliho rovnice [3, 5]

Opět uvažujme trubici o nestejném průřezu. Z rovnice kontinuity víme, že v části trubice o větším průřezu proudí kapalina pomaleji než v místě o nižším průřezu. Pokud se mění rychlost kapaliny v závislosti na velikosti průřezu trubice, mění se také její kinetická energie. „V zúžené části trubice má kapalina větší kinetickou energii než v její širší části [3].“

Vztah pro Bernoulliho rovnici

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + p = \text{konst.} \quad (16)$$

kde  $\frac{1}{2} \rho v^2$  je kinetická energie kapaliny a  $p$  je tlaková energie kapaliny, nám vyjadřuje zákon zachování mechanické energie pro proudění kapaliny, která je ideální, ve vodorovné trubici.

Odvodit Bernoulliho rovnici není nikterak obtížné, protože platí zákon zachování mechanické energie. Jak už bylo řečeno, kinetická energie proudící kapaliny v širší části trubice je menší než kinetická energie v její užší části. Můžeme tedy napsat změnu kinetické energie takto:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2, \quad (17)$$

kde  $\Delta m$  je hmotnost kapaliny, která má v širším místě trubice rychlost o velikosti  $v_1$  a v užším místě o velikosti  $v_2$ .

Kapalina o hmotnosti  $\Delta m$  má objem  $\Delta V$  a hustotu  $\rho$ , lze proto napsat

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2 - \frac{1}{2} \rho \Delta V v_1^2. \quad (18)$$

Pro změnu potenciální energie platí:

$$\Delta E_p = \Delta m g h_2 - \Delta m g h_1, \quad (19)$$

kde  $h_1$  je kolmá vzdálenost středu širšího místa proudové trubice od zvolené nulové hladiny potenciální energie a  $h_2$  kolmá vzdálenost středu širšího místa proudové trubice od zvolené nulové hladiny potenciální energie (viz obrázek 9).

Hmotnost kapaliny můžeme opět vyjádřit pomocí objemu  $\Delta V$  a hustoty  $\rho$ , proto lze napsat

$$\Delta E_p = \Delta V \rho g h_2 - \Delta V \rho g h_1. \quad (20)$$

Ovšem aby se kapalina o daném objemu  $\Delta V$  z daného průřezu trubice o obsahu  $S$  působením tlakové síly  $F$  posunula o určitou dráhu, musí zmíněná tlaková síla vykonat určitou práci

$$\Delta W = F_1 \Delta s_1 - F_2 \Delta s_2, \quad (21)$$

kde  $F$  je tlaková síla, pro kterou existuje vztah

$$F = p S. \quad (22)$$

Pokud vztah (22) dosadíme do vztahu (21), dostáváme

$$\Delta W = p_1 S_1 \Delta s_1 - p_2 S_2 \Delta s_2, \quad (23)$$

kde pro nestlačitelnou kapalinu platí

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = S_1 \Delta s_1 = S_2 \Delta s_2. \quad (24)$$

Vztah (23) tedy můžeme upravit

$$\Delta W = p_1 \Delta V - p_2 \Delta V. \quad (25)$$

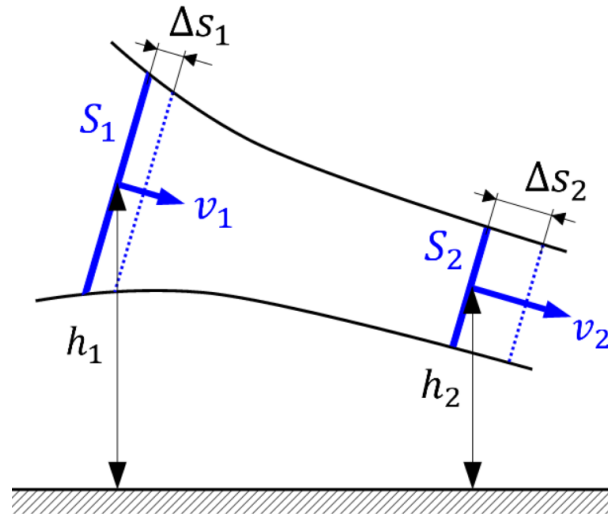
Součet změny kinetické energie  $\Delta E_k$  a potenciální energie  $\Delta E_p$  je roven celkové práci, tzn. že

$$\Delta W = \Delta E_k + \Delta E_p, \quad (26)$$

po dosazení vztahů (18), (20) a (25) do vztahu (26) a po drobných úpravách dostáváme finální vztah

$$\frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2 = \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 + p_1, \quad (27)$$

který je analogií vztahu (16).



Obrázek 9: K odvození Bernoulliho rovnici (vlastní práce autorky)



## 2 Povrchové napětí

S povrchovým napětím se setkáváme v běžném životě každý den, ovšem mnoho z nás si to ani neuvědomuje. V domácnostech povrchové napětí využíváme např. při mytí nádobí či praní, kdy se snažíme o odstranění nečistot, studená voda má vysoké povrchové napětí, tudíž špatně smáčí mastné a špinavé povrchy. Ohřátím či použitím příslušných saponátů dojde ke snížení povrchového napětí, tím pádem k lepší smáčivosti, a proto se nečistoty lépe odstraňují. [7]

I vaření čaje je věda. Kulové sítko na sypaný čaj ponoříme do sklenice se studenou vodou a počkáme až se celé naplní vodou. Poté ho pomalu zvedáme, dokud nebude celé vnořené, ze sítka by neměla vytéct žádná voda. Vysvětlením je, že na rozhraní vody a vzduchu by mělo dojít k prohnutí rozhraní dovnitř sítka, a tím i zvětšení plochy. Ovšem zvětšení plochy brání povrchové napětí, které tedy nedovolí vzduchu proniknout dovnitř sítka. Ze stejného důvodu sáček s čajem plave na hladině, pokud nejprve vložíme do hrnku sáček a až poté ho zalijeme vodou. Pokud ovšem nejprve nalijeme horkou vodu a poté vložíme čajový sáček, ten začne klesat ke dnu, jelikož z něj stíhá unikát vzduch z míst, kde ještě není namočen, tím dojde i k lepšímu vyluhování čaje. [8]

Při procházce přírodou se s povrchovým napětím můžeme setkat téměř na každém kroku. Když půjdeme kolem rybníka, na vodní hladině můžeme vidět vodní hmyz, jako je bruslařka, vodoměrka či hladinatka. Ty využívají povrchové napětí k pohybu po vodní hladině. Kromě tohoto hmyzu jsou to i ptáci, kterým povrchové napětí zabrání pronikání vody do jejich peří. V přírodě dále můžeme zmínit tvar kapek rosy na rostlinách, ale i tvar vodních kapek při dešti.

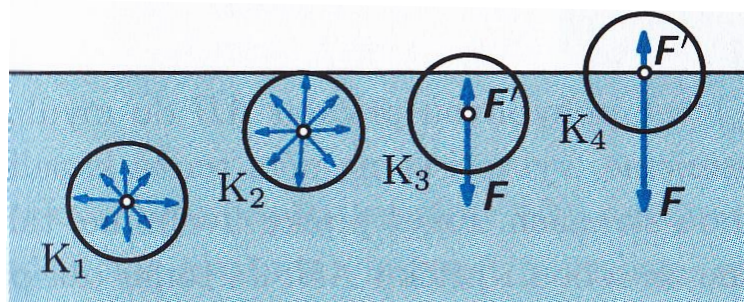
V zemědělství je využíváno při aplikování různých herbicidů, a to tak, že je třeba upravit povrchové napětí postřiků tak, aby buď ulpěly či neulpěly na daném druhu rostliny. [7]

### 2.1 Jak povrchové napětí vzniká? [3, 9, 10]

Povrchové napětí u kapalin vzniká tak, že molekuly, které se nacházejí na povrchu kapaliny jsou z jedné strany obklopeny molekulami kapalin a z druhé strany molekulami plynu, popřípadě částicemi pevných látek. Na rozhraní kapaliny a jiné látky se nachází vrstva kapaliny, která se nazývá povrchová vrstva. Síly, které působí na obou stranách rozhraní, nejsou stejné, tzn. že síla, které působí na molekulu v povrchové vrstvě kapaliny nebude stejná, jako síla, která působí na molekulu, která se nachází uvnitř kapaliny.

Výslednice sil je nenulová a směřuje dovnitř kapaliny právě tehdy, když se zaměříme na molekulu, která se nachází blízko povrchu kapaliny, popřípadě přímo na povrchu. Povrchová vrstva kapaliny má tak jiné vlastnosti než zbytek kapaliny.

Povrch kapaliny se chová jako pružná blanka. A právě tomuto jevu říkáme povrchové napětí kapaliny. Naopak nulová výslednice sil působící mezi molekulami bude mít molekula, která se nachází v kapalině.



Obrázek 10: Sféra molekulového působení [2]

Jak můžeme vidět na obrázku č. 10 molekuly  $K_1$  a  $K_2$  a jejich sféra molekulového působení jsou uvnitř kapaliny, jejich výslednice přitažlivých sil, kterými uvažovaná molekula působí na jinou molekulu, je nulová. Čím blíže se uvažovaná molekula blíží vodní hladině, tím je výslednice přitažlivých sil větší, tak tomu je u molekul  $K_3$  a  $K_4$ . Tato výslednice je kolmá k volnému povrchu kapaliny a směřuje dovnitř této kapaliny. Tzn. že: „Na každou molekulu ležící v povrchové vrstvě kapaliny působí sousední molekuly výslednou povrchovou přitažlivou silou, která má směr dovnitř kapaliny [3].“

## 2.2 Povrchové napětí jako fyzikální veličina [9, 10, 11, 12]

Povrchové napětí většinou značíme řeckým písmenem  $\sigma$  a je definován následujícím vztahem:

$$\sigma = \frac{dF}{dl}, \quad (28)$$

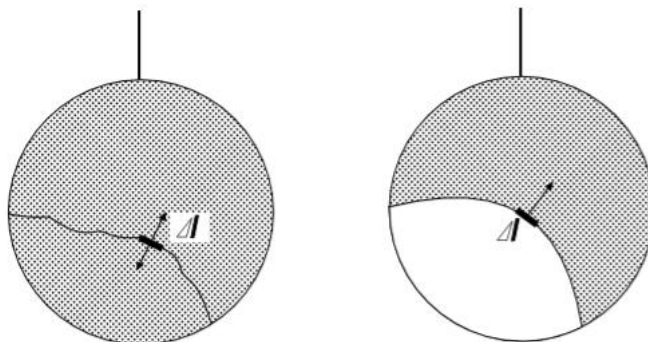
kde  $dF$  je elementární síla, která působí kolmo k úsečce o délce  $dl$ , a to v rovině povrchu. Jednotkou povrchového napětí je dle základních jednotek soustavy SI  $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Povrchové napětí působí na rozhraní mezi kapalinou a plynem, popřípadě na rozhraní mezi dvěma kapalinami, mezi nimiž nedochází k mísení. Jeho velikost závisí na vlastnostech kapaliny a plynu a na jejich teplotě. Hodnoty pro některé kapaliny jsou uvedeny v MFChT. Např. pro vodu, která je v kontaktu se vzduchem, je při teplotě  $20^\circ\text{C}$  povrchové napětí  $\sigma = 73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Každá kapalina se chová tak, jako kdyby byl její povrch pokryt tenkou pružnou vrstvou, ta se snaží stáhnout povrch kapaliny tak, aby měla co nejmenší plošný obsah. Proto kdyby na kapalinu nepůsobily žádné vnější síly, měla by kulovitý tvar. Pokud jsou tedy vnější síly velmi malé, kapalina dosahuje téměř kulového vzhledu, jak tomu můžeme například vidět u drobných kapiček vody, které tvoří mlhu, kapky deště apod. Povrchová vrstva je velmi tenká, její tloušťka je asi  $10^{-7} \text{ cm}$  a jak už bylo řečeno, její vlastnosti jsou jiné než uvnitř kapaliny. Povrchová blána se tedy snaží

stáhnout na co nejmenší velikost, je tedy zřejmé, že tomu pomáhá nějaké napětí. A právě tomuto napětí říkáme povrchové napětí.

Napětí povrchové blány kapaliny lze dokázat jednoduchým pokusem. Pokud ponoříme drátěný rám kulového tvaru, který má uvázanou volnou tenkou nit, do mýdlové vody, nit zůstává v bláně volná. Ovšem když blánu na jedné straně niti propíchneme špendlíkem, nit se obloukově napne.



Obrázek 11: Mýdlová blána vytvořená v kruhovém drátěném rámečku [6]

Vlivem povrchového napětí je v povrchové vrstvě nahromaděna energie, kterou nazýváme povrchová energie. Jedná se o rozdíl vnitřní potenciální energie, kterou mají molekuly v povrchové vrstvě kapaliny a molekuly uvnitř kapaliny. Lze ji definovat vztahem

$$dE = \sigma \cdot dS, \quad (29)$$

kde  $\sigma$  je povrchové napětí. Z (29) můžeme odvodit další vztah pro povrchové napětí:

$$\sigma = \frac{dE}{dS}, \quad (30)$$

tzn. že povrchové napětí lze také definovat jako změnu energie vrstvy molekul kapaliny  $dE$  na rozhraní vztaženou na jednotku plochy  $dS$ .

Souvislost mezi povrchovým napětím a povrchovou energií lze znázornit na následujícím pokusu. Pokud ponoříme drátěný rámeček, který má posuvnou příčku o délce  $l$  do mýdlového roztoku, vytvoří se na něm tenká blána (vytvoří se vlivem povrchového napětí) s povrchovými vrstvami po obou stranách. Povrchové napětí působí na příčku silou

$$F = \sigma l, \quad (31)$$

které se říká povrchová síla, ovšem my mluvíme o dvou povrchových vrstvách, proto musíme vztah (31) upravit:

$$F = 2\sigma l, \quad (32)$$

touto silou udržíme příčku v rovnováze. Pokud příčku posuneme o délku  $\Delta s$ , vykonáme práci

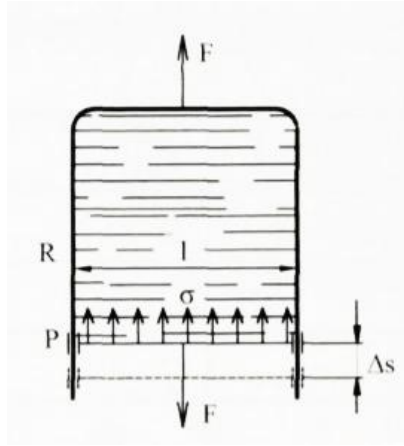
$$\Delta W = 2\sigma l \Delta s. \quad (33)$$

Tato práce je rovna zvětšení povrchové energie při zvětšování povrchu o

$$\Delta S = 2l \Delta s. \quad (34)$$

Z toho nám vyplývá

$$\frac{\Delta W}{\Delta S} = \frac{\Delta E}{\Delta S} = \frac{2\sigma l \Delta s}{2l \Delta s} = \sigma. \quad (35)$$



Obrázek 12: Souvislost mezi povrchovým napětím a povrchovou energií [7]

### 2.3 Jakými metodami lze povrchové napětí změřit?

Povrchové napětí lze zjistit metodami přímými nebo metodami nepřímými. Pokud se zaměříme na metodu přímou, vycházíme z definice, tedy že: „Povrchové napětí  $\sigma$  se rovná podílu velikosti povrchové síly  $F$  a délky  $l$  okraje povrchové blány, na který povrchová síla působí kolmo v povrchu kapaliny [3]“. Povrchové napětí tedy zjistíme tak, že do kapaliny ponoříme těleso známé délky a měříme sílu, která je třeba k vytažení tělesa z kapaliny. [7]

Další metodou je metoda kapková. Z tenké trubičky necháváme odkapávat kapalinu. Lze předpokládat, že kapka odkápne, když je tíhová síla rovna povrchové síle, která působí na obvodu kapaliny. Kapka ale neodpadne celá, ale část ji zůstane na konci kapiláry. Tuto metodu používáme tak, že srovnáme tíhu určitého počtu kapek neznámé kapaliny, u které neznáme povrchové napětí s počtem kapek kapaliny se známým povrchovým napětím. [7]

Povrchové napětí kapaliny lze také zjistit z kapilární elevace. Tato metoda je spojena s existencí kapilárního tlaku. Pokud ponoříme tenkou kapiláru do kapaliny v širší nádobě, pozorujeme vzestup kapaliny v kapiláře nad hladinu v širší nádobě. Vlivem povrchové síly dochází k vystoupaní kapaliny v kapiláře do takové výšky  $h$ , až dojde k vyrovnání kapilárního tlaku s hydrostatickým tlakem sloupce kapaliny. [3]

### 2.4 Povrchově aktivní látky a jejich negativa

Povrchově aktivní látky jsou látky, které mají schopnost snižovat povrchové napětí daného roztoku. Tyto látky se umí na rozhraní kapaliny a plynu, popřípadě dvou kapalin, samovolně absorbovat. Jsou tvořeny hydrofilní částí, to je část, která má schopnost interagovat s vodou, další částí je hydrofobní část, ta s vodou neinteraguje. Tím se zajistí, že část se ve vodě rozpustí a část ne. [13]

Každý z nás se s povrchově aktivními látkami setkává každý den, jsou jimi mýdlo a prací prostředky. Pokud dáme špinavé prádlo do vody a přidáme přípravek na praní prádla, pak povrchově aktivní látky obklopí nečistotu tak, že část hydrofilní zůstane ve vodě a hydrofobní část bude u nečistoty, tzn. že ji postupně odstraní ze špinavého prádla. Problémem je, že tato voda jde dál do odpadu a ve větším množství nejsou schopny čističky odpadních vod všechny tyto látky z vody odstranit. Povrchově aktivní látky se tak hromadí v řekách, jezerech, přehradách, rybnících. A jelikož tyto látky pění, my je můžeme vidět na vodě jako pěnu. V důsledku toho jsou v takovýchto vodách přemnoženy sinice. Je tedy důležité vybírat vhodné prostředky, které jsou co nejšetrnější k životnímu prostředí. [14]

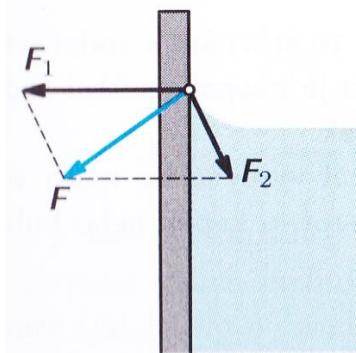
Povrchově aktivní látky se nacházejí také v pesticidech a herbicidech. Při jejich použití musíme dbát na to, aby byly toxické pro určité plodiny a netoxické pro jiné organismy. Dále můžeme zmínit i automobilový průmysl, jelikož se tyto látky používají do směsi do ostřikovačů, díky nim dešťová voda lépe odtéká z předních skel. [13, 14]

## 2.5 Styk kapaliny se stěnou [3, 4]

Pokud mluvíme o styku kapaliny se stěnou nádoby, tak se nejedná pouze o vzájemném působení molekul kapaliny, ale také se uplatňuje vzájemné působení mezi molekulami kapaliny, částicemi stěny nádoby a v neposlední řadě také částicemi plynů nad volným povrchem kapaliny. Díky tomu můžeme pozorovat zakřivení hladiny kapaliny v blízkosti stěny nádoby.

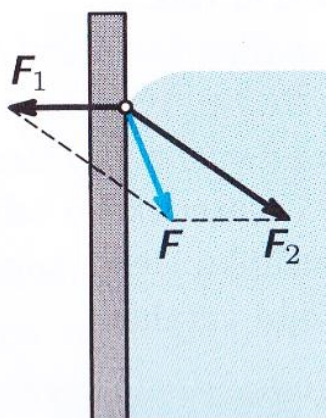
V povrchové vrstvě na rozhraní kapaliny na každou molekulu působí síla od částic nádoby, síla od molekul kapaliny, síla od molekul plynu a tíhová síla. Ve srovnání s prvními dvěma silami, můžeme tíhovou a sílu od molekul plynu zanedbat. Můžeme tedy uvažovat směr výslednice, na který je povrch kapaliny v rovnovážném stavu kolmý. Uvažujeme tři případy:

1) Kapalina stěnu smáčí. Tento případ nastává, pokud výslednice sil směřuje z kapaliny. Povrch kapaliny je u stěny dutý. Tento případ najdeme u vody v čisté skleněné nádobě



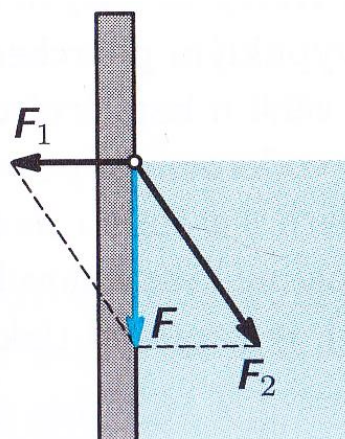
Obrázek 13: Kapalina stěnu smáčí [2]

2) Kapalina stěnu nesmáčí. V tomto případě výslednice směřuje do kapaliny, povrch kapaliny je u stěny vypuklý. Tento tvar můžeme vidět u rtuti v čisté skleněné nádobě.



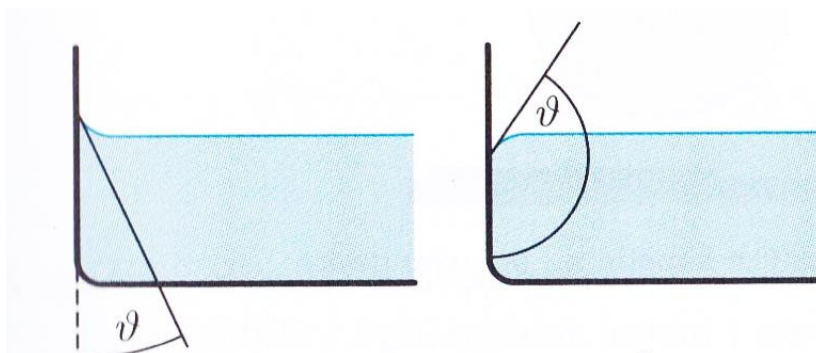
Obrázek 14: Kapalina stěnu nesmáčí [2]

3) Rovný povrch kapaliny. Nastává tehdy, pokud je síla rovnoběžná se stěnou nádoby.



Obrázek 15: Rovný povrch kapaliny [2]

Úhel značený řeckým písmenem  $\vartheta$  nazýváme stykový. Jedná se o úhel, který svírá povrch kapaliny s povrchem stěny.



Obrázek 16: Zakřivení hladiny a stykový úhel [2]

## 2.6 Kapilární jevy

Dalším projevem povrchového napětí jsou kapilární jevy. Jsou způsobené silami, které jsou mezi molekulami dané kapaliny a silami mezi molekulami dané kapaliny a pevného tělesa, plynu nebo jiné kapaliny. Kapilární jevy souvisí se zakřivením povrchu kapaliny, tedy zda kapalina stěnu nádoby smáčí či nesmáčí. Můžeme je pozorovat v kapilárách, což jsou úzké trubičky. Kapilárními jevy jsou kapilární elevace a kapilární deprese. [9, 10]

### 2.6.1 Kapilární tlak [3, 4]

Než se budeme zabývat kapilární elevací a depresí, je nutno zmínit a definovat kapilární tlak. Kapilární tlak vzniká při zakřivení povrchu kapaliny u stěny nádoby či v kapilárách a je způsobený pružností povrchové vrstvy.

Pod vypuklým povrchem kapaliny, tedy v případě, kdy kapalina stěnu nádoby nesmáčí je vnitřní tlak ve srovnání s vodorovným povrchem větší, a to právě o kapilární tlak. Naopak je tomu pod dutým povrchem, kdy kapalina stěnu nádoby smáčí, vnitřní tlak je ve srovnání s vodorovným povrchem menší o kapilární tlak.

Kapilární tlak, lze definovat vztahem

$$p_k = \frac{2\sigma}{R}, \quad (36)$$

kde  $\sigma$  je povrchové napětí kapaliny a  $R$  je poloměr kulového povrchu. Tento vztah vyplývá z experimentálního měření i teoretického odvození a platí tehdy, jestliže volný povrch kapaliny má tvar kulového vrchlíku, popřípadě koule, jako je tomu u kapky nebo bublinky v kapalině.

### 2.6.2 Kapilární elevace a deprese [3, 9, 10]

Kapilarita je zastaralým výrazem pro kapilární jevy a zahrnuje, jak již bylo zmíněno, kapilární elevaci a kapilární depresi.

Kapilární elevace se projevuje vzestupem hladiny kapaliny. Pokud máme otevřenou skleněnou trubičku neboli kapiláru, která má malý poloměr, ponořenou v jiné nádobě, pak se povrch kapaliny prohne (je dutý), a to nejen v kapiláře, ale i povrch kapaliny, který obklopuje ponořenou trubičku. Zároveň hladina v kapiláře bude výš než v nádobě. Výška  $h$ , o kterou hladina vystoupala, se nazývá elevační výška a platí pro ni vztah

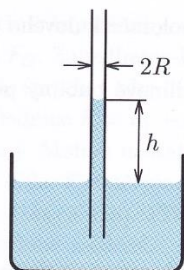
$$h = \frac{2\sigma}{R\rho g}, \quad (37)$$

kde  $\sigma$  je povrchové napětí kapaliny,  $R$  je vnitřní poloměr kapiláry,  $\rho$  je hustota kapaliny a  $g$  je tíhové zrychlení. Tento vztah platí pouze na předpokladu, že hustota kapaliny, kterou v nádobě máme, je větší než hustota vzduchu nad naší kapalinou.

Kapilární elevace je úzce spojena s kapilárním tlakem. Pod dutým povrchem kapaliny v kapiláře je vnitřní tlak menší o kapilární tlak ve srovnání s vodorovným povrchem v nádobě. A právě to má za následek, že kapalina v kapiláře vystoupá do určité výšky  $h$ , při které hydrostatický tlak odpovídající sloupci kapaliny výšky  $h$  je stejný jako kapilární tlak. Z toho vyplývá, že platí rovnost

$$h\rho g = \frac{2\sigma}{R}, \quad (38)$$

z tohoto vztahu jednoduchou úpravou dostáváme vztah pro výpočet výšky  $h$  při kapilární elevaci, tedy vztah (37).



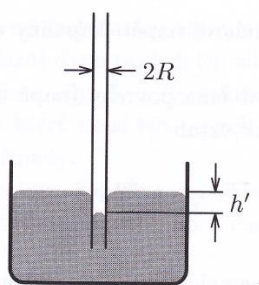
Obrázek 17: Kapilární elevace [2]

Kapilární elevaci nalezneme u rostlin. Půda je spojena tenkými chodbičkami (kapilárami) s hladinou spodní vody. Tato voda vzlíná kapilárami až ke kořenům rostlin, a tím je vyživuje. Pokud je půda upěchovaná (udusaná, pošlapaná), kapiláry jsou velmi úzké a kapilární vzestup vody je v nich velký. Voda se tak dostává až na povrch půdy, kde se vypařuje. Abychom tomuto vypařování zabránili, musíme zvětšit půdní kapiláry, k tomu nám pomáhá okopávání. Provádíme ho zejména v období sucha. Zvětšení půdních kapilár či jejich přerušování lze dosáhnout i zoráním.

Kapilární deprese je opakem kapilární elevace, jedná se tedy o pokles hladiny kapaliny v kapiláře pod okolní hladinu, tato kapalina nesmáčí vnitřní stěny kapiláry. Pro výšku, o kterou hladina v kapiláře klesne, platí obdobný vztah jako u kapilární elevace

$$h' = \frac{2\sigma}{R\rho g}. \quad (39)$$

Pro vytvoření rovnovážného stavu je kapalina stlačena do takové hloubky  $h'$ , aby byl hydrostatický tlak stejný jako kapilární tlak.



Obrázek 18: Kapilární deprese [2]



## 3 Integrovaná výuka

*„Integrace je vzájemným pronikáním a spojováním obsahu předmětů vytvořených z reálných věd v nový funkční a těsnější vzdělávací obsah, přičemž tento integrovaný vzdělávací obsah sleduje cíle všech těchto předmětů.“ [15]*

Při integraci dochází k vytváření vzájemných vztahů mezi poznatky, které jsou žákům předávány, taktéž dochází i k vytváření mezipředmětových vztahů. Na mysl tedy vyvstane otázka, jaký je tedy rozdíl mezi integrovanou výukou a mezipředmětovými vztahy? Při integrované výuce dochází tedy k prolínání předmětů, a zároveň jsou zahrnuty všechny jejich cíle najednou, tzn. že se formuje jeden komplexní cíl. Ovšem když mluvíme o mezipředmětových vztazích, tam k průniku cílů nedochází, zahrnují souvislosti a vztahy mezi jevy, pojmy, situace a děje. *„Mezipředmětové vztahy stojí na začátku každé integrace a jsou jednou z úrovní integrace.“ [15]*

Integrovaná výuka je založena na integrovaném kurikulu. Jedná se o studijní plán, který sjednocuje jednotlivé oblasti učiva, dochází k prolínání mezi jednotlivými tématy. Tím se liší od klasického předmětového kurikula, který je na školách běžnější. Žákům je učivo vykládáno v oddělených částech. [16]

### 3.1 Formy integrované výuky [15, 16, 17]

Integraci můžeme rozdělit na vnější a vnitřní. Při vnější integraci jsou jednotlivá probíraná témata řazena vedle sebe s ohledem na vztahy mezi nimi, přičemž obsah těchto předmětů zůstává poměrně samostatný, je složena z konsolidace a komasace. Naproti tomu při vnitřní integraci dochází k probírání daného tématu z více oborů zároveň, zahrnuje koncentraci a koordinaci.

#### **Konsolidace**

Pod pojmem konsolidace rozumíme sjednocování předmětů a vzniká tak samostatný předmět. Jelikož se počet předmětů eliminuje, žák má tak možnost prohlubovat své znalosti v dané problematice.

#### **Komasace**

Při komasaci, rozšíření konsolidace, pak dochází nejen k redukci předmětů, ale ke zvýšení hodinové dotace pro dané předměty.

#### **Koncentrace**

Při koncentraci se na daný problém posuzuje z různých hledisek jednotlivých předmětů, izolované části se tak propojí v jeden celek.

#### **Koordinace**

Koordinaci pak rozumíme kooperaci mezi jednotlivými předměty, a to jejich obsahu, metod a forem práce za využití mezipředmětových vztahů. Tato forma

integrace je náročná nejen pro žáky ale i pro učitele, neboť vyžaduje vyhledávání souvislostí mezi jednotlivými tématy ve výuce.

### **3.2 Projektové a tematické vyučování [15, 17]**

Projektové a tematické vyučování jsou metodami integrované výuky. V této podkapitole jsou uvedeny některé jejich rozdíly.

*„Tematické vyučování je model koordinování obsahu učiva, při kterém dochází k záměrnému vytváření multilaterálních vazeb obsahu výuky.“ [17]* Pokud plánujeme tematické vyučování, v první řadě musíme zvolit téma, a to takové, které se týká současnosti a zároveň bude mít význam pro žáky i do jejich budoucnosti. Vybrané téma by se mělo pobírat ve všech předmětech. Při tematickém vyučování pracujeme s obsahem učiva a uplatňujeme množství vyučovacích metod a forem výuky. Tematická výuka má své formy, ve kterých se realizuje, mluvíme například o blokovém vyučování, či o týdenním plánu, podle kterého probíhá výuka.

Mnozí zaměňují či ztotožňují tematickou výuku s projektovou výukou, musíme si ale uvědomit, že se jedná o dvě rozdílné metody. Při projektovém vyučování je určený jasný výsledek práce a ten je většinou materiální (viz praktická část), to u tematické výuky není podstatné. Dalším patrným rozdílem je samostatnost žáků. Zatímco při projektové výuce jsou žáci samostatní a učitel zde funguje spíše jako poradce, při tematickém vyučování je řídicím orgánem učitel, žáci už nejsou plně samostatní, nicméně pořád musí vykazovat aktivní činnost. Jak již bylo řečeno, při tematické výuce dochází k probírání daného tématu ve všech předmětech, to není u projektového vyučování podmínkou, nicméně ve většině případů sjednocuje poznatky z vícero předmětů.

### **3.3 Integrovaná výuka v našich školách [16, 17, 18]**

Integrovanou výuku v České republice najdeme primárně na prvním stupni základních škol, konkrétně se jedná o předmět přírodověda, který shrnuje poznatky z oblasti biologie, chemie a fyziky a dále vlastivěda, která zahrnuje dějepis, občanskou výchovu a zeměpis.

Na druhém stupni se už o integraci hovořit nedá, jelikož jsou jednotlivé předměty vyučovány odděleně. Naopak v některých zemích (např. Německo, Velká Británie, USA, Kanada) je integrace předmětů na druhém stupni základních škol velmi populární. Důvodů může být hned několik. Hned v první řadě to může být nedostatek studijních textů, vyučující je pak donucen zpracovávat vícero materiálů, což je bezesporu velmi časově náročné. Zároveň není ničím podloženo, že kdyby se u nás vyučovaly přírodovědné předměty integrovaně, tak by byli žáci kvalitně připraveni na studium na gymnáziích. Důvodem může být i příprava na vysoké škole, u nás budoucí učitelé většinou studují dvě aprobase, takže už ve většině případů nemají další kapacity na rozšiřování o další předměty.

V RVP pro základní školy můžeme najít snahy o zavedení integrované výuky do škol, a to v podobě vzdělávacích oblastí. Těmi vzdělávacími oblastmi jsou např. Člověk a společnost (Dějepis, Výchova k občanství), Člověk a příroda (Fyzika, Chemie, Přírodopis, Zeměpis), Umění a kultura (Hudební výchova, Výtvarná výchova), Člověk a zdraví (Výchova ke zdraví, Tělesná výchova) apod. Podobně je tomu i u RVP určených pro gymnázia.

### 3.4 Povrchové napětí v učebnicích

V rámci tématu Povrchové napětí, jsem prostudovala několik učebnic, které se objevují na základních a středních školách. Cílem této podkapitoly je ve stručnosti shrnout, jak je toto téma v učebnicích uchopeno. Poznatků z této kapitoly jsem taktéž využila při tvorbě pracovních listů v praktické části.

#### 3.4.1 Povrchové napětí v učebnicích pro základní školy



Obrázek 19: Učebnice fyziky pro ZŠ (vlastní práce autorky)

Po prostudování některých učebnic (viz obrázek č. 18), které jsou určeny pro žáky na základních školách, lze konstatovat, že ve většině z nich je o této problematice alespoň zmínka. Většinou se jedná o demonstrace pokusů (mince na hladině, sítko na čaj, štětec ve vodě apod.), či zmínění, kdy se povrchové napětí projevuje (bruslařka na vodní hladině, voda na povrchu listů rostlin, mytí rukou mýdlem, mytí nádobí pomocí saponátu apod.). Konkrétně se jedná o učebnice

nakladatelství Fraus Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia [19], nakladatelství Prometheus Fyzika pro 6 ročník základní školy [20], nakladatelství Fortuna Fyzika pro 6. a 7. ročník základní škol a nižší ročníky víceletých gymnázií [21], nakladatelství SPN Fyzika pro 7. ročník základní školy [22] a nakladatelství SPN Fyzika 3 pro základní školu [23].

Ovšem jedna z nejpoužívanějších učebnic pro základní školy se touto problematikou nezaobírá. Jedná se o učebnici od nakladatelství Prometheus Fyzika pro 7. ročník základní školy [24]. Naopak v učebnici od nakladatelství Prodos Fyzika III 2. díl [25] je povrchové napětí popsáno velmi důkladně. Pomocí pokusu je zde vysvětlen termín pružná povrchová vrstva, jev povrchové napětí, ale také povrchové napětí jako fyzikální veličina (je zde uveden vztah  $\sigma = F/l$ ). Kromě povrchového napětí se v této učebnici autoři také věnují kapilárním jevům, které s povrchovým napětím úzce souvisí.

### 3.4.2 Povrchové napětí v učebnicích pro střední školy



Obrázek 20: Učebnice fyziky pro SŠ (vlastní práce autorky)

Prostudované učebnice fyziky pro střední školy (viz obrázek č. 19) jsou koncipovány víceméně stejně. Je zde popsána povrchová vrstva kapaliny, sféra molekulového působení, povrchová síla, povrchová energie a povrchová vrstva. Hovoříme o učebnicích nakladatelství Prometheus Fyzika pro střední školy [26, 27]. V učebnici Fyziky pro gymnázia nakladatelství Prometheus [28] je celá

problematika týkající se povrchového napětí popsána detailněji, s vícero demonstracemi a obrázky.

Někteří učitelé používají i přehledy středoškolské fyziky, ve kterých je daná problematika popsána zhruba do takové míry, jako je tomu v učebnicích fyziky pro střední školy. Mluvíme o knihách nakladatelství Orfeus Fyzika: univerzální příručka pro maturanty a uchazeče o studium na vysokých školách [29] a nakladatelství Prometheus Přehled středoškolské fyziky [3]

Za zmínku také stojí Odmaturuj z fyziky [30] a Fyzika v kostce pro střední školy [31]. Tyto publikace zhruba na 3 stránkách problematiku stručně a přehledně popisují.

## 4 Náměty na úlohy

Tato kapitola obsahuje celkem 7 námětů na úlohy. V úvodu každé z nich je tabulka obsahující informace o tom, zda je určena pro žáky základních nebo středních škol, součástí tabulky je též naznačená obtížnost, časová náročnost a doporučená organizační forma výuky, které jsou voleny dle zkušeností autorky. Její obsah pak završuje výčet nezbytného materiálního vybavení pro realizaci úlohy a soupis vytvořených didaktických materiálů. Materiály jsou následně doplněny o jejich náhled a odkaz na konkrétní číslo přílohy, ve které jsou k nalezení. K těmto informacím je poznamenáno několik metodických doporučení a komentářů. Pro úplnost námětů poslední část úlohy tvoří náhled a odkaz na vzorová řešení jednotlivých materiálů.

Úlohy jsou záměrně voleny pestře – hned první námět je zaměřen na fyzikální měření podporované počítačem, druhý námět podporuje učitele v zařazování projektových dnů, což je jedna z možných metod integrované výuky, kterou mohou učitelé realizovat. Třetí úloha představuje námět na demonstrační experiment, jenž rozšiřuje soubor znalostí žáků o nové pojmy z oblasti hydrodynamiky (gravitační a kapilární vlny), které obvykle nejsou předmětem studia středoškolské fyziky. Čtvrtá a pátá úloha představují nový pohled na všeobecně známé experimenty doplňující učivo povrchového napětí – mince na hladině a určení povrchového napětí pomocí kapilární elevace. Mince na hladině nemusí být jen a pouze demonstrační experiment s jednou padesátihaléřovou mincí, jak tomu někde bývá. Za pomoci 3D tisku lze experiment převést na námět laboratorního cvičení, kde žáci nejenom pozorují, ale i něco měří a vyvozují. Kapilární jevy pak můžeme velmi efektivně propojit s výživou rostlin. Šestá úloha je opět námět na relativně známý demonstrační experiment – závislost kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny. Tento experiment se však v poslední době (vzhledem k velkým nákladům na učební pomůcky) omezil pouze na komentář obrázku z učebnice, případně na počítačem vytvořenou animaci. Materiály dodávané k úloze ale ukazují, že je to škoda, protože potřebné pomůcky lze vytvořit pomocí 3D tisku, a dává učiteli potřebnou textovou a obrazovou oporu. Poslední úloha představuje jakýsi soubor několika jednoduchých aktivit s motivačním charakterem, které lze snadno do výuky zařadit.

## 4.1 Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier

### Metodické pokyny k úloze

<b>Stupeň vzdělávání:</b>	střední škola
<b>Obtížnost:</b>	★★★☆☆
<b>Časová náročnost:</b>	🕒🕒🕒🕒🕒 3 vyučovací hodiny
<b>Organizační forma výuky:</b>	práce ve skupinách o 2 členech
<b>Nezbytné materiální vybavení:</b>	počítač s přehrávačem videí a programem Logger Lite, rychlovarná konvice, nádoba s vodou (o rozměrech minimálně 30 x 10 x 5 cm), dlouhé pravítko, špejle, rezná nit, nůžky, lámací nůž, přípravek na mytí nádobí, senzor teploty, senzor síly, LabQuest 2 s USB kabelem nebo Go!Link
<b>Materiály dodávané k úloze:</b>	pracovní list pro žáky, studijní text, videoprůvodce experimentem

Úloha je koncipována následovně: V úvodu je zařazena úloha na práci s textem, která by žákům měla posloužit jako osvěžení nezbytných znalostí k hladkému průběhu měření.

Další části jsou praktické – žáci ve skupinách stanovují pomocí senzorů firmy Vernier povrchové napětí zadaných kapalin.

### Komentář k úloze

Před zahájením vlastního úkolu je vhodné zařadit krátkou instruktáž obsahující základní pravidla práce v laboratoři a s laboratorním vybavením dle uvážení vyučujícího.

Studijní text je možné žákům poskytnout v elektronické nebo tištěné podobě (konkrétní zdroje jsou uvedeny v pracovním listu pro žáky).

Žáky je doporučeno nechat v praktické části pracovat úplně samostatně, připravený audiovizuální materiál by měl být dostatečným zdrojem informací. Zároveň je ale vhodné žáky upozornit, že se mohou v průběhu měření kdykoli na vyučujícího obrátit a požádat jej o radu.

Úloha je zaměřena na počítačem podporovaný experiment. Žáci jsou navíc vzhledem ke zvolené formě výuky vedeni k vzájemné spolupráci. V první části laboratorního cvičení je použito slovní metody, konkrétně práce s textem. Zbytek

úlohy je pak zaměřen na metody dovednostně-praktické. Jako vhodná se jeví i instruktáž (metoda názorně-demonstrační).

Pomůcky nezbytné k vlastnímu měření nemusí zajišťovat pouze vyučující. Je vhodné se se seznamem pomůcek seznámit předem, v tomto případě je pak možné pověřit žáky, aby si některé materiální vybavení donesli z domu (nůžky, pravítko, nit...).

V případě lichého počtu žáků je doporučeno vytvořit jednu tříčlennou skupinu, samostatná práce se vzhledem k náročnosti nedoporučuje.

První úloha laboratorního cvičení je bohužel složitá na opravu ze strany vyučujícího, je však důrazně doporučeno provést opravu skutečně pečlivě a následně se žáky diskutovat nejčastější chyby.

## Pracovní list pro žáky

Dodávaný pracovní list je tvořen třemi stranami (viz obrázek 21) a tvoří přílohu č. 1 této bakalářské práce.

**Laboratorní cvičení z fyziky**

Název:	Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier
Číslo učence:	
Datum:	

**Teorie** (práce s odbornou literaturou)  
Zpracujte krátkou teoretickou vstupu, v ní objasněte základní pojmy týkající se tohoto laboratorního cvičení. Zaměřte se zejména na pojmy: síla, měrná molární hmotnost, povrchová energie, povrchová síla, povrchové napětí. Akcentujte rozdíl v tomto případě přehledně označené plošnou a lineární hustotu práce. 11. Jaké otázky provázejí teoretickou část bakalářské práce Povrchové napětí vody jako magnetová síla v přírodním prostředí, dále pak učební Modelová fyzika a termika nadlaboratorní Přístroje [1] případně Přístroj etnologické fyziky profesora Svobody [2].

**Pomůcky** (práce s audiovizuálními materiály)  
Předtím než začnete, přečtěte si přílohu tohoto laboratorního cvičení. Bezprostředně po úvodním vstupu následuje video přírodních pomůcek a měření. Právě v této části budete sledovat a následně do níle vzhledem k praktické části pomůcek využijte. Přehlední videa kladě měření povrchového napětí se v této příloze najdete v tabulce část jako přílohu. U některých pomůcek (například na vlně) je nutná předtím jednoduchá příprava, v tomto okamžiku je to třeba objasnit.

**Úkol č. 1**  
a) **Postup měření** (práce s audiovizuálními materiály)  
Dílejší část videa je postup vlastního měření. Na postup se nezapomejte podívat, poté se jej podívejte stručně znovu do vzhledem k měření v prostředí. Počasí realizaci pro přílohu přílohy, v případě potřeby. Vpravené je proto prosím tak, aby vám připravená data byla vlastním měření maximálně odpovídala, což je cílem, že video měření realizovat, přílohu spot.

b) **Vlastní měření** (samostatná práce)  
Pomocí seznamu postupů měření měříte povrchové napětí studené vody. Právě, není žádná práce a příprava měření. V případě, že vám připravená pomůcka není k dispozici, měření provádějte sami. V každém případě to však nezapomejte krátkou úvodní přílohu.

c) **Vyhodnocení dat měření** (práce s audiovizuálními materiály)  
Dílejší část videa interpretuje získaná data. Samostatně není podmínkou, že video použijete. Pokud již máte v vyhodnocení dat v programu Logger Lite získaná data a zároveň na základě již získaných teoretických poznání dokážete získaná data interpretovat, mělo by vám raději, abyste data zpracovali automaticky (v tom případě si nezapomejte poskytnout údaje, při hodnocení problému k tomu bude samozřejmě přehlednější). V každém případě je však podmínkou, že přílohu problému bude tvořit graf  $F = F(x)$ , ve kterém bude vyznačena hodnota  $\Delta F$ . Zároveň připravte vypočítat povrchové napětí.

**Úkoly č. 2 a 3** (práce s již uvedenými dovednostmi)  
Následující dva úkoly jsou analýzou v úvodu č. 1. Tentokrát však proměňte povrchové napětí teplé vody a teplé vody s přidáním tenzometru. Po proměření přehledně označené úkoly byste již měli být schopni zpracovat samostatně, samozřejmě s tím, aby měření bylo v tom, abyste v přílohu měření svůj postup kontrolovali i postupem použitým ve videu. Ještě vám upozorním, že je vhodné před každým měřením pomocí teplotní sondy a zárovně zajistit, že povrchové napětí budete proměňovat (jedině tím rovnoměrně rušením teplotní sondy a zárovně zajistit, že roztok vody a detergentu bude mít v celém vlně stejnou koncentraci).  
Data tabulky zpracujte podle úkolu č. 1.

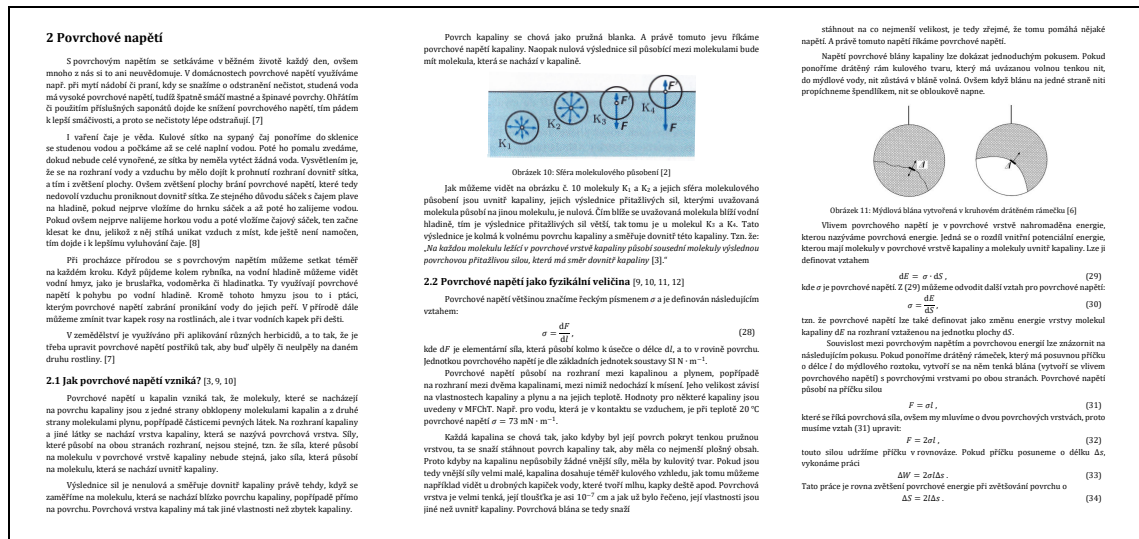
**Závěr**  
V závěru stručně komentujte přílohu měření, kriticky uveďte, jakých chyb jste se v přílohu měření dopustil, abyste se neopětily opakovat. Charakterizujte získaná data a srovnávejte se, proč může být vypočítané některých chemických látek do přílohy nebezpečné (pomocou vám může být tenzometru, není to však podmínkou).

Obrázek 21: Náhled pracovního listu k úloze „Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier“



## Studijní text

Studijní text tvoří kapitola č. 2 této bakalářské práce (viz obrázek 22), která taktéž tvoří přílohu č. 2 této bakalářské práce.



Obrázek 22: Náhled studijního textu k úloze „Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier“

## Videoprůvodce experimentem

Přílohu č. 3 tvoří video soubor ve formátu .avi, který slouží jako průvodce experimentem. Několik ukázek z videa tvoří obrázek 23.



Obrázek 23: Ukázky z videa k úloze „Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier“



## 4.2 Projektový den

### Metodické pokyny k úloze

<b>Stupeň vzdělávání:</b>	střední škola
<b>Obtížnost:</b>	★★★★☆
<b>Časová náročnost:</b>	⌚⌚⌚⌚⌚⌚ 6 vyučovacích hodin
<b>Organizační forma výuky:</b>	práce ve skupinách o 2 členech
<b>Nezbytné materiální vybavení:</b>	sít'ovina, silný lihový fix a nůžky, rezná nit s jehlou, napínací drát na ploty, metr, bambusová tyč, stahovací pásky na kabely, textilní lepicí páska, větší nádoba s víkem, gumové jednorázové rukavice, nůž, vyšší skleněná nádoba s vodou, USB mikroskop, počítač, mobilní telefon (fotoaparát)
<b>Materiály dodávané k úloze:</b>	pracovní list na výrobu sít'ky, šablona sít'ky, pracovní list pro práci v terénu, pracovní list pro práci v laboratoři, pracovní list k odevzdání ze strany žáků

Ideou úlohy je realizovat projektový den v rozsahu 6 vyučovacích hodin. V průběhu dne žáci nejprve vyrobí podle návodu sít'ku na odchyt vodního hmyzu, posléze se pod vedením vyučujícího přesunou k vodní ploše v okolí školy, kde provedou odchyt bruslařky. Následně bruslařku po návratu do školy podrobí zkoumání mikroskopem. Bruslařky po skončení laboratorního cvičení žáci opět vypustí zpět na hladinu.

### Komentář k úloze

Jak už název napovídá, byla pro tuto úlohu zvolena projektová výuka. Jedná se o formu výuky, která by v tomto případě měla u žáků vzbudit hlubší zájem o problematiku. Vyučující je spíše v pozadí, jeho role je výrazná pouze v přípravné a úvodní fázi dne. V průběhu dne vstupuje do činností minimálně, žáci pracují ve skupinách po dvou.

Projektový den je možné realizovat pouze v případě, že se budova školy nachází v pěší vzdálenosti od rybníka (nebo jiné vodní plochy), kde se vyskytují bruslařky (případně vodoměrky). Tuto skutečnost musí vyučující ověřit!

Průběh úlohy není závazný, lze jej různě modifikovat. Lze například vynechat výrobu sítě a pověřit žáky, aby si donesli síťku na vodní hmyz z domu (nedoporučeno), výrobu sítě zadat jako domácí úkol, případně výrobu domluvit s vyučujícím předmětu pracovní činnosti, dílny, základy techniky apod.

Časovou náročnost lze snížit, pokud vyučující zajistí vypuštění bruslařek zpět do přírody sám, po skončení projektového dne.

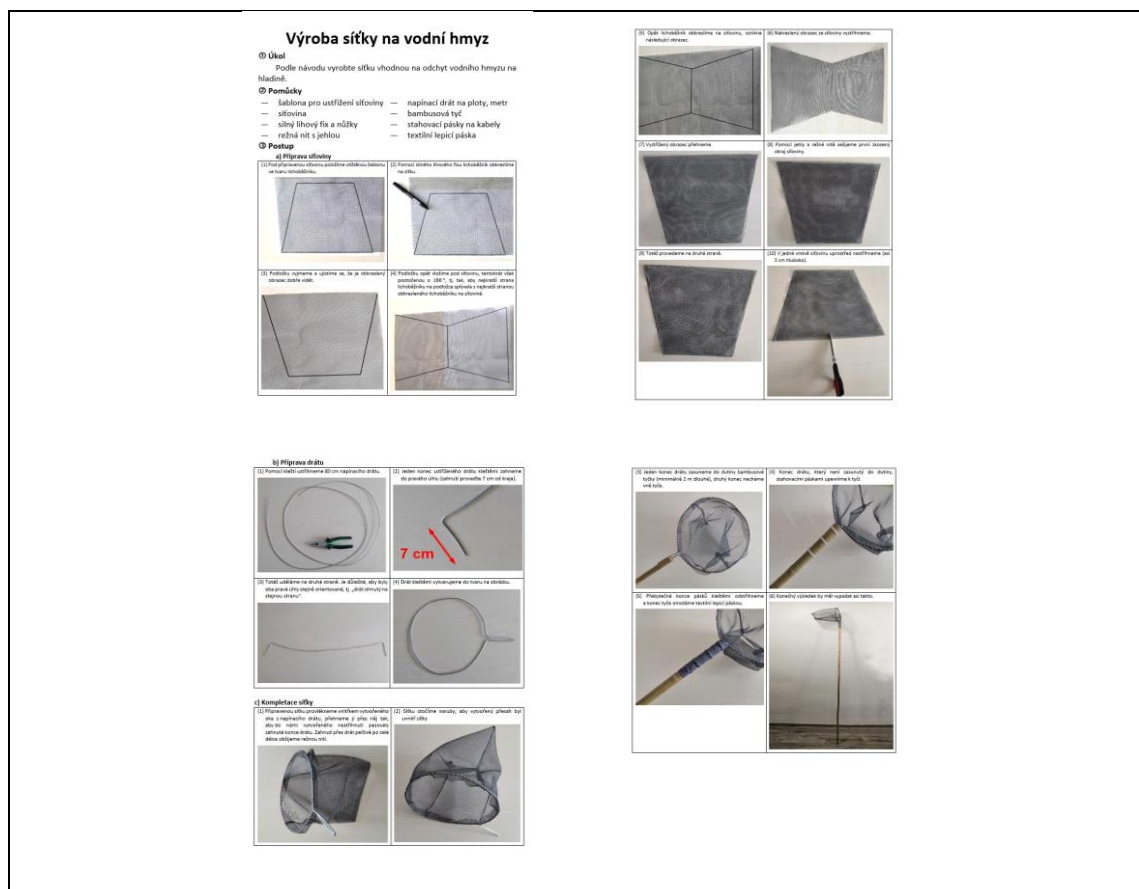
Žáci v průběhu výroby sítě pracují s ostrými předměty, je proto vhodné je nabádat ke zvýšené opatrnosti!

Opět je možné pověřit žáky, aby si některé materiální vybavení donesli z domu. Zejména u mobilních telefonů (fotoaparátu) se tato skutečnost předpokládá.

Pracovní list na výrobu sítě, šablonu sítě, pracovní list pro práci v terénu a pracovní list pro práci v laboratoři lze používat opakovaně, neboť do nich žáci nemají nic vyplňovat.

### Pracovní list na výrobu sítě pro odchyt vodního hmyzu

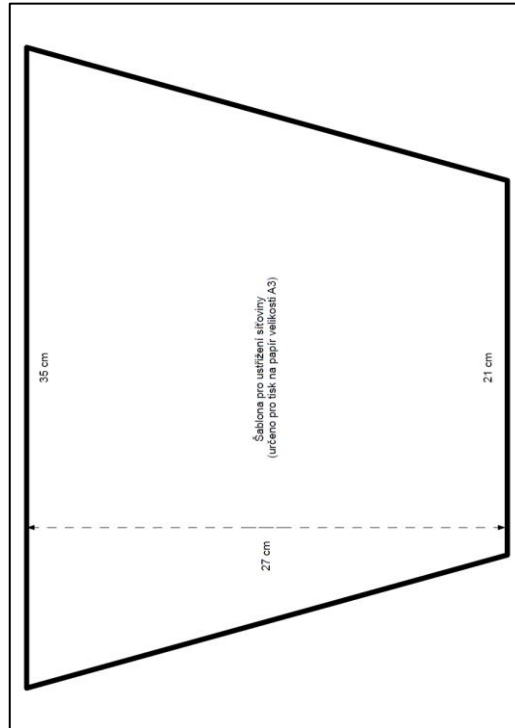
Dodávaný pracovní list je tvořen čtyřmi stranami (viz obrázek 25) a v bakalářské práci je zařazen jako příloha č. 5.



Obrázek 25: Náhled pracovního listu na výrobu sítě pro odchyt vodního hmyzu

## Šablona síťky

Jako příloha č. 6 je zařazena šablona pro vystřihnutí síťky. Šablona je určena pro tisk na papír o velikosti A3. Je ale doplněna o potřebné rozměry, tudíž ji lze v případě potřeby i narýsovat.



Obrázek 26: Náhled šablony pro vystřihnutí síťky

## Pracovní list pro práci v terénu

Pracovní list tvoří přílohu č. 7.

### Odchyt bruslačky na vodní ploše

**① Úkol**  
Podle návodu provedte odlov bruslačky z vodní plochy. V průběhu odchytu bruslaček vyfotografie několik fotografií, které přiložíte do protokolu k laboratornímu cvičení, které budete ve škole provádět. Konkrétně se jedná o fotografii vámi vyrobené síťky, fotky hejna bruslaček a fotografii bruslačky v sítky.

**② Pomůcky**  
— síťka na vodní hmyz — gumové jednorázové rukavice  
— větší nádoba s víkem — nůž

**③ Postup**

[1] Nejprve do připravené plastové nádoby nabereme z rybníka vodu.

[2] Nádobu uzavřeme víčkem a uvolíme do něj pomocí nože několik otvorů, kterými bude do nádoby proudit vzduch.

[3] Objevíme rybník a natápneme místo, kde se bruslačky shromažďují (většinou se vyskytují ve velkých hejnech).

[4] Pokusíme se zaměřit na jednoho jedince z houfu, při bližším ohledání si lze povšimnout, že bruslačka skutečně stojí na hladině, nejprve (kto skutečnost však není vždy dobře vidět, tento bod je proto spíše dobrovolný).

[5] Sítku uchopíme a naměříme ji přesně nad jednu z bruslaček.

[6] Rychlým pohybem bruslačku přiklopíme sítkou a opatrně ji posbíráme.

[7] Podíváme se do sítky, zda se nám odchyt povedl, v opačném případě postup opakuje.

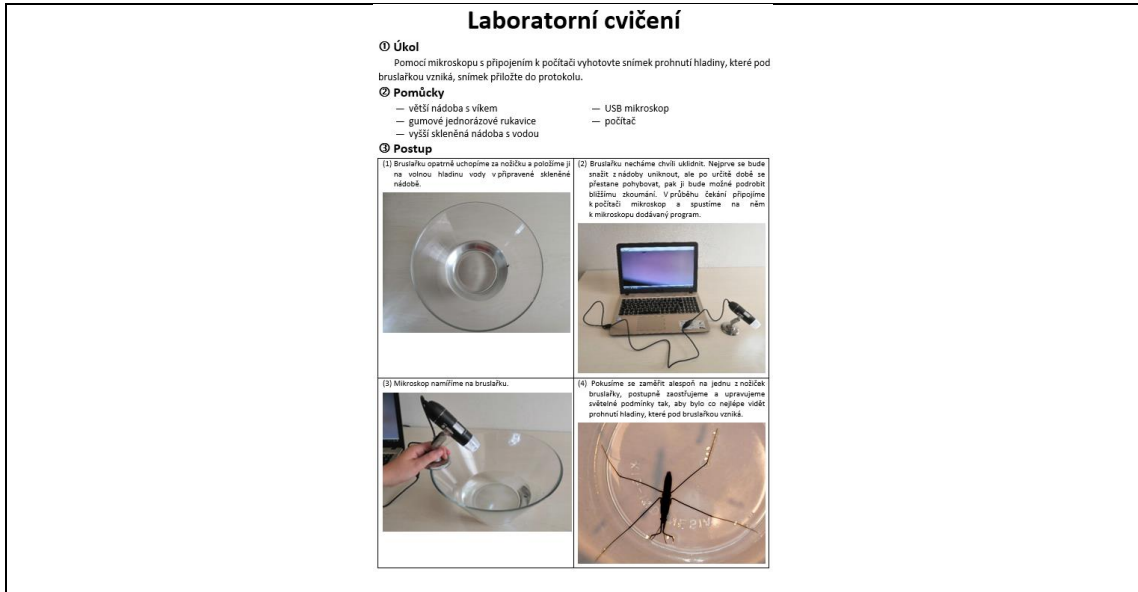
[8] Bruslačku velmi opatrně chytíme za jednu nožičku a vyndáme ji ze sítky.

[9] Vhodíme ji do nádoby, kterou přiložíme víčkem.

Obrázek 27: Náhled pracovního listu pro práci v terénu

# Pracovní list pro práci v laboratoři

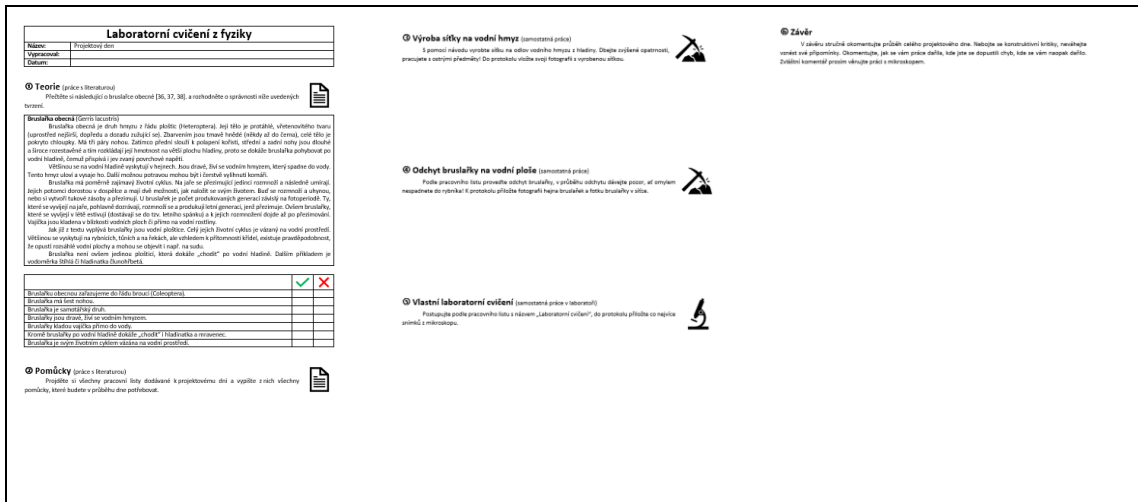
Pracovní list pro práci v laboratoři je pouze jednostránkový (viz obrázek 28) a v bakalářské práci je zařazen jako příloha č. 8.



Obrázek 28: Náhled pracovního listu pro práci v laboratoři

# Pracovní list k odevzdání ze strany žáků

Tento pracovní list (náhled viz obrázek 29) by měl žákům zůstat, aby jim pomáhal se orientovat v jednotlivých částech projektového dne, zároveň přímo do něj doplní získané fotografie. Pracovní list je označen jako příloha č. 9.



Obrázek 29: Náhled pracovního listu k odevzdání ze strany žáků



## 4.3 Demontrace povrchových vln

### Metodické pokyny k úloze

<b>Stupeň vzdělávání:</b>	střední škola
<b>Obtížnost:</b>	★★★☆☆
<b>Časová náročnost:</b>	🕒🕒🕒🕒🕒🕒 1/2 vyučovací hodiny
<b>Organizační forma výuky:</b>	frontální výuka
<b>Nezbytné materiální vybavení:</b>	2 fotografické misky o velikosti alespoň (50 x 40 x 7) cm, džbán s vodou, prostředek na mytí nádobí
<b>Materiály dodávané k úloze:</b>	návod na provedení demonstračního experimentu

Cílem úlohy je demonstrovat žákům vliv saponátu na povrchové vlny vody.

Nejprve je pomocí dvou fotografických misek demonstrován klasický průběh vlnění na rozbouřené hladině kapaliny, na kterém je možno pozorovat dva hydrodynamické jevy, tj. gravitační i kapilární vlny. Následně je celý experiment opakován, tentokrát je však do jedné z nádob přidán prostředek na mytí nádobí, díky jehož přítomnosti klesá povrchové napětí v kapalině, a proto můžeme pozorovat pouze vlny gravitační.

### Komentář k úloze

V této úloze byla zvolena nejpoužívanější forma výuky – frontální výuka. Konkrétně pak metoda názorně demonstrační (demonstrační experiment). Experiment však lze modifikovat do skupinové výuky s použitím metody laborování a učinit z něj náplň samostatného laboratorního cvičení. K takto upravené verzi však nejsou dodány potřebné materiály pro žáky, zároveň je nutno upravit časovou náročnost.

Před provedením vlastního experimentu je vhodné zařadit krátkou přednášku o povrchových vlnách. Pro přípravu této přednášky může posloužit studijní text dodávaný v rámci návodu na provedení experimentu, případně přímo použitá literatura, která je u připraveného textu řádně odcitována. Odcitovaná literatura je odborného charakteru, a proto se problematikou zabývá velmi podrobně, včetně jejího přesného popisu matematickými vztahy.

Za zmínku jistě stojí velikost fotografických misek. jejich velikost je ve své podstatě pouze doporučená, experiment lze provádět i s miskami o menších





## 4.4 Mince na hladině

### Metodické pokyny k úloze

<b>Stupeň vzdělávání:</b>	2. stupeň základní školy
<b>Obtížnost:</b>	★★★★☆
<b>Časová náročnost:</b>	🕒🕒🕒🕒🕒🕒 2 vyučovací hodiny
<b>Organizační forma výuky:</b>	samostatná práce
<b>Nezbytné materiální vybavení:</b>	digitální laboratorní váha, 50 mincí podle předlohy, odměrný válec s nejmenším dílkem alespoň 1 ml, voda, kalkulačka, rezná nit (slabý provázek), nůžky, pravítko, tužka, milimetrový papír, Petriho miska, pinzeta
<b>Materiály dodávané k úloze:</b>	pracovní list pro žáky, model mince pro tisk na 3D tiskárně

Cílem úlohy je zopakovat měření hustoty pevných látek pomocí odměrného válce a analytických vah a zároveň se seznámit s povrchovým napětím experimentální úlohou.

Žáci si nejprve připomenou určování objemu pevných látek, což budou potřebovat ke stanovení materiálu, ze kterého je mince vyrobena. Následuje pokus přímo zaměřený na povrchové napětí – žáci opatrně položí minci na hladinu a pozorují, jak se pod mincí hladina prohýbá. V další části laboratorního cvičení (tentokrát zaměřené na výpočty) stanoví pomocí experimentálně získaného obvodu mince maximální přípustnou hmotnost mince, která je položena na hladině.

V návodu jsou obsaženy i dvě rozšiřující otázky určeny pro zájemce o fyziku.

### Komentář k úloze

Organizační forma výuky do značné míry závisí na materiálním vybavení školy (např. množství odměrných válců). Zcela jednoznačně se jedná o dovednostně-praktickou metodu, konkrétně o experimentování. Na zvážení vyučujícího pak je, zda práce probíhá ve skupinách, nebo zda je práce zadávána jednotlivcům.

Přípravná fáze měření je pro vyučujícího poprvé náročná, neboť musí zajistit dostatečný počet mincí z 3D tiskárny, což jednoznačně představuje nemalé časové nasazení.

Je na zvážení vyučujícího, zda ostatní položky ze seznamu pomůcek zajistí sám, případně zda pověří žáky tím, aby si pomůcky donesli.



## Očekávaný výstup

Žáci by měli po skončení laboratorního cvičení vyučujícím odevzdat vyplněný pracovní list z přílohy č. 13. Vzorově vyplněný pracovní list tvoří přílohu č. 14, nicméně řešení závisí na druhu plastu, který vyučující použije k výrobě mincí.

The image shows a completed lab worksheet for the experiment "Mince na hladině" (Coins on a Level Surface). The worksheet is divided into several sections:

- Laboratorní cvičení z fyziky**: Title and student information.
- Fundamenty**: Basic physics concepts and formulas.
- Úložiště hmotnosti a materiálu použitých mincí**: Section for measuring the mass and material of the coins. It includes a table for recording data and a photograph of a coin being weighed.
- Úložiště rozměrů mincí**: Section for measuring the radius of the coins. It includes a diagram of a coin and a photograph of a coin being measured.
- Úložiště koeficientu tření**: Section for measuring the coefficient of friction. It includes a diagram of a coin on a surface and a photograph of a coin being pushed.
- Úložiště výsledků**: Final results and calculations. The calculated coefficient of friction is  $\mu = 0,45$  and  $\mu = 0,49$ .

Obrázek 34: Náhled řešení pracovního listu pro žáky k úloze „Mince na hladině“

## 4.5 Kapilární jevy

### Metodické pokyny k úloze

<b>Stupeň vzdělávání:</b>	střední škola
<b>Obtížnost:</b>	★ ★ ☆ ☆ ☆
<b>Časová náročnost:</b>	🕒🕒🕒🕒🕒🕒 2 vyučovací hodiny
<b>Organizační forma výuky:</b>	práce ve skupinách o 2 členech
<b>Nezbytné materiální vybavení:</b>	dvě mističky, míchátko (špejle, lžička...), potravinové barvivo (nejlépe červené), voda, kuchyňské papírové utěrky, skleněná nádoba, skleněná kapilára, pravítko, hypermangan, velká jehla, mikrometr, lepicí páska, barevná izolepa, kalkulačka, sklenička, nůž, stonek řapíkatého celeru s listy
<b>Materiály dodávané k úloze:</b>	pracovní list pro žáky

Cílem úlohy je experimentálně dokázat souvislost mezi povrchovým napětím a kapilárními jevy. Zároveň je kladen důraz na využití kapilárních jevů u rostlin.

Úloha sestává ze čtyř úkolů, které na sebe logicky navazují. V prvním úkolu žáci nejprve za pomoci jednoduchého experimentu pozorují kapilární elevaci obarvené vody papírovou utěrkou. V úkolu č. 2 je proveden experiment obdobný, tentokrát však kapalina stoupá skleněnou kapilárou o známých rozměrech, a proto jsou žáci na základě jednoduché úvahy schopni elevaci popsat matematicky. Ve třetím úkolu je vyřčena teze, že tohoto fyzikálního jevu využívají rostliny, a je na to zařazena jednoduchá fyzikální úloha. Teze je poté potvrzena ve čtvrtém úkolu, který je opět zaměřen experimentálně.

### Komentář k úloze

Organizační forma výuky není zcela závazná, jedná se pouze o ideální případ. V případě potřeby lze skupinky rozšířit, případně zadat úlohu jako samostatnou práci, nicméně se nejedná o ideální řešení. Využito je experimentování (dovednostně-praktická metoda).

Záleží na vyučujícím, jakou míru autonomie žáků ve shánění potřebných pomůcek zvolí. V zásadě se jedná o běžně dostupné položky. Výjimku činí hypermangan, který sice lze volně zakoupit, ale vzhledem k tomu, že každá dvojice potřebuje skutečně jenom zanedbatelné množství, doporučuji, aby tuto chemikálii zajistil vyučující pro celou skupinu. Totéž platí i pro řapíkatý celer. Je možné pověřit

zakoupením rostliny každou dvojicí, ale uvážíme-li, že budou potřebovat jen a pouze jeden stonek, je zbytečné, aby se v laboratoři sešlo několik celých rostlin, které posléze nebudou mít využití.

Čtvrtý úkol laboratorní úlohy je bohužel dlouhodobý. Jeho výsledky se ukáží až druhý den. Před zahájením laboratorního cvičení je proto vhodné, aby vyučující v laboratoři našel místo, kam bude možné skleničky s pokusem umístit do druhého dne. Následující den je nutné (byť jen třeba o přestávce) s žáky výsledky úkolu č. 4 vyhodnotit, v opačném případě by experiment postrádá smysl!

Pracovní list je opět sestaven tak, aby ho bylo možné vyplňovat bez použití počítače, vyplněné pracovní listy slouží jako výstup k odevzdání, vyučující by tedy do třídy měl přicházet s nakopírovanými listy.

### Pracovní list pro žáky k úloze „Kapilární jevy“

Pracovní list pro žáky sestává ze šesti stran a tvoří přílohu č. 15 bakalářské práce.

Laboratorní cvičení z fyziky	
Jméno: _____	Klasifikační známka: _____
Prezimek: _____	
Titulek: _____	

**Úkol č. 1**  
ZADÁNÍ ÚKOLU  
Pomocí přiložených pomůcek demonstrovat kapilární jevy.


KOMŮDKY  
čistá měchý, míchadlo (lžička, špítle...), porcelánová šálková, voda, kuchyňské papírové ubítko.

KROKUP  
1) Do jednoho z přiložených misek nalijeme vodu a v druhé pomalu míchadlem rozpustíme potravinářské barvivo.  
2) Jakou barvu papírové ubítko použijeme do vody a do barvené vody, když jsme do vody ponořili? (1) Papírové ubítko vzdušné.  
3) Jakou barvu papírové ubítko použijeme do vody a do barvené vody, když jsme do vody ponořili? (2) Fialová a červená barva prokážou jen.

VÝHODNOUČNÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR  
Úkol 1 je třeba demonstrovat kapilární jevy, které jsou příjmem důležitým. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ v tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_ měřít poslouží  
kapilární je voda, která \_\_\_\_\_ jedlu nádobu. Jeven papírové je kapilární  
\_\_\_\_\_ jedlu se propouští a kapilární, která \_\_\_\_\_ měří nádobu.

Vnější průměr kapiláry byl stanoven  $d =$  \_\_\_\_\_ m a kapilára v trubici vystupuje do výšky  
 $h =$  \_\_\_\_\_ m. Dosáhněte tyto hodnoty do obecného vzorce pro poměrné napětí, získáme  
hodnotu  $\sigma =$  \_\_\_\_\_ N m<sup>-1</sup>.  
Tato hodnota je \_\_\_\_\_ tabulkové hodnoty. Ověříme si, že je to přibližně  
stejná, že \_\_\_\_\_

**Úkol č. 3**  
ZADÁNÍ ÚKOLU  
Kapilární jevy vysvětlit pomocí rovnice Jurina. Na základě znalosti sílačkových a viskozitních sil vypočítat, jaký vliv má na výšku kapilárního stoupání viskozita kapaliny. V tomto případě se jedná o vliv viskozity kapaliny na výšku kapilárního stoupání. Pro vypočítání viskozity kapaliny použijeme rovnici Jurina, která je uvedena níže.

NÁZEV  


VÝŠKA ZÁVĚR  
Z předchozího úkolu je pro poměrné napětí obdrželi vzorec:  
 $\sigma =$  \_\_\_\_\_  
Když známe výškovou hodnotu  $h$ , získáme  
 $\sigma =$  \_\_\_\_\_  
Pro dosazení konkrétních hodnot (přijíme, že vnější průměr kapiláry musí být menší než  
 $d =$  \_\_\_\_\_  
Z obrázku je zřejmé, že výška stoupání, která nám v úkolu č. 2 byla určena, výškově odpovídá síle stoupání ve stonku rostliny na  
stejnou, nebo by měla být, že při kapilárním stoupání nastává na stonku, papír je kapilára rovná. Je to důležitým totem,  
že hydrostatický tlak uvnitř kapiláry nastává \_\_\_\_\_  
je ve fyzice říká \_\_\_\_\_

**Úkol č. 2**  
ZADÁNÍ ÚKOLU  
Pomocí přiložených pomůcek demonstrovat kapilární jevy v kapilárních trubkách, kapilární stoupání  
pomocí dvou přiložených pomůcek.


KOMŮDKY  
skleněná nádobka, voda, skleněná kapilára, provázek, hřebíček, míchadlo, světlá jehla, mikroskop, papír,  
papír, barvicí látky.

KROKUP  
1) Do nádobky s vodou ponoříme kapilární trubku a pozorujeme stoupání vody.  
2) Jakou barvu kapilární trubky použijeme do vody a do barvené vody, když jsme do vody ponořili? (1) Kapilární trubka vzdušná.  
3) Jakou barvu kapilární trubky použijeme do vody a do barvené vody, když jsme do vody ponořili? (2) Fialová a červená barva prokážou jen.

VÝHODNOUČNÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR  
Úkol 2 je třeba demonstrovat kapilární jevy, které jsou příjmem důležitým. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ v tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_ měřít poslouží  
kapilární je voda, která \_\_\_\_\_ jedlu nádobu. Jeven papírové je kapilární  
\_\_\_\_\_ jedlu se propouští a kapilární, která \_\_\_\_\_ měří nádobu.

Vnější průměr kapiláry byl stanoven  $d =$  \_\_\_\_\_ m a kapilára v trubici vystupuje do výšky  
 $h =$  \_\_\_\_\_ m. Dosáhněte tyto hodnoty do obecného vzorce pro poměrné napětí, získáme  
hodnotu  $\sigma =$  \_\_\_\_\_ N m<sup>-1</sup>.  
Tato hodnota je \_\_\_\_\_ tabulkové hodnoty. Ověříme si, že je to přibližně  
stejná, že \_\_\_\_\_

**Úkol č. 4**  
ZADÁNÍ ÚKOLU  
V přiloženém úkolu byly vyfotografovány, že jsou zastaveny příjmy vody pomocí kapilárního systému, že voda  
vstoupila do stonku rostliny. Na základě znalosti sílačkových a viskozitních sil vypočítat, jaký vliv má na výšku kapilárního stoupání viskozita kapaliny. V tomto případě se jedná o vliv viskozity kapaliny na výšku kapilárního stoupání. Pro vypočítání viskozity kapaliny použijeme rovnici Jurina, která je uvedena níže.

NÁZEV  


VÝŠKA ZÁVĚR  
Z předchozího úkolu je pro poměrné napětí obdrželi vzorec:  
 $\sigma =$  \_\_\_\_\_  
Když známe výškovou hodnotu  $h$ , získáme  
 $\sigma =$  \_\_\_\_\_  
Pro dosazení konkrétních hodnot (přijíme, že vnější průměr kapiláry musí být menší než  
 $d =$  \_\_\_\_\_  
Z obrázku je zřejmé, že výška stoupání, která nám v úkolu č. 2 byla určena, výškově odpovídá síle stoupání ve stonku rostliny na  
stejnou, nebo by měla být, že při kapilárním stoupání nastává na stonku, papír je kapilára rovná. Je to důležitým totem,  
že hydrostatický tlak uvnitř kapiláry nastává \_\_\_\_\_  
je ve fyzice říká \_\_\_\_\_

**Výhodnoúčnání měření a závěr**  
Úkol 1 je třeba demonstrovat kapilární jevy, které jsou příjmem důležitým. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ v tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_ měřít poslouží  
kapilární je voda, která \_\_\_\_\_ jedlu nádobu. Jeven papírové je kapilární  
\_\_\_\_\_ jedlu se propouští a kapilární, která \_\_\_\_\_ měří nádobu.

Vnější průměr kapiláry byl stanoven  $d =$  \_\_\_\_\_ m a kapilára v trubici vystupuje do výšky  
 $h =$  \_\_\_\_\_ m. Dosáhněte tyto hodnoty do obecného vzorce pro poměrné napětí, získáme  
hodnotu  $\sigma =$  \_\_\_\_\_ N m<sup>-1</sup>.  
Tato hodnota je \_\_\_\_\_ tabulkové hodnoty. Ověříme si, že je to přibližně  
stejná, že \_\_\_\_\_

**Výhodnoúčnání měření a závěr**  
Úkol 2 je třeba demonstrovat kapilární jevy, které jsou příjmem důležitým. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ v tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_ měřít poslouží  
kapilární je voda, která \_\_\_\_\_ jedlu nádobu. Jeven papírové je kapilární  
\_\_\_\_\_ jedlu se propouští a kapilární, která \_\_\_\_\_ měří nádobu.

Vnější průměr kapiláry byl stanoven  $d =$  \_\_\_\_\_ m a kapilára v trubici vystupuje do výšky  
 $h =$  \_\_\_\_\_ m. Dosáhněte tyto hodnoty do obecného vzorce pro poměrné napětí, získáme  
hodnotu  $\sigma =$  \_\_\_\_\_ N m<sup>-1</sup>.  
Tato hodnota je \_\_\_\_\_ tabulkové hodnoty. Ověříme si, že je to přibližně  
stejná, že \_\_\_\_\_

**Výhodnoúčnání měření a závěr**  
Úkol 3 je třeba demonstrovat kapilární jevy, které jsou příjmem důležitým. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ v tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_ měřít poslouží  
kapilární je voda, která \_\_\_\_\_ jedlu nádobu. Jeven papírové je kapilární  
\_\_\_\_\_ jedlu se propouští a kapilární, která \_\_\_\_\_ měří nádobu.

Vnější průměr kapiláry byl stanoven  $d =$  \_\_\_\_\_ m a kapilára v trubici vystupuje do výšky  
 $h =$  \_\_\_\_\_ m. Dosáhněte tyto hodnoty do obecného vzorce pro poměrné napětí, získáme  
hodnotu  $\sigma =$  \_\_\_\_\_ N m<sup>-1</sup>.  
Tato hodnota je \_\_\_\_\_ tabulkové hodnoty. Ověříme si, že je to přibližně  
stejná, že \_\_\_\_\_

**Výhodnoúčnání měření a závěr**  
Úkol 4 je třeba demonstrovat kapilární jevy, které jsou příjmem důležitým. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ v tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_ měřít poslouží  
kapilární je voda, která \_\_\_\_\_ jedlu nádobu. Jeven papírové je kapilární  
\_\_\_\_\_ jedlu se propouští a kapilární, která \_\_\_\_\_ měří nádobu.

Vnější průměr kapiláry byl stanoven  $d =$  \_\_\_\_\_ m a kapilára v trubici vystupuje do výšky  
 $h =$  \_\_\_\_\_ m. Dosáhněte tyto hodnoty do obecného vzorce pro poměrné napětí, získáme  
hodnotu  $\sigma =$  \_\_\_\_\_ N m<sup>-1</sup>.  
Tato hodnota je \_\_\_\_\_ tabulkové hodnoty. Ověříme si, že je to přibližně  
stejná, že \_\_\_\_\_

Obrázek 35: Náhled pracovního listu pro žáky k úloze „Kapilární jevy“



## 4.6 Demonstrace závislosti kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny

### Metodické pokyny k úloze

<b>Stupeň vzdělávání:</b>	střední škola
<b>Obtížnost:</b>	★★☆☆☆
<b>Časová náročnost:</b>	🕒🕒🕒🕒🕒🕒 1/2 vyučovací hodiny
<b>Organizační forma výuky:</b>	frontální výuka
<b>Nezbytné materiální vybavení:</b>	souprava pro demonstraci, miska s vodou, tekuté mýdlo
<b>Materiály dodávané k úloze:</b>	návod na provedení demonstračního experimentu, 3D model soupravy pro demonstraci

Cílem úlohy je demonstrovat žákům závislost kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny

Pomocí trojcestného ventilu jsou nafouknuty dvě různě velké mýdlové bubliny, následně jsou tímto ventilem propojeny. Takto můžeme pozorovat zmiňovanou závislost.

### Komentář k úloze

Forma i metoda výuky je totožná jako při demonstraci povrchových vln, tj. frontální forma výuky, konkrétně pak metoda názorně demonstrační (demonstrační experiment). Opět by bylo možné formu i metodu výuky po nezbytných zásazích změnit, problém by však mohl nastat u nedostatečného materiálního vybavení (nedostatek souprav). Dalším problémem by mohla být hygienická stránka věci – experiment je vystaven tak, že člověk, který pokus provádí, musí foukat do jednoho z ramen trojcestného ventilu, čímž dochází k přenášení kapének.

Provedení experimentu je vhodné zařadit až po výkladu tématu kapilárního tlaku, přičemž žáci by měli být schopni nastalý děj interpretovat. Zároveň je možné experiment demonstrovat ještě před zahájením této kapitoly, přičemž z pozorovaného jevu žáci vyvodí obecnější závěr, tj. to, že tlak uvnitř bubliny (kapilární tlak pod zakřivenou hladinou) závisí na jejím poloměru nepřímo úměrně. Jinak řečeno – úloha může posloužit též jako problémový experiment.



Soupravu pro demonstraci je možné zajistit v zásadě dvojím způsobem. Buď škola vlastní skleněnou soupravu, nebo může vyučující soupravu vytisknout z přiloženého 3D modelu (model obsahuje všechny nezbytné části soupravy, které je ale nezbytné do konečné podoby slepit).

### Návod na provedení demonstračního experimentu „Demonstrace závislosti kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny“


Třístránkový návod tvoří přílohu č. 17. Pomocí obrázků je vyučující krok po kroku veden celým experimentem.

#### Demonstrace závislosti kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny

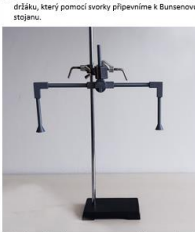
**① Pomůcky**  
 Bunsenův stojan se svorkou a univerzálním držákem  
 souprava pro demonstraci  
 miska s vodou  
 tekuté mýdlo (prostředek na mytí nádobí)

**② Postup**

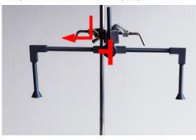
[1] Připravíme mýdlový roztok.




[2] Soupravu pro demonstraci upevníme do univerzálního držáku, který pomocí svorky připevníme k Bunsenovu stojanu.




[3] Trojcestný kohout natočíme tak, abychom foukali jen a pouze do levého ramena soupravy.




[4] Levý rozšířený konec soupravy namočíme do mýdlové vody.




[5] Vyfoukneme bublinu o velkém poloměru  $r_1$ .




[6] Kohout otočíme tak, abychom mohli foukat jenom do pravého ramena soupravy.




[7] Do mýdlové vody namočíme pravý rozšířený konec.




[8] Vyfoukneme bublinu o menším poloměru  $r_2$  (platí  $r_2 < r_1$ ).




[9] Kohout otočíme tak, abychom spojili obě bubliny a rameno, kterým jsme nafukovali bubliny, bylo uzavřeno.



[10] Pozorujeme, jak bublina o větší poloměru roste a menší bublina se postupně zmenšuje.



[11] Děláme pozor, dokud není z bublin úplně nezastíněná.



Obrázek 37: Náhled návodu na provedení demonstračního experimentu „Demonstrace závislosti kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny“

## Model soupravy pro demonstraci určený pro tisk na 3D tiskárně

Model je ve formátu .stl součástí bakalářské práce jako příloha č. 18.



Obrázek 38: Náhled 3D modelu soupravy pro demonstraci

### Očekávaný výstup

Tato úloha nemá ze strany žáků žádný očekávaný výstup, který by měl být vyučujícímu odevzdán, neboť se jedná o demonstrační experiment. Na druhou lze v tomto případě považovat za očekávaný výstup pochopení daného jevu, které může vyučující dle svého uvážení ověřovat.

## 4.7 Soubor motivačních aktivit

### Metodické pokyny k úloze

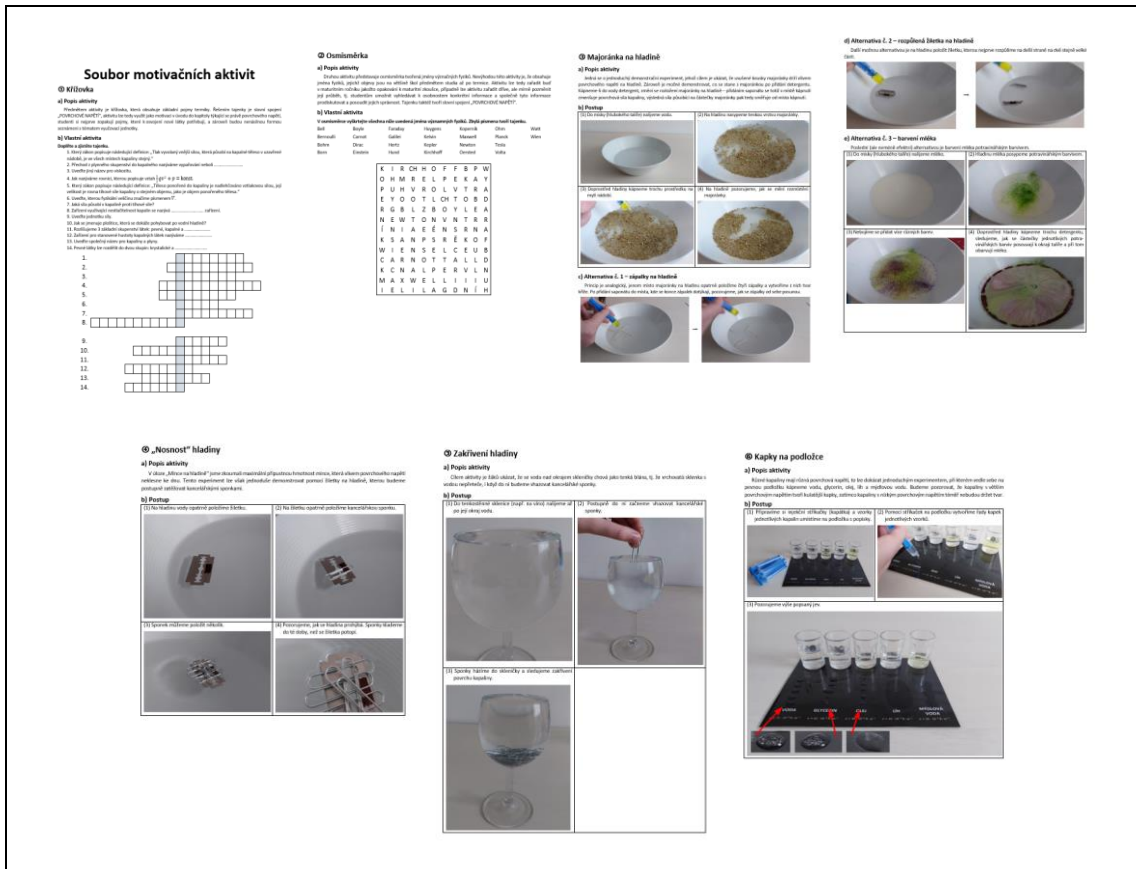
<b>Stupeň vzdělávání:</b>	základní + střední škola
<b>Obtížnost:</b>	velmi individuální (viz „Komentář k úloze“)
<b>Časová náročnost:</b>	
<b>Organizační forma výuky:</b>	
<b>Nezbytné materiální vybavení:</b>	miska (hluboký talíř), voda, sušená majoránka (koření), injekční stříkačky (kapátka), mýdlo (prostředek na mytí nádobí), zápalky, žiletka, mléko, potravinářské barvivo, kancelářské sponky, tenkostěnná sklenička, pět stejných malých nádob, glycerin, olej, líh
<b>Materiály dodávané k úloze:</b>	textová opora pro učitele, podložka pro demonstraci tvaru kapek různých kapalin

Tato úloha je oproti předchozím úlohám specifická – představuje totiž jakýsi soubor několika dalších aktivit, které lze do výuky tématu Povrchové napětí zařadit. Zároveň jsou všechny tyto úlohy koncipovány tak, aby vyžadovaly minimální materiální vybavení. Jedná se tedy o „nízkonákladové aktivity“, které lze realizovat v jakýchkoli podmínkách a které představují jakýsi protiklad k předchozím na zajištění ze strany učitele poměrně náročným aktivitám.

Obtížnost, časová náročnost a organizační forma výuky nejsou uvedeny úmyslně – cílem této úlohy totiž není dát učiteli konkrétní propracovanou aktivitu, nýbrž mu poskytnout inspirativní náměty, které může posléze sám dopracovat. Nicméně u každé aktivity v souboru je uveden krátký komentář, který by měl učitelé ve vytváření alespoň základní představy, jak lze aktivitu do hodiny zařadit, pomoci.

# Textová opora pro učitele k úloze „Soubor motivačních aktivit“

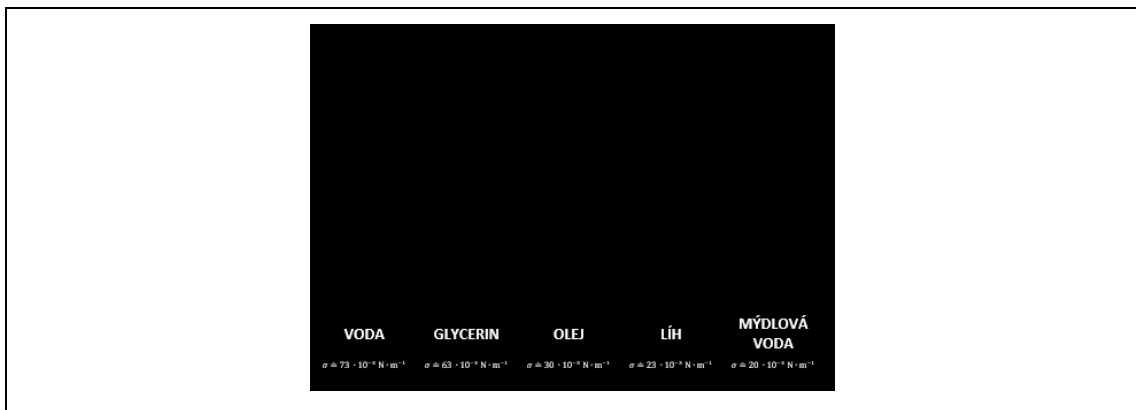
Textová opora je tvořena celkem sedmi stranami a tvoří přílohu č. 19.



Obrázek 39: Náhled textové opory pro učitele k úloze „Soubor motivačních aktivit“

## Podložka pro demonstraci tvaru kapek různých kapalin

Podložka představuje přílohu č. 20 bakalářské práce, je určena pro tisk na velikost papíru A5 a pro následné laminování.



Obrázek 40: Náhled podložky pro demonstraci tvaru kapek různých kapalin

## Očekávaný výstup

Není explicitně definováno, co by mělo být výstupem ze strany žáků, drtivou většinu aktivit lze zařadit jako demonstrační experimenty. Pouze u prvních dvou aktivit je předpoklad, že se na jejich vypracování budou podílet žáci, přílohu č. 21 tedy tvoří řešení aktivit ① a ②.

### Soubor motivačních aktivit

**① Křížovka**

**a) Popis aktivity**

Prvním aktivitu je křížovka, která obsahuje základní pojmy termíny. Řešením tapetky je slovní spojený „POVRCHOVÉ NÁSTĚTY“, aktivita lze tedy využít jako motivaci v souvislosti s kapalinou (žáci se při práci severtchového napětí, studenci si nejprve osvojují pojmy, které k souvislosti s touto látkou patří, a zároveň budou ověřovat formu vzájemnosti a vztahem vypočítají jednotky).

**b) Vlastní aktivity**

**Doplnění a otázka tapetky.**

1. Který sítko popisuje nálezkující deficiční „Tak vypočítá vnitřní sílu, která působí na kapalnou hmotu v uzavřené nádobě, je to síla vzhledem k kapalině“?
2. Příklad z přímého skupení do kapalného rozpouštědla vypařování nebo? .....
3. Uveďte příklad pro vzhled.
4. Jak nazýváme rovnici, kterou popisuje vztah  $\frac{1}{p} + p = \text{konst.}$
5. Který sítko popisuje nálezkující deficiční „Tímto zohledně do kapalin je raději kladeno vertikální sílu, její velikost je menší než síla kapalin v nádobě, jako je objem povrchového tlaku“?
6. Uveďte, která fyzikální veličina značí písmenem  $\Gamma$ .
7. Jaká síla působí v kapalině proti tíhové síle?
8. Zařazení vzhledující rovnice (číslo) kapalin se nazývá ..... zařazení.
9. Uveďte jednotku síly.
10. Jak se nazývá síla, která se dokáže pohybovat po vodní hladině?
11. Rozlišujeme 3 základní skupení látek: pevná, kapalná a .....
12. Zařazení pro označení hustoty kapaliných látek značíme .....
13. Uveďte společný název pro kapalnou a plynnou.
14. Pevná látka lze rozdělit do dvou skupin: krystalická a .....

1. P A S C A L I Ů V

2. K O N D E N Z A C E

3. V A Z K O S T

4. B E R N O U L L I H O

5. A R C H I M E D Ů V

6. D Ů T Ě M

7. Z T L A K O V A

8. H Y D R A U L I C K É

9. R E W T O N

10. B R Ů S L A R K A

11. P L V N N Z

12. H U S T O T Ě S

13. T Ě K U T I N Y

14. A M O R F N Í

**② Osmisměrka**

**a) Popis aktivity**

Druhou aktivitu přebírá osmisměrka tvořená jedním významným fyzik. Nevhodou této aktivity je, že obsahuje jenou fyziku, jejíž odpověď jsou na otázku (bez zohlednění studia) až po termínu. Aktivita lze tedy zařadit buď v matematické nebo jako spojení k matematickému, případně lze aktivitu zařadit dříve, ale minimálně po první příloze. ②. Učebnicem směrky vyhledat k označením konkrétní informace a společně tyto informace prodiskutovat a posoudit jejich správnost. Tapetku také tvoří slovní spojený „POVRCHOVÉ NÁSTĚTY“.

**b) Vlastní aktivity**

V osmisměrce vyhledáte vložku nále z označených významných fyzik. Změň písmena tvoří tapetku.

Bot	Boyle	Ferday	Huggins	Curie	Chen	Witt
Bernoulli	Canot	Galilei	Kelvin	Maxwell	Planck	Wien
Boltz	Dirac	Hertz	Kelvin	Newton	Taylor	
Bore	Einstein	Hund	Heisler	Ohm	Volta	

Obrázek 41: Řešení vybraných aktivit z úlohy „Soubor motivačních aktivit“

53

## Závěr

Teoretická část obsahuje hned 3 kapitoly. Celá první kapitola je věnována kapalinám, kromě základních vlastností kapalin, jsou zde shrnuty některé zákonitosti probíhající u kapalin, jako je např. Archimédův a Pascalův zákon či proudění kapalin. Druhá kapitola se zabývá povrchovým napětím, v první řadě je zde popsáno hned několik příkladů, kde je tohoto jevu využíváno, a to jak v domácnostech (při praní, při mytí nádobí apod.), tak i v přírodě, kdy na rybníku můžeme spatřit bruslařku. Součástí je vysvětlení povrchového napětí z fyzikálního hlediska, jak jej definujeme a jak vzniká. Stěžejní je podkapitola s názvem „Povrchově aktivní látky a jejich negativa“, která popisuje, jak je nadměrné používání těchto látek nebezpečné pro životní prostředí. Závěr této kapitoly je věnován kapilárním jevům, které jsou důsledkem povrchového napětí. V poslední kapitole teoretické části je popsána integrovaná výuka, jaké jsou její formy a v jaké podobě se s ní setkáváme v našich školách. Součástí je i podkapitola s názvem „Povrchové napětí v učebnicích“, ve které se čtenář stručně seznámí, do jaké míry je toto téma zahrnuto v některých učebnicích pro základní a střední školy.

Hlavním přínosem této bakalářské práce je praktická část. Ta obsahuje celkem 7 námětů na úlohy, více či méně spojené s integrovanou výukou, které se týkají povrchového napětí. Snažila jsem se o pestrost a nápaditost daných úloh. Některé jsou koncipovány tak, že hlavními aktéry jsou žáci, jiné jsou demonstrační, které mají být učitelům nápomocny při vysvětlování dané problematiky. Součástí každého námětu jsou metodické pokyny k úloze, materiály dodávané k úloze (např. pracovní list, video, šablony, 3D model apod.) a očekávaný výstup (tedy jakési vzorové řešení). Veškeré fotografie použité v praktické části bakalářské práce jsou mé vlastní. Součástí této bakalářské práce je i CD, na kterém čtenář najde 3D modely pomůcek či video, které jsou použity v některých úlohách.

Bohužel jsem zatím neměla možnost jednotlivé náměty vyzkoušet ve své pedagogické praxi, ale ráda bych je někdy v budoucnu ráda odzkoušela.

## Seznam použité literatury

- [1] NOSKIEVIČ, Jaromír a kol. *Mechanika tekutin*. Praha: SNTL, 1987.
- [2] VYBÍRAL, Bohumil. *Mechanika ideálních kapalin: Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku* [online]. Hradec Králové: MAFY, 2003 [cit. 2020-07-26]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/kapaliny.pdf>
- [1] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 6., upravené a doplněné vydání. Praha: Prometheus, 2019. ISBN 978-80-7196-475-9.
- [4] CHASÁK, Jan a Tereza ŠLITROVÁ. *Fyzika bez nervů: přehled středoškolské fyziky*. [Rychnov nad Kněžnou]: vydali vlastním nákladem autoři, 2017. ISBN 978-80-270-2401-8.
- [5] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, DUB, Petr, ed. *Fyzika*. 2., přeprac. vyd. Přeložil Miroslav ČERNÝ. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4123-1.
- [6] HORÁK, Zdeněk a František KRUPKA. *Fyzika: Příručka pro vysoké školy technického směru*. Praha: SNTL, 1976.
- [7] NAVRÁTIL. *Fyzikální základy vědy o materiálu* [online]. Nitra: Constantine the Philosopher University in Nitra, Faculty of Natural Sciences, 2008 [cit. 2020-08-29]. ISBN 978-80-8094-355-4. Dostupné z: [http://ped.muny.cz/data/AJ2BP\\_GRAA/PL\\_SkriptaNavratilovaCast.pdf](http://ped.muny.cz/data/AJ2BP_GRAA/PL_SkriptaNavratilovaCast.pdf)
- [8] TYC, Tomáš. *Zajímavá fyziky: Povrchové napětí* [online]. Brno, 2013 [cit. 2020-08-12]. Dostupné z: [https://www.physics.muni.cz/~tomtyc/zajfyz/povrch\\_nap\\_text.pdf](https://www.physics.muni.cz/~tomtyc/zajfyz/povrch_nap_text.pdf)
- [9] MECHLOVÁ, Erika. *Molekulová fyzika 1* [online]. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2004 [cit. 2020-08-14]. ISBN 80-7041-989-5. Dostupné z: <http://artemis.osu.cz/molfs/MOLFS1.pdf>
- [10] JANOUŠKOVÁ, Monika. *Fyzikální jevy a metody v biologii* [online]. Brno, 2012 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/n2ffxg/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce prof. RNDr. Vladislav Navrátil, CSc.
- [11] ŠARBORT, Martin. *Studium povrchového napětí* [online]. Brno, 2007 [cit. 2020-08-19]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/6yorww/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce prof. Mgr. Tomáš Tyc, Ph.D.
- [12] JANDORA, Jan, Miloš STARÝ a Vlastimil STARA. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-214-2204-1.

- [13] *Surface Active Agents (surfactants)*. Prospector [online]. USA: Prospector, 2015 [cit. 2020-08-20]. Dostupné z: <https://knowledge.ulprospector.com/3106/pc-surface-active-agents-surfactants/>
- [14] RUNDTOVÁ, Kateřina. *Studium vodných roztoků povrchově aktivních látek* [online]. Olomouc, 2018 [cit. 2020-08-20]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/vrevkc/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Kvítek, CSc.
- [15] RAKOUŠOVÁ, Alena. *Integrace obsahu vyučování: [integrované slovní úlohy napříč předměty]*. Praha: Grada, 2008. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-2529-1.
- [16] KUŽELOVÁ, Pavlína. *Metodické materiály pro přírodovědné vzdělávání na 2. stupni ZŠ* [online]. Hradec Králové, 2020 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/i8otol/>. Diplomová práce. Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Michaela Křížová, Ph.D.
- [17] KMOŠKOVÁ, Ingrid. *Integrovaná tematická výuka na 1. stupni ZŠ* [online]. Brno, 2014 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/g61tfi/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce PhDr. Hana Filová, Ph.D.
- [18] HESOVÁ, Alena. *Integrace ve výuce. Metodický portál: Články* [online]. 27. 05. 2011, [cit. 2021-01-25]. Dostupný z WWW: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/GUC/12039/INTEGRACE-VE-VYUCE.html>. ISSN 1802-4785.
- [19] RANDA, Miroslav, Václav HAVEL, Jiří KOHOUT, Václav KOHOUT, Pavel KRATOCHVÍL, Pavel MASOPUST, Jitka PROKŠOVÁ a Karel RAUNER. *Fyzika 7: pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2018. ISBN 978-80-7489-345-2.
- [20] MACHÁČEK, Martin. *Fyzika pro 6 ročník základní školy*. Praha: Prometheus, 1995. ISBN 80-85849-65-8.
- [21] LUSTIGOVÁ, Zdena. *Fyzika pro 6. a 7. ročník základních škol a nižší ročníky víceletých gymnázií*. Praha: Fortuna, 1998. ISBN 80-7168-515-7.
- [22] JÁCHIM, František a Jiří TESAŘ. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 1999. ISBN 80-7235-116-8.
- [23] TESAŘ, Jiří a František JÁCHIM. *Fyzika 3 pro základní školu: světelné jevy, mechanické vlastnosti látek*. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2009. ISBN 978-80-7235-414-6.
- [24] BOHUNĚK, Jiří a Růžena KOLÁŘOVÁ. *Fyzika pro 7. ročník základní školy: [učebnice pro základní školy připravená ve spolupráci s Jednotou českých matematiků a fyziků]*. Praha: Prometheus, 1998. Učebnice pro základní školy. ISBN 80-7196-119-1.
- [25] HOLUBOVÁ, Renata a Lukáš RICHTEREK. *Fyzika III*. Olomouc: Prodos, c2014. ISBN 978-80-7230-290-1.



- [26] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro střední školy*. 2. vyd. Praha: Prometheus, 1994. Učebnice pro střední školy (Prometheus). ISBN 80-85849-05-4.
- [27] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro střední školy*. 4. vydání. Praha: Prometheus, 2004. ISBN 80-7196-184-1.
- [28] SVOBODA, Emanuel a Karel BARTUŠKA. *Fyzika pro gymnázia*. 6., přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2016. ISBN 978-80-7196-461-2.
- [29] PEŠKOVÁ, Eva a Hana KROPÁČOVÁ. *Fyzika: univerzální příručka pro maturanty a uchazeče o studium na vysokých školách*. Praha: Orfeus, 1992. ISBN 80-85522-20-9.
- [30] TARÁBEK, Pavol a Petra ČERVINKOVÁ. *Odmaturuj! z fyziky*. Brno: Didaktis, c2004. Odmaturuj! ISBN 80-86285-39-1.
- [31] LANK, Vladimír a Miroslav VONDRA. *Fyzika v kostce: pro střední školy*. Praha: Fragment, 2007. Maturita v kostce. ISBN 978-80-253-0228-6.
- [32] SVOBODA, Emanuel a Karel BARTUŠKA. *Fyzika pro gymnázia*. 6., přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2016. ISBN 978-80-7196-461-2.
- [33] MCGAVIN, George. *Hmyz: pavoukovci a jiní suchozemští členovci*. Přeložil Helena KHOLOVÁ. V Praze: Knižní klub, 2005. Příroda v kostce. ISBN 80-242-1340-0.
- [34] JAVOREK, Vladimír. *Kapesní atlas ploštic a křísů*. Praha: SPN, 1978.
- [35] DITRICH, Tomáš a Miroslav PAPÁČEK. Obyčejná i neobyčejná hladinatka. *Živa* [online]. 2008, **2008**(5), 218-219 [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/obycejna-i-neobycejna-hladinatka.pdf>
- [36] PĚČKOVÁ, Karolína. *Vlny na vodní hladině* [online]. Brno, 2017 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/y6qr0s/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce prof. Mgr. Tomáš Tyc, Ph.D.
- [37] Disperzní zákony. *Fyzikální principy tvorby nanovláken* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019, s. 13 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: [https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/5381/mod\\_resource/content/0/II\\_Disperzn%C3%AD%20z%C3%A1kony%207\\_6\\_2015.pdf](https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/5381/mod_resource/content/0/II_Disperzn%C3%AD%20z%C3%A1kony%207_6_2015.pdf)
- [38] Proudění stojatých vod. ŠVEHLÁKOVÁ, Hana, Jana NOVÁKOVÁ a Iva MELČÁKOVÁ. *Ekologické aspekty technické hydrobiologie* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2006, s. 1 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky\\_system/proudeni.htm](http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky_system/proudeni.htm)

## Seznam zdrojů obrázků

- [1] CHASÁK, Jan a Tereza ŠLITROVÁ. *Fyzika bez nervů: přehled středoškolské fyziky*. [Rychnov nad Kněžnou]: vydali vlastním nákladem autoři, 2017. ISBN 978-80-270-2401-8.
- [2] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 6., upravené a doplněné vydání. Praha: Prometheus, 2019. ISBN 978-80-7196-475-9.
- [3] STUPKOVÁ, Iva. Archimedův zákon. ZŠ a ZUŠ Strání [online]. Strání [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: [http://www.zsstrani.cz/dum/Digitalni%20Ucebni%20Materialy/2\\_stupen/Fyzika/6.%20-207.%20rocnik/Archimeduv%20zakon/Archimeduv\\_zakon.pdf](http://www.zsstrani.cz/dum/Digitalni%20Ucebni%20Materialy/2_stupen/Fyzika/6.%20-207.%20rocnik/Archimeduv%20zakon/Archimeduv_zakon.pdf)
- [4] VYBÍRAL, Bohumil. *Mechanika ideálních kapalin: Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku* [online]. Hradec Králové: MAFY, 2003 [cit. 2020-07-26]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/kapaliny.pdf>
- [5] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1991. Kostka (Státní pedagogické nakladatelství). ISBN 80-04-22435-0.
- [6] MECHLOVÁ, Erika. *Molekulová fyzika 1* [online]. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2004 [cit. 2020-08-14]. ISBN 80-7041-989-5. Dostupné z: <http://artemis.osu.cz/molfs/MOLFS1.pdf>
- [7] HORÁK, Zdeněk a František KRUPKA. *Fyzika: Příručka pro vysoké školy technického směru*. Praha: SNTL, 1976.

## Přílohy

Níže je uveden seznam příloh, které jsou k bakalářské práci přiloženy. Příloha je svázána přímo do práce, ale zároveň je k bakalářské práci přiloženo CD, kde lze materiály nalézt v elektronické podobě přímo k potřebám vytištění.

Veškeré obrázky v příloze jsou vlastní prací autorky nebo pocházejí z balíčku ikon kancelářského balíku MS Office. Z důvodu přehlednosti pro žáky jim nenáleží pořadové číslo a popisek.

Pokud se v příloze nachází číselná citace, odkazuje se na seznam literatury uvedený na konci bakalářské práce.

Příloha č. 1: Pracovní list k úloze „Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier“

Příloha č. 2: Studijní text k úloze „Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier“

Příloha č. 3: Video k úloze „Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier“

Příloha č. 4: Vzorově vypracovaný pracovní list k úloze „Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier“

Příloha č. 5: Pracovní list na výrobu sítky pro odchyt vodního hmyzu

Příloha č. 6: Šablona pro vystřihnutí sítky

Příloha č. 7: Pracovní list pro práci v terénu

Příloha č. 8: Pracovní list pro práci v laboratoři

Příloha č. 9: Pracovní list k odevzdání ze strany žáků

Příloha č. 10: Vzorově vypracovaný pracovní list k odevzdání ze strany žáků k úloze „Projektový den“

Příloha č. 11: Návod na provedení demonstračního experimentu „Demonstrace povrchových vln“

Příloha č. 12: 3D model mince

Příloha č. 13: Pracovní list pro žáky k úloze „Mince na hladině“

Příloha č. 14: Vzorově vypracovaný pracovní list pro žáky k úloze „Mince na hladině“

Příloha č. 15: Pracovní list pro žáky k úloze „Kapilární jevy“

Příloha č. 16: Vzorově vypracovaný pracovní list pro žáky k úloze „Kapilární jevy“

Příloha č. 17: Návod na provedení demonstračního experimentu „Demonstrace závislosti kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny“

Příloha č. 18: 3D model soupravy pro demonstraci

Příloha č. 19: Textová opora pro učitele k úloze „Soubor motivačních aktivit“

Příloha č. 20: Podložka pro demonstraci tvaru kapek různých kapalin

Příloha č. 21: Řešení vybraných aktivit z úlohy „Soubor motivačních aktivit“

## Příloha č. 1

<b>Laboratorní cvičení z fyziky</b>	
<b>Název:</b>	Měření povrchového napětí pomocí senzoru síly firmy Vernier
<b>Vypracoval:</b>	
<b>Datum:</b>	

### ① **Teorie** (práce s odbornou literaturou)

Zpracujte krátkou teoretickou vsuvku, v níž objasníte základní pojmy týkající se tohoto laboratorního cvičení. Konkrétně se jedná o pojmy sféra molekulového působení, povrchová energie, povrchová síla, povrchové napětí. Adekvátní rozsah v tomto případě představuje minimálně polovina strany A4 velikostí písma 11. Jako zdroje použijte teoretickou část bakalářské práce Povrchové napětí vody jako integrované téma v přírodovědném vzdělávání, dále pak učebnici Molekulová fyzika a termika nakladatelství Prometheus [32], případně Přehled středoškolské fyziky profesora Svobody [3].



## ② Pomůcky (práce s audiovizuálním materiálem)

Pusťte si video, které je přílohou tohoto laboratorního cvičení. Bezprostředně po úvodním snímku následuje výčet potřebných pomůcek k měření. Prosím, v klidu se na tuto část podívejte a následně do níže vynechaného prostoru všechny pomůcky vypište. Přehrávání videa klidně můžete pozastavit, vrátit se v něm, případně přehrát tíženou část ještě jednou. U některých pomůcek (špejle na niti) je nezbytná jejich jednoduchá příprava, v tomto okamžiku je čas tyto úkony provést.

## ③ Úkol č. 1

### a) Postup měření (práce s audiovizuálním materiálem)

Další částí videa je postup vlastního měření. Na postup se nejprve podívejte, poté se jej pokuste stručně shrnout do vynechaného místa v protokolu. Postup neslouží pro potřeby vyučujícího, nýbrž pro vás. Vypracujte jej proto prosím tak, aby vám připravená osnova při vlastním měření maximálně napomáhala. Opět platí, že video můžete zastavovat, přetáčet apod.



### b) Vlastní měření (samostatná práce)

Pomocí sepsaného postupu měření změřte povrchové napětí studené vody. Pozor, není zakázáno pracovat s připraveným videem! V případě, že vámi připravené poznámky nestačí k bezproblémovému průběhu měření, můžete video použít. V takovém případě to však nezapomeňte kriticky uvést v závěru protokolu!



### c) Vyhodnocení dat měření (práce s audiovizuálním materiálem)

Dle videa interpretujte získaná data. Samozřejmě není podmínkou, že video použijete. Pokud již máte s vyhodnocováním dat v programu Logger Lite zkušenosti a zároveň na základě již získaných teoretických poznatků dokážete získaná data interpretovat, nikdo vám nebrání, abyste data zpracovali autonomně (v tom případě se nezapomeňte pochválit v závěru, při hodnocení protokolu k tomu bude samozřejmě přihlédnuto). V každém případě je však podmínkou, že přílohu protokolu bude tvořit graf  $F = F(t)$ , ve kterém bude vyznačena hodnota  $\Delta F$ . Zároveň připojte i výpočet povrchového napětí.



#### ④ Úkoly č. 2 a 3 (práce s již osvojenými dovednostmi)

Následující dva úkoly jsou analogické s úkolem č. 1. Tentokrát však proměřte povrchové napětí teplé vody a teplé vody s přidaným saponátem. Po proměření předchozího úkolu byste již měli být schopni pracovat samostatně, samozřejmě vám ale nikdo nebude bránit v tom, abyste v průběhu měření svůj postup kontrolovali s postupem použitým ve videu. Jenom vás upozorním, že je vhodné před každým měřením pomocí teploměru promíchat kapalinu, jejíž povrchové napětí budete proměřovat (docílíte tím rovnoměrného rozložení teplot uvnitř kapaliny a zároveň zajistíte, že roztok vody a detergentu bude mít v celém svém objemu stejnou koncentraci).



Data taktéž zpracujte podle úkolu č. 1.

#### ⑤ Závěr

V závěru stručně okomentujte průběh měření, kriticky uveďte, jakých chyb jste se v průběhu měření dopustili, zároveň se nebojte pochválit. Okomentujte získaná data a zamyslete se, proč může být vypouštění některých chemických látek do přírody nebezpečné (nápomocen vám může být konec videa, není to však podmínkou).

## 2 Povrchové napětí

S povrchovým napětím se setkáváme v běžném životě každý den, ovšem mnoho z nás si to ani neuvědomuje. V domácnostech povrchové napětí využíváme např. při mytí nádobí či praní, kdy se snažíme o odstranění nečistot, studená voda má vysoké povrchové napětí, tudíž špatně smáčí mastné a špinavé povrchy. Ohřátím či použitím příslušných saponátů dojde ke snížení povrchového napětí, tím pádem k lepší smáčivosti, a proto se nečistoty lépe odstraňují. [7]

I vaření čaje je věda. Kulové sítko na sypaný čaj ponoříme do sklenice se studenou vodou a počkáme až se celé naplní vodou. Poté ho pomalu zvedáme, dokud nebude celé vynořené, ze sítko by neměla vytéct žádná voda. Vysvětlením je, že se na rozhraní vody a vzduchu by mělo dojít k prohnutí rozhraní dovnitř sítko, a tím i zvětšení plochy. Ovšem zvětšení plochy brání povrchové napětí, které tedy nedovolí vzduchu proniknout dovnitř sítko. Ze stejného důvodu sáček s čajem plave na hladině, pokud nejprve vložíme do hrnku sáček a až poté ho zalijeme vodou. Pokud ovšem nejprve nalijeme horkou vodu a poté vložíme čajový sáček, ten začne klesat ke dnu, jelikož z něj stíhá unikát vzduch z míst, kde ještě není namočen, tím dojde i k lepšímu vyluhování čaje. [8]

Při procházce přírodou se s povrchovým napětím můžeme setkat téměř na každém kroku. Když půjdeme kolem rybníka, na vodní hladině můžeme vidět vodní hmyz, jako je bruslařka, vodoměrka či hladinatka. Ty využívají povrchové napětí k pohybu po vodní hladině. Kromě tohoto hmyzu jsou to i ptáci, kterým povrchové napětí zabrání pronikání vody do jejich peří. V přírodě dále můžeme zmínit tvar kapek rosy na rostlinách, ale i tvar vodních kapek při dešti.

V zemědělství je využíváno při aplikování různých herbicidů, a to tak, že je třeba upravit povrchové napětí postřiků tak, aby buď ulpěly či neulpěly na daném druhu rostliny. [7]

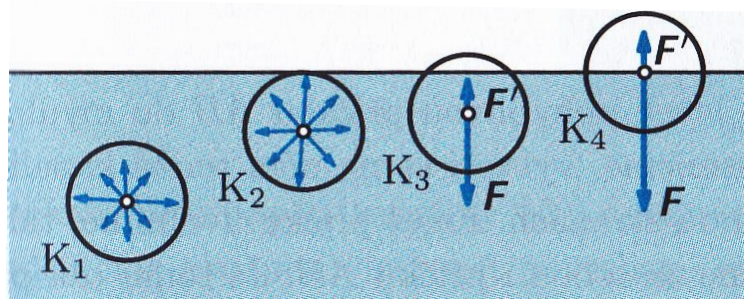
### 2.1 Jak povrchové napětí vzniká? [3, 9, 10]

Povrchové napětí u kapalin vzniká tak, že molekuly, které se nacházejí na povrchu kapaliny jsou z jedné strany obklopeny molekulami kapalin a z druhé strany molekulami plynu, popřípadě částicemi pevných látek. Na rozhraní kapaliny a jiné látky se nachází vrstva kapaliny, která se nazývá povrchová vrstva. Síly, které působí na obou stranách rozhraní, nejsou stejné, tzn. že síla, které působí na molekulu v povrchové vrstvě kapaliny nebude stejná, jako síla, které působí na molekulu, která se nachází uvnitř kapaliny.

Výslednice sil je nenulová a směřuje dovnitř kapaliny právě tehdy, když se zaměříme na molekulu, která se nachází blízko povrchu kapaliny, popřípadě přímo na povrchu. Povrchová vrstva kapaliny má tak jiné vlastnosti než zbytek kapaliny.



Povrch kapaliny se chová jako pružná blanka. A právě tomuto jevu říkáme povrchové napětí kapaliny. Naopak nulová výslednice sil působící mezi molekulami bude mít molekula, která se nachází v kapalině.



Obrázek 10: Sféra molekulového působení [2]

Jak můžeme vidět na obrázku č. 10 molekuly  $K_1$  a  $K_2$  a jejich sféra molekulového působení jsou uvnitř kapaliny, jejich výslednice přitažlivých sil, kterými uvažovaná molekula působí na jinou molekulu, je nulová. Čím blíže se uvažovaná molekula blíží vodní hladině, tím je výslednice přitažlivých sil větší, tak tomu je u molekul  $K_3$  a  $K_4$ . Tato výslednice je kolmá k volnému povrchu kapaliny a směřuje dovnitř této kapaliny. Tzn. že: „Na každou molekulu ležící v povrchové vrstvě kapaliny působí sousední molekuly výslednou povrchovou přitažlivou silou, která má směr dovnitř kapaliny [3].“

## 2.2 Povrchové napětí jako fyzikální veličina [9, 10, 11, 12]

Povrchové napětí většinou značíme řeckým písmenem  $\sigma$  a je definován následujícím vztahem:

$$\sigma = \frac{dF}{dl}, \quad (28)$$

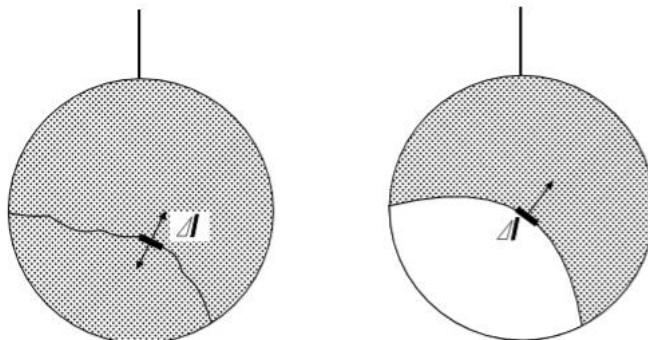
kde  $dF$  je elementární síla, která působí kolmo k úsečce o délce  $dl$ , a to v rovině povrchu. Jednotkou povrchového napětí je dle základních jednotek soustavy SI  $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Povrchové napětí působí na rozhraní mezi kapalinou a plynem, popřípadě na rozhraní mezi dvěma kapalinami, mezi nimiž nedochází k mísení. Jeho velikost závisí na vlastnostech kapaliny a plynu a na jejich teplotě. Hodnoty pro některé kapaliny jsou uvedeny v MFChT. Např. pro vodu, která je v kontaktu se vzduchem, je při teplotě  $20^\circ\text{C}$  povrchové napětí  $\sigma = 73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Každá kapalina se chová tak, jako kdyby byl její povrch pokryt tenkou pružnou vrstvou, ta se snaží stáhnout povrch kapaliny tak, aby měla co nejmenší plošný obsah. Proto kdyby na kapalinu nepůsobily žádné vnější síly, měla by kulovitý tvar. Pokud jsou tedy vnější síly velmi malé, kapalina dosahuje téměř kulového vzhledu, jak tomu můžeme například vidět u drobných kapiček vody, které tvoří mlhu, kapky deště apod. Povrchová vrstva je velmi tenká, její tloušťka je asi  $10^{-7} \text{ cm}$  a jak už bylo řečeno, její vlastnosti jsou jiné než uvnitř kapaliny. Povrchová blána se tedy snaží

stáhnout na co nejmenší velikost, je tedy zřejmé, že tomu pomáhá nějaké napětí. A právě tomuto napětí říkáme povrchové napětí.

Napětí povrchové blány kapaliny lze dokázat jednoduchým pokusem. Pokud ponoříme drátěný rám kulového tvaru, který má uvázanou volnou tenkou nit, do mýdlové vody, nit zůstává v bláně volná. Ovšem když blánu na jedné straně niti propíchneme špendlíkem, nit se obloukově napne.



Obrázek 11: Mýdlová blána vytvořená v kruhovém drátěném rámečku [6]

Vlivem povrchového napětí je v povrchové vrstvě nahromaděna energie, kterou nazýváme povrchová energie. Jedná se o rozdíl vnitřní potenciální energie, kterou mají molekuly v povrchové vrstvě kapaliny a molekuly uvnitř kapaliny. Lze ji definovat vztahem

$$dE = \sigma \cdot dS, \quad (29)$$

kde  $\sigma$  je povrchové napětí. Z (29) můžeme odvodit další vztah pro povrchové napětí:

$$\sigma = \frac{dE}{dS}, \quad (30)$$

tzn. že povrchové napětí lze také definovat jako změnu energie vrstvy molekul kapaliny  $dE$  na rozhraní vztaženou na jednotku plochy  $dS$ .

Souvislost mezi povrchovým napětím a povrchovou energií lze znázornit na následujícím pokusu. Pokud ponoříme drátěný rámeček, který má posuvnou příčku o délce  $l$  do mýdlového roztoku, vytvoří se na něm tenká blána (vytvoří se vlivem povrchového napětí) s povrchovými vrstvami po obou stranách. Povrchové napětí působí na příčku silou

$$F = \sigma l, \quad (31)$$

které se říká povrchová síla, ovšem my mluvíme o dvou povrchových vrstvách, proto musíme vztah (31) upravit:

$$F = 2\sigma l, \quad (32)$$

touto silou udržíme příčku v rovnováze. Pokud příčku posuneme o délku  $\Delta s$ , vykonáme práci

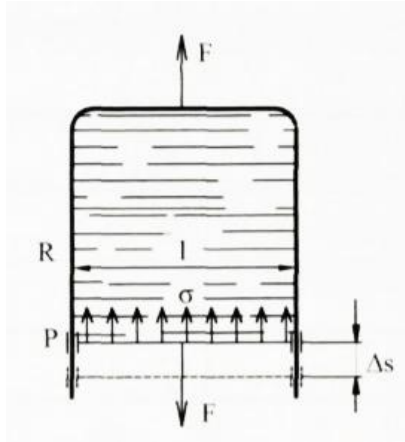
$$\Delta W = 2\sigma l \Delta s. \quad (33)$$

Tato práce je rovna zvětšení povrchové energie při zvětšování povrchu o

$$\Delta S = 2l \Delta s. \quad (34)$$

Z toho nám vyplývá

$$\frac{\Delta W}{\Delta S} = \frac{\Delta E}{\Delta S} = \frac{2\sigma l \Delta s}{2l \Delta s} = \sigma. \quad (35)$$



Obrázek 12: Souvislost mezi povrchovým napětím a povrchovou energií [7]

### 2.3 Jakými metodami lze povrchové napětí změřit?

Povrchové napětí lze zjistit metodami přímými nebo metodami nepřímými. Pokud se zaměříme na metodu přímou, vycházíme z definice, tedy že: „*Povrchové napětí  $\sigma$  se rovná podílu velikosti povrchové síly  $F$  a délky  $l$  okraje povrchové blány, na který povrchová síla působí kolmo v povrchu kapaliny* [3]“. Povrchové napětí tedy zjistíme tak, že do kapaliny ponoříme těleso známé délky a měříme sílu, která je třeba k vytažení tělesa z kapaliny. [7]

Další metodou je metoda kapková. Z tenké trubičky necháváme odkapávat kapalinu. Lze předpokládat, že kapka odkápne, když je tíhová síla rovna povrchové síle, která působí na obvodu kapaliny. Kapka ale neodpadne celá, ale část ji zůstane na konci kapiláry. Tuto metodu používáme tak, že srovnáme tíhu určitého počtu kapek neznámé kapaliny, u které neznáme povrchové napětí s počtem kapek kapaliny se známým povrchovým napětím. [7]

Povrchové napětí kapaliny lze také zjistit z kapilární elevace. Tato metoda je spojena s existencí kapilárního tlaku. Pokud ponoříme tenkou kapiláru do kapaliny v širší nádobě, pozorujeme vzestup kapaliny v kapiláře nad hladinu v širší nádobě. Vlivem povrchové síly dochází k vystoupaní kapaliny v kapiláře do takové výšky  $h$ , až dojde k vyrovnání kapilárního tlaku s hydrostatickým tlakem sloupce kapaliny. [3]

### 2.4 Povrchově aktivní látky a jejich negativa

Povrchově aktivní látky jsou látky, které mají schopnost snižovat povrchové napětí daného roztoku. Tyto látky se umí na rozhraní kapaliny a plynu, popřípadě dvou kapalin samovolně absorbovat. Jsou tvořeny hydrofilní částí, to je část, která má schopnost interagovat s vodou, další částí je hydrofobní část, ta s vodou neinteraguje. Tím se zajistí, že část se ve vodě rozpustí a část ne. [13]

Každý z nás se s povrchově aktivními látkami setkává každý den, jsou jimi mýdlo a prací prostředky. Pokud dáme špinavé prádlo do vody a přidáme přípravek na praní prádla, pak povrchově aktivní látky obklopí nečistotu tak, že část hydrofilní zůstane ve vodě a hydrofobní část bude u nečistoty, tzn. že ji postupně odstraní ze špinavého prádla. Problémem je, že tato voda jde dál do odpadu a ve větším množství nejsou schopny čističky odpadních vod všechny tyto látky z vody odstranit. Povrchově aktivní látky se tak hromadí v řekách, jezerech, přehradách, rybnících. A jelikož tyto látky pění, my tyto látky můžeme vidět na vodě jako pěnu. V důsledku toho jsou v takovýchto vodách přemnoženy sinice. Je tedy důležité vybírat vhodné prostředky, které jsou co nejšetrnější k životnímu prostředí. [14]

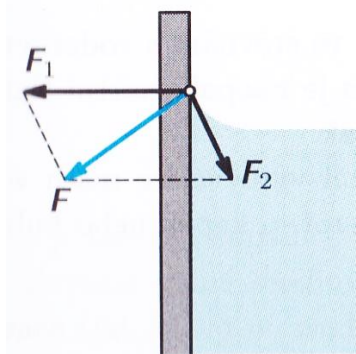
Povrchově aktivní látky se nacházejí také v pesticidech a herbicidech. Při jejich použití musíme dbát na to, aby byly toxické pro určité plodiny a netoxické pro jiné organismy. Dále můžeme zmínit i automobilový průmysl, jelikož se tyto látky používají do směsi do ostřikovačů, díky nim dešťová voda lépe odtéká z předních skel. [13, 14]

## 2.5 Styk kapaliny se stěnou [3, 4]

Pokud mluvíme o styku kapaliny se stěnou nádoby, tak se nejedná pouze o vzájemném působení molekul kapaliny, ale také se uplatňuje vzájemné působení mezi molekulami kapaliny, částicemi stěny nádoby a v neposlední řadě také částicemi plynů nad volným povrchem kapaliny. Díky tomu můžeme pozorovat zakřivení hladiny kapaliny v blízkosti stěny nádoby.

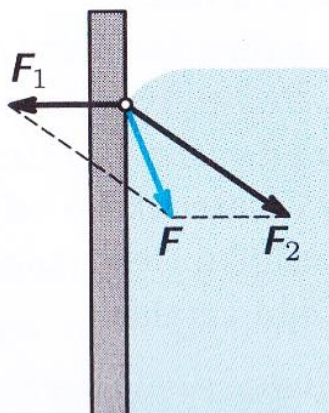
V povrchové vrstvě na rozhraní kapaliny na každou molekulu působí síla od částic nádoby, síla od molekul kapaliny, síla od molekul plynu a tíhová síla. Ve srovnání s prvními dvěma silami, můžeme tíhovou a sílu od molekul plynu zanedbat. Můžeme tedy uvažovat směr výslednice, na který je povrch kapaliny v rovnovážném stavu kolmý. Uvažujeme tři případy:

1) Kapalina stěnu smáčí. Tento případ nastává, pokud výslednice sil směřuje z kapaliny. Povrch kapaliny je u stěny dutý. Tento případ najdeme u vody v čisté skleněné nádobě



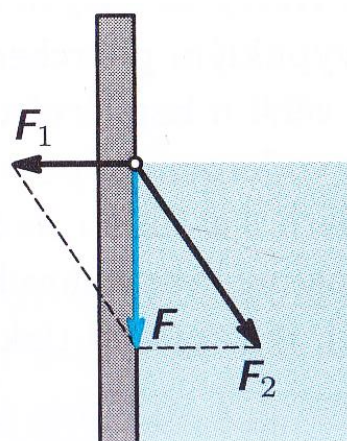
Obrázek 13: Kapalina stěnu smáčí [2]

2) Kapalina stěnu nesmáčí. V tomto případě výslednice směřuje do kapaliny, povrch kapaliny je u stěny vypuklý. Tento tvar můžeme vidět u rtuti v čisté skleněné nádobě.



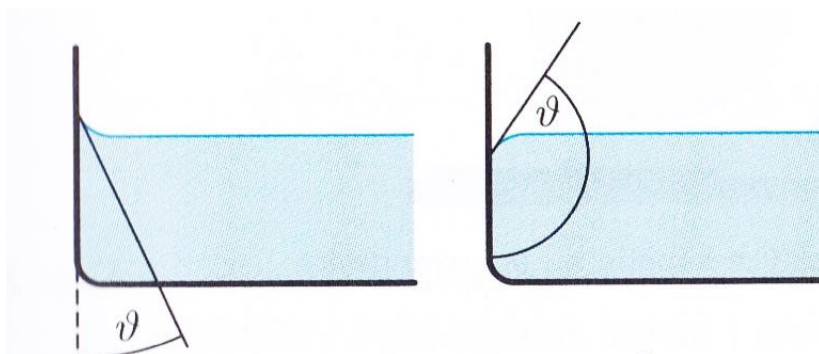
Obrázek 14: Kapalina stěnu nesmáčí [2]

3) Rovný povrch kapaliny. Nastává tehdy, pokud je síla rovnoběžná se stěnou nádoby.



Obrázek 15: Rovný povrch kapaliny [2]

Úhel značený řeckým písmenem  $\vartheta$  nazýváme stykový. Jedná se o úhel, který svírá povrch kapaliny s povrchem stěny.



Obrázek 16: Zakřivení hladiny a stykový úhel [2]

## 2.6 Kapilární jevy

Dalším projevem povrchového napětí jsou kapilární jevy. Jsou způsobené silami, které jsou mezi molekulami dané kapaliny a silami mezi molekulami dané kapaliny a pevného tělesa, plynu nebo jiné kapaliny. Kapilární jevy souvisí se zakřivením povrchu kapaliny, tedy zda kapalina stěnu nádoby smáčí či nesmáčí. Můžeme je pozorovat v kapilárách, což jsou úzké trubičky. Kapilárními jevy jsou kapilární elevace a kapilární deprese. [9, 10]

### 2.6.1 Kapilární tlak [3, 4]

Než se budeme zabývat kapilární elevací a depresí, je nutno zmínit a definovat kapilární tlak. Kapilární tlak vzniká při zakřivení povrchu kapaliny u stěny nádoby či v kapilárách a je způsobený pružností povrchové vrstvy.

Pod vypuklým povrchem kapaliny, tedy v případě, kdy kapalina stěnu nádoby nesmáčí je vnitřní tlak ve srovnání s vodorovným povrchem větší, a to právě o kapilární tlak. Naopak je tomu pod dutým povrchem, kdy kapalina stěnu nádoby smáčí, vnitřní tlak je ve srovnání s vodorovným povrchem menší o kapilární tlak.

Kapilární tlak, lze definovat vztahem

$$p_k = \frac{2\sigma}{R}, \quad (36)$$

kde  $\sigma$  je povrchové napětí kapaliny a  $R$  je poloměr kulového povrchu. Tento vztah vyplývá z experimentálního měření i teoretického odvození a platí tehdy, jestliže volný povrch kapaliny má tvar kulového vrchlíku, popřípadě koule, jako je tomu u kapky nebo bublinky v kapalině.

### 2.6.2 Kapilární elevace a deprese [3, 9, 10]

Kapilarita je zastaralým výrazem pro kapilární jevy a zahrnuje, jak již bylo zmíněno, kapilární elevaci a kapilární depresi.

Kapilární elevace se projevuje vzestupem hladiny kapaliny. Pokud máme otevřenou skleněnou trubičku neboli kapiláru, která má malý poloměr, ponořenou v jiné nádobě, pak se povrch kapaliny prohne (je dutý), a to nejen v kapiláře, ale i povrch kapaliny, který obklopuje ponořenou trubičku. Zároveň hladina v kapiláře bude výš než v nádobě. Výška  $h$ , o kterou hladina vystoupala se nazývá elevační výška a platí pro ni vztah

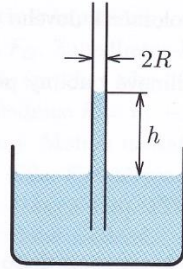
$$h = \frac{2\sigma}{R\rho g}, \quad (37)$$

kde  $\sigma$  je povrchové napětí kapaliny,  $R$  je vnitřní poloměr kapiláry,  $\rho$  je hustota kapaliny a  $g$  je tíhové zrychlení. Tento vztah platí pouze na předpokladu, že hustota kapaliny, kterou v nádobě máme je větší než hustota vzduchu nad naší kapalinou.

Kapilární elevace je úzce spojena s kapilárním tlakem. Pod dutým povrchem kapaliny v kapiláře je vnitřní tlak menší o kapilární tlak ve srovnání s vodorovným povrchem v nádobě. A právě to má za následek, že kapalina v kapiláře vystoupá do určité výšky  $h$ , při které hydrostatický tlak odpovídající sloupci kapaliny výšky  $h$  je stejný jako kapilární tlak. Z toho vyplývá, že platí rovnost

$$h\rho g = \frac{2\sigma}{R}, \quad (38)$$

z tohoto vztahu jednoduchou úpravou dostáváme vztah pro výpočet výšky  $h$  při kapilární elevaci, tedy vztah (37).



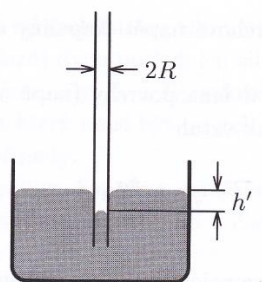
Obrázek 17: Kapilární elevace [2]

Kapilární elevaci nalezneme u rostlin. Půda je spojena tenkými chodbičkami (kapilárami) s hladinou spodní vody. Tato voda vzlíná kapilárami až ke kořenům rostlin a tím je vyživuje. Pokud je půda upěchovaná (udusaná, pošlapaná), kapiláry jsou velmi úzké a kapilární vzestup vody je v nich velký. Voda se tak dostává až na povrch půdy, kde se vypařuje. Abychom tomuto vypařování zabránili, musíme zvětšit půdní kapiláry, k tomu nám pomáhá okopávání. Provádíme ho zejména v období sucha. Zvětšení půdních kapilár či jejich přerušování lze dosáhnout i zoráním.

Kapilární deprese je opakem kapilární elevace, jedná se tedy o pokles hladiny kapaliny v kapiláře pod okolní hladinu, tato kapalina nesmáčí vnitřní stěny kapiláry. Pro výšku, o kterou hladina v kapiláře klesne, platí obdobný vztah jako u kapilární elevace

$$h' = \frac{2\sigma}{R\rho g}. \quad (39)$$

Pro vytvoření rovnovážného stavu je kapalina stlačena do takové hloubky  $h'$ , aby byl hydrostatický tlak stejný jako kapilární tlak.



Obrázek 18: Kapilární deprese [2]



Přílohu č. 3 tvoří video, které samozřejmě nelze přiložit v tištěné podobě, naleznete jej ale na přiloženém CD.





## ② Pomůcky (práce s audiovizuálním materiálem)

Pusťte si video, které je přílohou tohoto laboratorního cvičení. Bezprostředně po úvodním snímku následuje výčet potřebných pomůcek k měření. Prosím, v klidu se na tuto část podívejte a následně do níže vynechaného prostoru všechny pomůcky vypište. Přehrávání videa klidně můžete pozastavit, vrátit se v něm, případně přehrát tíženou část ještě jednou. U některých pomůcek (špejle na niti) je nezbytná jejich jednoduchá příprava, v tomto okamžiku je čas tyto úkony provést.

počítač s přehrávačem videí a programem Logger Lite  
rychlouhvací konvice  
nádoba s vodou (o rozměrech minimálně 30 x 10 x 5 cm)  
dlouhé pravitko  
špejle  
režná nit  
nůžky  
lámací nůž  
přípravek na mytí nádobí  
senzor teploty  
senzor síly  
LabQuest 2 s USB kabelem nebo Go!Link

## ③ Úkol č. 1

### a) Postup měření (práce s audiovizuálním materiálem)

Další částí videa je postup vlastního měření. Na postup se nejprve podívejte, poté se jej pokuste stručně shrnout do vynechaného místa v protokolu. Postup neslouží pro potřeby vyučujícího, nýbrž pro vás. Vypracujte jej proto prosím tak, aby vám připravená osnova při vlastním měření maximálně napomáhala. Opět platí, že video můžete zastavovat, přetáčet apod.



- 1) Připojit senzor síly k LabQuestu, zvolit rozsah  $\pm 10$  N.
- 2) LabQuest propojit s PC.
- 3) K PC připojit senzor teploty.
- 4) Zapnout LabQuest.
- 5) Senzor teploty ponořit do nádoby s vodou.
- 6) Uchopit senzor síly se zavěšenou špejlí, špejli opatrně ponořit na hladinu.
- 7) Senzor držet tak, aby nit nebyla napnutá.
- 8) Zaznamenat si teplotu, při které měření probíhá.
- 9) V menu vybrat EXPERIMENT-SBĚR DAT...
- 10) Doba trvání 60 sekund, vzorkovací frekvence 50 vzorků/sekundu.
- 11) Zahájit měření.
- 12) Několikrát odtrhnout špejli od hladiny, znovu opatrně položit.
- 13) Zastavit měření.

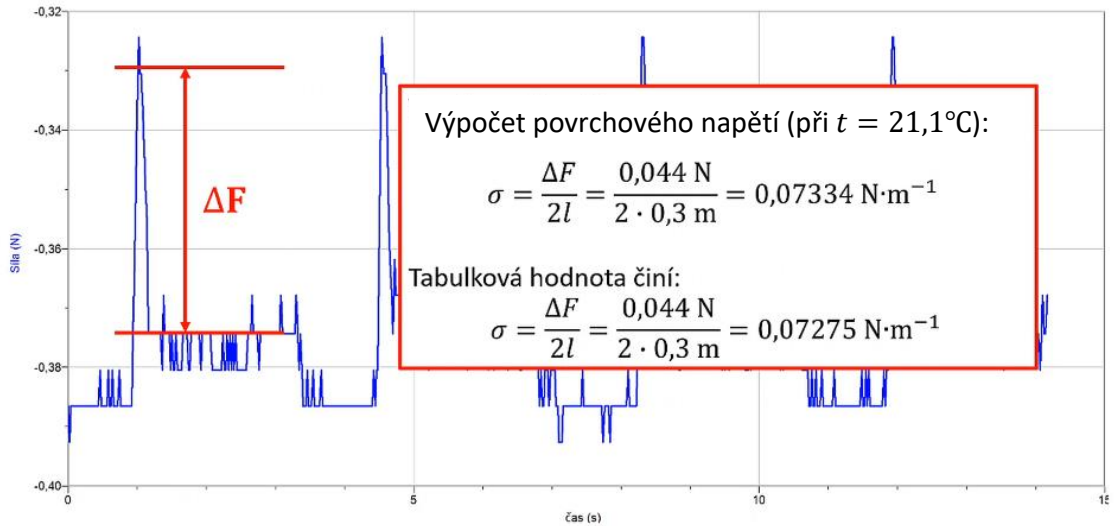
### b) Vlastní měření (samostatná práce)

Pomocí sepsaného postupu měření změřte povrchové napětí studené vody. Pozor, není zakázáno pracovat s připraveným videem! V případě, že vámi připravené poznámky nestačí k bezproblémovému průběhu měření, můžete video použít. V takovém případě to však nezapomeňte kriticky uvést v závěru protokolu!



### c) Vyhodnocení dat měření (práce s audiovizuálním materiálem)

Dle videa interpretujte získaná data. Samozřejmě není podmínkou, že video použijete. Pokud již máte s vyhodnocováním dat v programu Logger Lite zkušenosti a zároveň na základě již získaných teoretických poznatků dokážete získaná data interpretovat, nikdo vám nebrání, abyste data zpracovali autonomně (v tom případě se nezapomeňte pochválit v závěru, při hodnocení protokolu k tomu bude samozřejmě přihlédnuto). V každém případě je však podmínkou, že přílohu protokolu bude tvořit graf  $F = F(t)$ , ve kterém bude vyznačena hodnota  $\Delta F$ . Zároveň připojte i výpočet povrchového napětí.

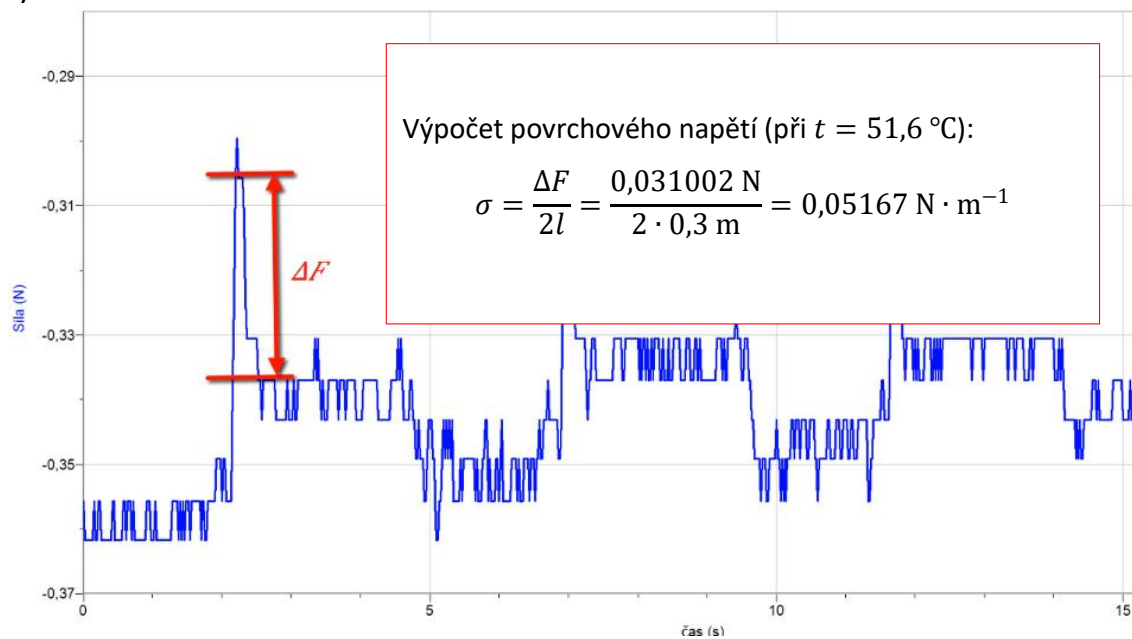


#### ④ Úkoly č. 2 a 3 (práce s již osvojenými dovednostmi)

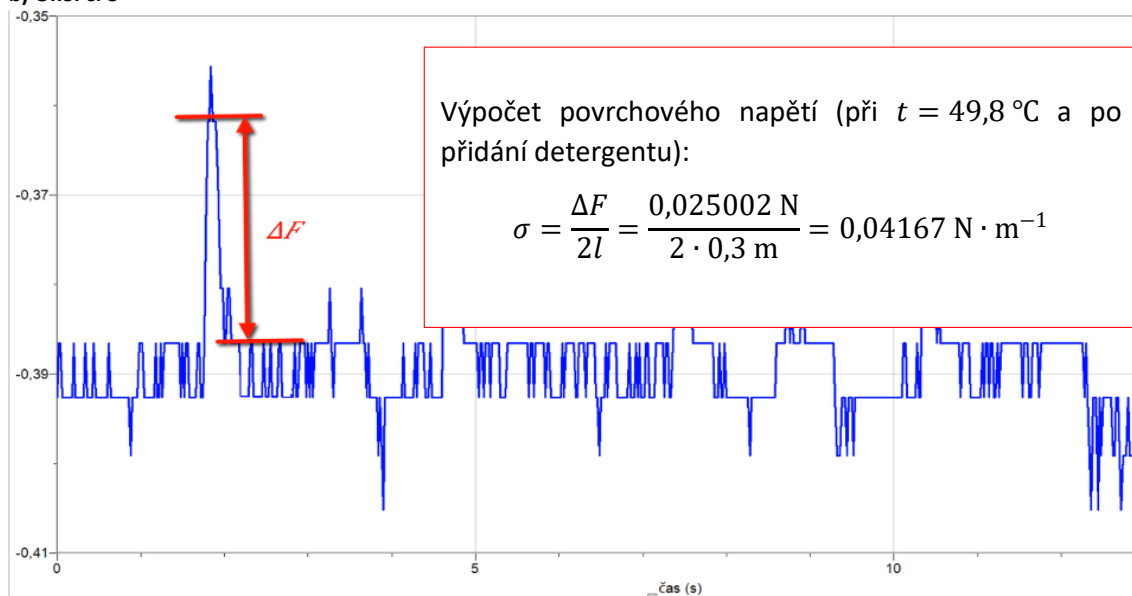
Následující dva úkoly jsou analogické s úkolem č. 1. Tentokrát však proměřte povrchové napětí teplé vody a teplé vody s přidaným saponátem. Po proměření předchozího úkolu byste již měli být schopni pracovat samostatně, samozřejmě vám ale nikdo nebude bránit v tom, abyste v průběhu měření svůj postup kontrolovali s postupem použitým ve videu. Jenom vás upozorním, že je vhodné před každým měřením pomocí teploměru promíchat kapalinu, jejíž povrchové napětí budete proměřovat (docílíte tím rovnoměrného rozložení teplot uvnitř kapaliny a zároveň zajistíte, že roztok vody a detergentu bude mít v celém svém objemu stejnou koncentraci).

Data taktéž zpracujte podle úkolu č. 1.

##### a) Úkol č. 2



##### b) Úkol č. 3



## ⑤ Závěr

V závěru stručně okomentujte průběh měření, kriticky uveďte, jakých chyb jste se v průběhu měření dopustili, zároveň se nebojte pochválit. Okomentujte získaná data a zamyslete se, proč může být vypouštění některých chemických látek do přírody nebezpečné (nápomocen vám může být konec videa, není to však podmínkou).

Splnila jsem závěr laboratorního cvičení, protože jsem stanovila 3 hodnoty povrchového napětí. V průběhu měření jsem se nedopustila žádných hrubých chyb, stanovené hodnoty jsou uspokojivé. Hodnota povrchového napětí z úkolu č. 1 odpovídá hodnotě z MFCHT. Úkoly č. 2 a 3 potvrdily trend snižování povrchového napětí v závislosti na rostoucí teplotě a na příměsích detergentů ve vodě.

Vypouštění chemických látek do přírody mimo jiné snižuje povrchové napětí vodních hladin, což brání v pohybu po hladině některým vodním organismům, které tento jev využívají (např. bruslařka, vodoměrka nebo hladinatka).

# Výroba sítky na vodní hmyz

## ① Úkol

Podle návodu vyrobte sítku vhodnou na odchyt vodního hmyzu na hladině.

## ② Pomůcky

- šablona pro ustřížení síťoviny
- síťovina
- silný lihový fix a nůžky
- rezná nit s jehlou
- napínací drát na ploty, metr
- bambusová tyč
- stahovací pásky na kabely
- textilní lepicí páska

## ③ Postup

### a) Příprava síťoviny

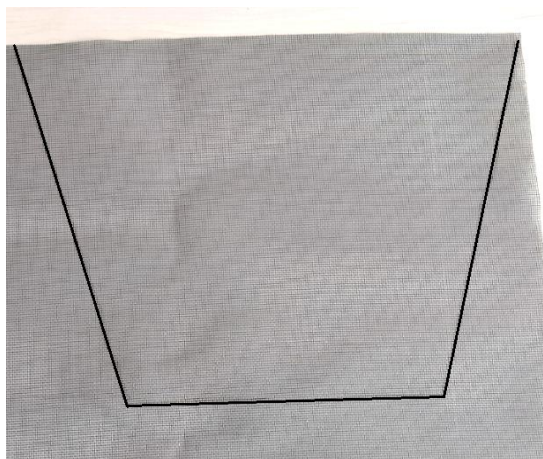
(1) Pod připravenou síťovinu položíme vtištěnou šablonu ve tvaru lichoběžníku.



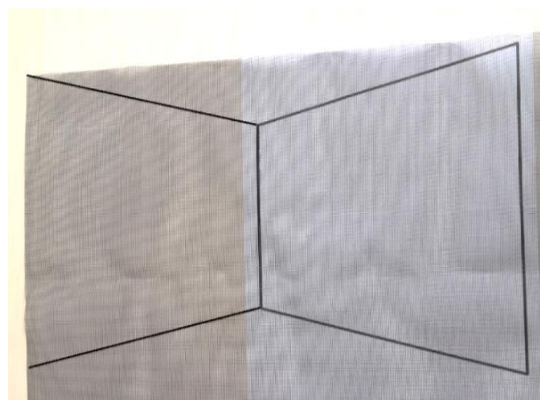
(2) Pomocí silného lihového fixu lichoběžník obkreslíme na sítku.



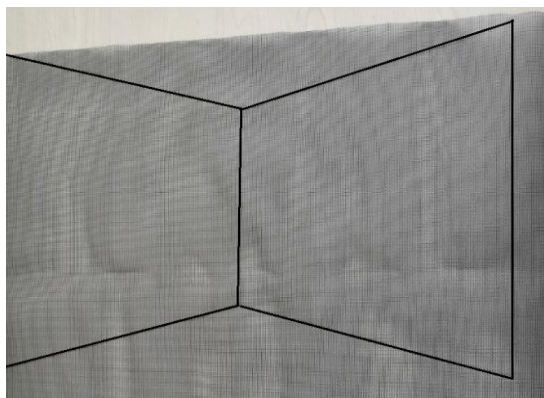
(3) Podložku vyjme a ujistíme se, že je obkreslený obrazec dobře vidět.



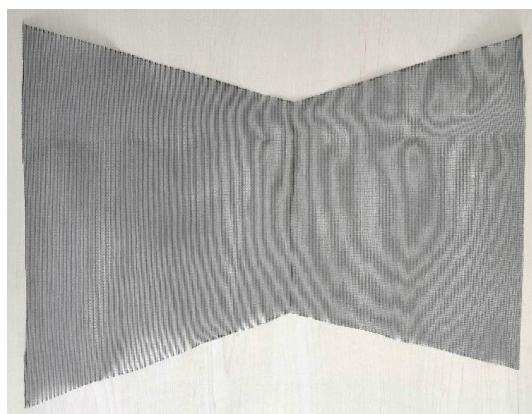
(4) Podložku opět vložíme pod síťovinu, tentokrát však pootočenou o 180°, tj. tak, aby nejkratší strana lichoběžníku na podložce splývala s nejkratší stranou obkresleného lichoběžníku na síťovině.



(5) Opět lichoběžník obkreslíme na síťovinu, vznikne následující obrazec.



(6) Nakreslený obrazec ze síťoviny vystříháme.



(7) Vystřížený obrazec přehneme.



(8) Pomocí jehly a rezné nitě sešijeme první zkosený okraj síťoviny.



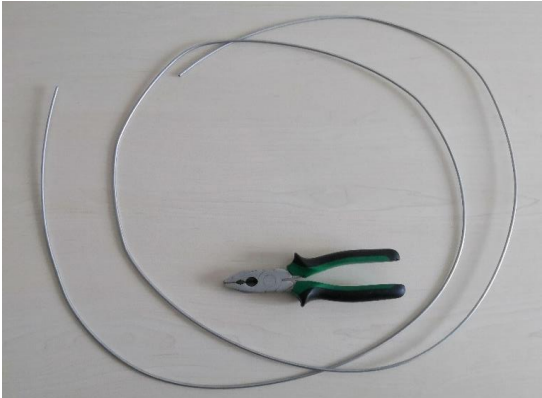
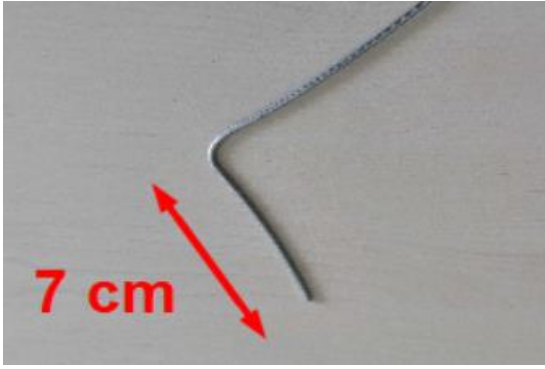

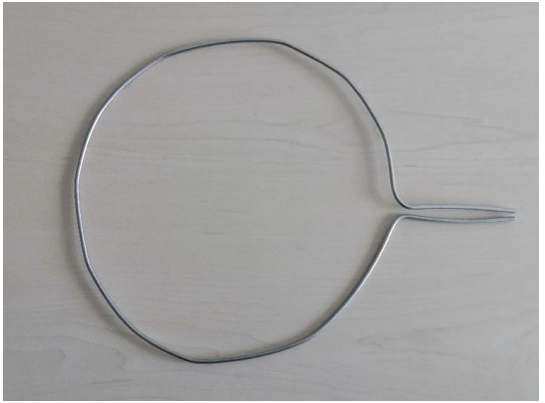
(9) Totéž provedeme na druhé straně.



(10) V jedné vrstvě síťovinu uprostřed nastříháme (asi 3 cm hluboko).



## b) Příprava drátu

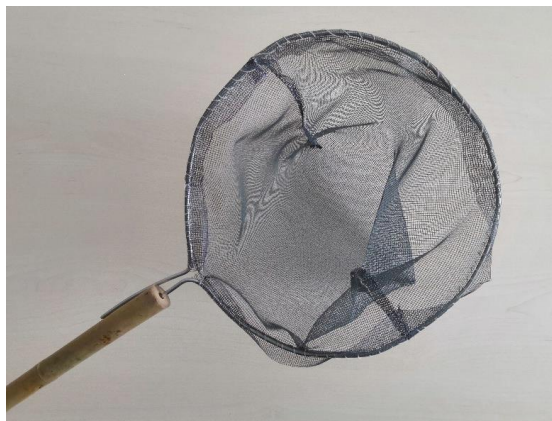
<p>(1) Pomocí kleští ustříheme 80 cm napínacího drátu.</p> 	<p>(2) Jeden konec ustříženého drátu kleštěmi zahneme do pravého úhlu (zahnutí provede 7 cm od kraje).</p> 
<p>(3) Totéž uděláme na druhé straně. Je důležité, aby byly oba pravé úhly stejně orientované, tj. „drát ohnutý na stejnou stranu“.</p> 	<p>(4) Drát kleštěmi vytvarujeme do tvaru na obrázku.</p> 

## c) Kompletace sítky

<p>(1) Připravenou sítku provlékneme vnitřkem vytvořeného oka z napínacího drátu, přehneme ji přes něj tak, aby do námi vytvořeného nastříhnutí pasovaly zahnuté konce drátu. Zahnutí přes drát pečlivě po celé délce obšijeme režnou nití.</p> 	<p>(2) Sítku otočíme naruby, aby vytvořený přesah byl uvnitř sítky</p> 
---	---



(3) Jeden konec drátu zasuneme do dutiny bambusové tyčky (minimálně 2 m dlouhé), druhý konec necháme vně tyče.



(4) Konec drátu, který není zasunutý do dutiny, stahovacími páskami upevníme k tyči.

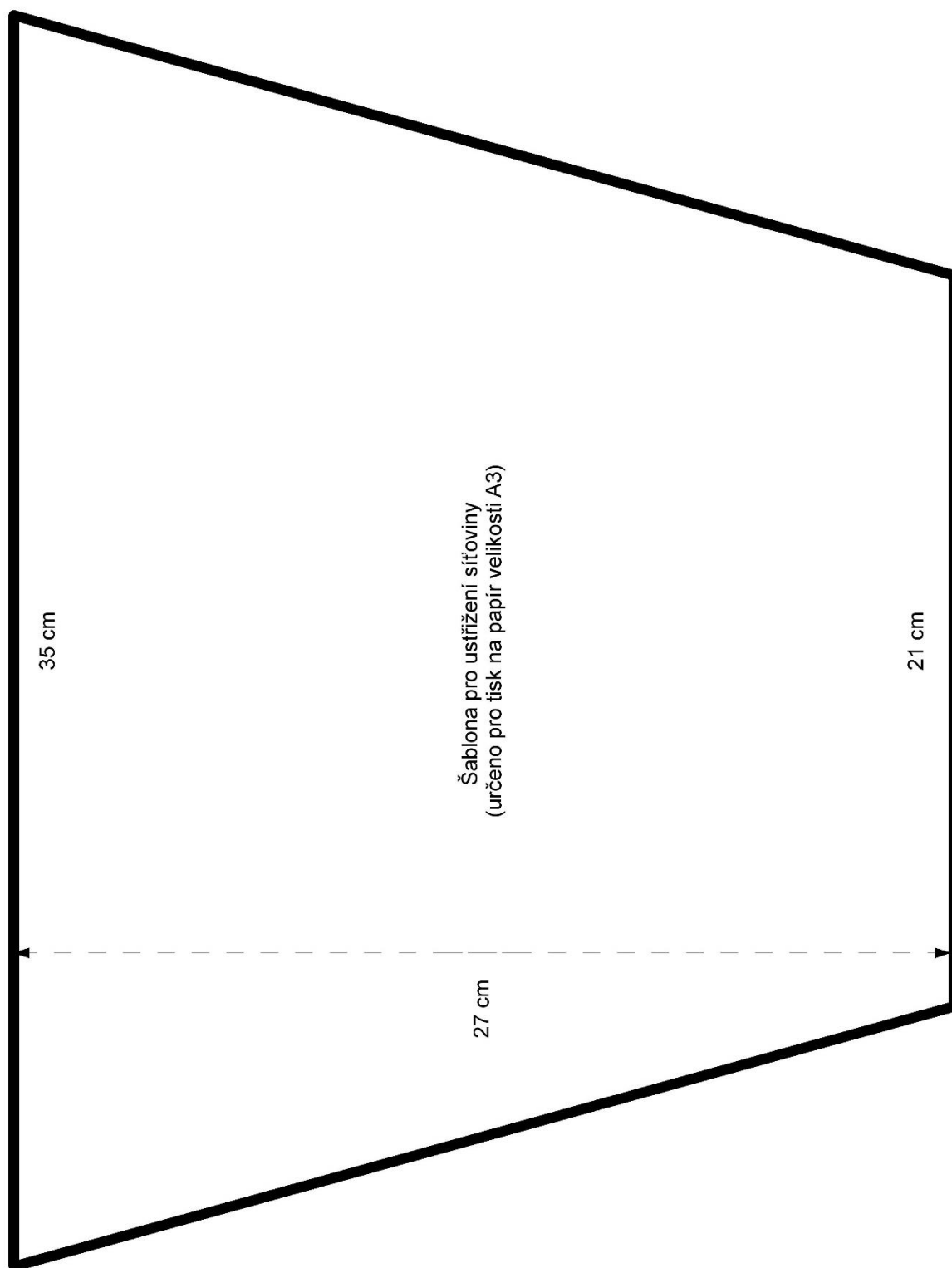


(5) Přebytečné konce pásek kleštěmi odstříháme a konec tyče omotáme textilní lepicí páskou.



(6) Konečný výsledek by měl vypadat asi takto.





# Odchyt bruslařky na vodní ploše

## ① Úkol

Podle návodu proveďte odlov bruslařky z vodní plochy. V průběhu odchytu bruslařek vyhotovte několik fotografií, které přiložíte do protokolu k laboratornímu cvičení, které budete ve škole provádět. Konkrétně se jedná o fotografii vámi vyrobené sítě, fotku hejna bruslařek a fotografii bruslařky v síťce.

## ② Pomůcky

- síťka na vodní hmyz
- větší nádoba s víkem
- gumové jednorázové rukavice
- nůž

## ③ Postup

(1) Nejprve do připravené plastové nádoby nabereme z rybníka vodu.



(2) Nádobu uzavřeme víčkem a uděláme do něj pomocí nože několik otvorů, kterými bude do nádoby proudit vzduch.



(3) Obejdeme rybník a nalezneme místo, kde se bruslařky shromažďují (většinou se vyskytují ve velkých hejnech).



(4) Pokusíme se zaměřit na jednoho jedince z houfu, při bližším ohledání si lze povšimnout, že bruslařka skutečně stojí na hladině, neplove (tato skutečnost však není vždy dobře vidět, tento bod je proto spíše dobrovolný).



(5) Síťku uchopíme a nasměrujeme ji přesně nad jednu z bruslařek.



(6) Rychlým pohybem bruslařku přiklopíme sítkou a opatrně ji podebereme.



(7) Podíváme se do sítky, zda se nám odchytl povedl, v opačném případě postup opakujeme.



(8) Bruslařku velmi opatrně chytíme za jednu nožičku a vyndáme ji ze sítky.



(9) Vhodíme ji do nádoby, kterou přiklopíme víčkem.



# Laboratorní cvičení

## ① Úkol

Pomocí mikroskopu s připojením k počítači vyhotovte snímek prohnutí hladiny, které pod bruslačkou vzniká, snímek přiložte do protokolu.

## ② Pomůcky

- větší nádoba s víkem
- gumové jednorázové rukavice
- vyšší skleněná nádoba s vodou
- USB mikroskop
- počítač

## ③ Postup

(1) Bruslačku opatrně uchopíme za nožičku a položíme ji na volnou hladinu vody v připravené skleněné nádobě.



(2) Bruslačku necháme chvíli uklidnit. Nejprve se bude snažit z nádoby uniknout, ale po určité době se přestane pohybovat, pak ji bude možné podrobit bližšímu zkoumání. V průběhu čekání připojíme k počítači mikroskop a spustíme na něm k mikroskopu dodávaný program.



(3) Mikroskop namíříme na bruslačku.



(4) Pokusíme se zaměřit alespoň na jednu z nožiček bruslačky, postupně zaostřujeme a upravujeme světelné podmínky tak, aby bylo co nejlépe vidět prohnutí hladiny, které pod bruslačkou vzniká.



<b>Laboratorní cvičení z fyziky</b>	
<b>Název:</b>	Projektový den
<b>Vypracoval:</b>	
<b>Datum:</b>	

### ① Teorie (práce s literaturou)

Přečtěte si následující o bruslařce obecné [33, 34, 35] a rozhodněte o správnosti níže uvedených tvrzení.



<p><b>Bruslařka obecná</b> (<i>Gerris lacustris</i>)</p> <p>Bruslařka obecná je druh hmyzu z řádu ploštic (Heteroptera). Její tělo je protáhlé, vřetenovitého tvaru (uprostřed nejširší, dopředu a dozadu zužující se). Zbarvením jsou tmavě hnědé (někdy až do černa), celé tělo je pokryto chloupky. Má tři páry nohou. Zatímco přední slouží k polapení kořisti, střední a zadní nohy jsou dlouhé a široce rozestavené a tím rozkládají její hmotnost na větší plochu hladiny, proto se dokáže bruslařka pohybovat po vodní hladině, čemuž přispívá i jev zvaný povrchové napětí.</p> <p>Většinou se na vodní hladině vyskytují v hejnech. Jsou dravé, živí se vodním hmyzem, který spadne do vody. Tento hmyz uloví a vysaje ho. Další možnou potravou mohou být i čerstvě vylíhnutí komáři.</p> <p>Bruslařka má poměrně zajímavý životní cyklus. Na jaře se přezimující jedinci rozmnoží a následně umírají. Jejich potomci dorostou v dospělé a mají dvě možnosti, jak naložit se svým životem. Buď se rozmnoží a uhynou, nebo si vytvoří tukové zásoby a přezimují. U bruslařek je počet produkovaných generací závislý na fotoperiodě. Ty, které se vyvíjejí v jaře, pohlavně dozrávají, rozmnoží se a produkují letní generaci, jenž přezimuje. Ovšem bruslařky, které se vyvíjejí v létě estivují (dostávají se do tzv. letního spánku) a k jejich rozmnožení dojde až po přezimování. Vajíčka jsou kladena v blízkosti vodních ploch či přímo na vodní rostliny.</p> <p>Jak již z textu vyplývá bruslařky jsou vodní ploštic. Celý jejich životní cyklus je vázaný na vodní prostředí. Většinou se vyskytují na rybnících, tůních a na řekách, ale vzhledem k přítomnosti křídel, existuje pravděpodobnost, že opustí rozsáhlé vodní plochy a mohou se objevit i např. na sudu.</p> <p>Bruslařka není ovšem jedinou plošticí, která dokáže „chodit“ po vodní hladině. Dalším příkladem je vodoměrka štíhlá či hladinatka člunohřbetá.</p>
--

	✓	✗
Bruslařku obecnou zařazujeme do řádu brouci (Coleoptera).		
Bruslařka má šest nohou.		
Bruslařka je samotářský druh.		
Bruslařky jsou dravé, živí se vodním hmyzem.		
Bruslařky kladou vajíčka přímo do vody.		
Kromě bruslařky po vodní hladině dokáže „chodit“ i hladinatka a mravenec.		
Bruslařka je svým životním cyklem vázána na vodní prostředí.		

### ② Pomůcky (práce s literaturou)

Projděte si všechny pracovní listy dodávané k projektovému dni a vypište z nich všechny pomůcky, které budete v průběhu dne potřebovat.



**③ Výroba sítky na vodní hmyz** (samostatná práce)

S pomocí návodu vyrobte sítku na odlov vodního hmyzu z hladiny. Dbejte zvýšené opatrnosti, pracujete s ostrými předměty! Do protokolu vložte svoji fotografii s vyrobenou sítkou.



**④ Odchyt bruslařky na vodní ploše** (samostatná práce)

Podle pracovního listu proveďte odchyt bruslařky, v průběhu odchytu dávejte pozor, ať omylem nespadnete do rybníka! K protokolu přiložte fotografii hejna bruslařek a fotku bruslařky v sítkce.



**⑤ Vlastní laboratorní cvičení** (samostatná práce v laboratoři)

Postupujte podle pracovního listu s názvem „Laboratorní cvičení“, do protokolu přiložte co nejvíce snímků z mikroskopu.



## ⑥ Závěr

V závěru stručně okomentujte průběh celého projektového dne. Nebojte se konstruktivní kritiky, neváhejte vznést své připomínky. Okomentujte, jak se vám práce dařila, kde jste se dopustili chyb, kde se vám naopak dařilo. Zvláštní komentář prosím věnujte práci s mikroskopem.



<b>Laboratorní cvičení z fyziky</b>	
<b>Název:</b>	Projektový den
<b>Vypracoval:</b>	Anežka Čapková
<b>Datum:</b>	20. 8. 2020

### ① Teorie (práce s literaturou)

Přečtěte si následující o bruslařce obecné [33, 34, 35] a rozhodněte o správnosti níže uvedených tvrzení.



<b>Bruslařka obecná</b> (Gerris lacustris)
<p>Bruslařka obecná je druh hmyzu z řádu ploštic (Heteroptera). Její tělo je protáhlé, vřetenovitého tvaru (uprostřed nejširší, dopředu a dozadu zužující se). Zbarvením jsou tmavě hnědé (někdy až do černá), celé tělo je pokryto chloupky. Má tři páry nohou. Zatímco přední slouží k polapení kořisti, střední a zadní nohy jsou dlouhé a široce rozestavěné a tím rozkládají její hmotnost na větší plochu hladiny, proto se dokáže bruslařka pohybovat po vodní hladině, čemuž přispívá i jev zvaný povrchové napětí.</p> <p>Většinou se na vodní hladině vyskytují v hejnech. Jsou dravé, živí se vodním hmyzem, který spadne do vody. Tento hmyz uloví a vysaje ho. Další možnou potravou mohou být i čerstvě vylíhnutí komáři.</p> <p>Bruslařka má poměrně zajímavý životní cyklus. Na jaře se přezimující jedinci rozmnoží a následně umírají. Jejich potomci dorostou v dospělce a mají dvě možnosti, jak naložit se svým životem. Buď se rozmnoží a uhynou, nebo si vytvoří tukové zásoby a přezimují. U bruslařek je počet produkovaných generací závislý na fotoperiodě. Ty, které se vyvíjejí na jaře, pohlavně dozrávají, rozmnoží se a produkují letní generaci, jenž přezimuje. Ovšem bruslařky, které se vyvíjejí v létě estivují (dostávají se do tzv. letního spánku) a k jejich rozmnožení dojde až po přezimování. Vajíčka jsou kladena v blízkosti vodních ploch či přímo na vodní rostliny.</p> <p>Jak již z textu vyplývá bruslařky jsou vodní ploštic. Celý jejich životní cyklus je vázaný na vodní prostředí. Většinou se vyskytují na rybnících, tůních a na řekách, ale vzhledem k přítomnosti křídel, existuje pravděpodobnost, že opustí rozsáhlé vodní plochy a mohou se objevit i např. na sudu.</p> <p>Bruslařka není ovšem jedinou plošticí, která dokáže „chodit“ po vodní hladině. Dalším příkladem je vodoměrka štíhlá či hladinatka člunohřbetá.</p>

	✓	✗
Bruslařku obecnou zařazujeme do řádu brouci (Coleoptera).		x
Bruslařka má šest nohou.	x	
Bruslařka je samotářský druh.		x
Bruslařky jsou dravé, živí se vodním hmyzem.	x	
Bruslařky kladou vajíčka přímo do vody.		x
Kromě bruslařky po vodní hladině dokáže „chodit“ i hladinatka a mravenec.		x
Bruslařka je svým životním cyklem vázána na vodní prostředí.	x	

### ② Pomůcky (práce s literaturou)

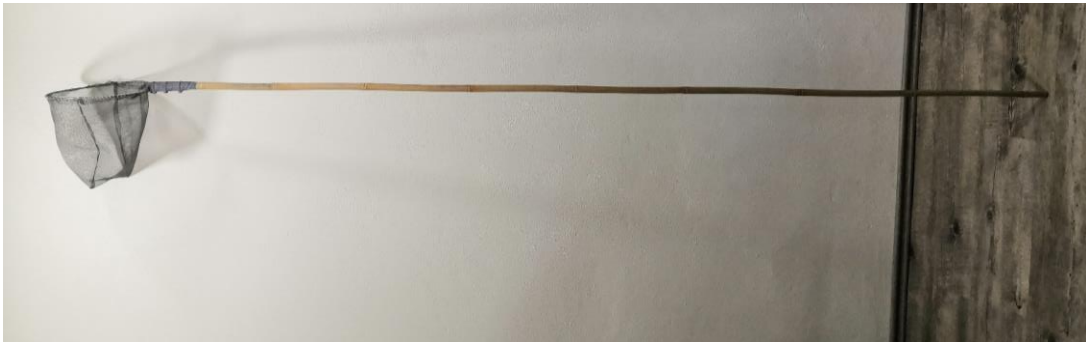
Projděte si všechny pracovní listy dodávané k projektovému dni a vypište z nich všechny pomůcky, které budete v průběhu dne potřebovat.



síťovina, silný lihový fix a nůžky, rezná nit s jehlou, napínací drát na ploty, metr, bambusová tyč, stahovací pásky na kabely, textilní lepicí páska, větší nádoba s víkem, gumové jednorázové rukavice, nůž, vyšší skleněná nádoba s vodou, USB mikroskop, počítač, mobilní telefon (fotoaparát)

### ③ Výroba sítky na vodní hmyz (samostatná práce)

S pomocí návodu vyrobte sítku na odlov vodního hmyzu z hladiny. Dbejte zvýšené opatrnosti, pracujete s ostrými předměty! Do protokolu vložte fotografii své vyrobené sítky.



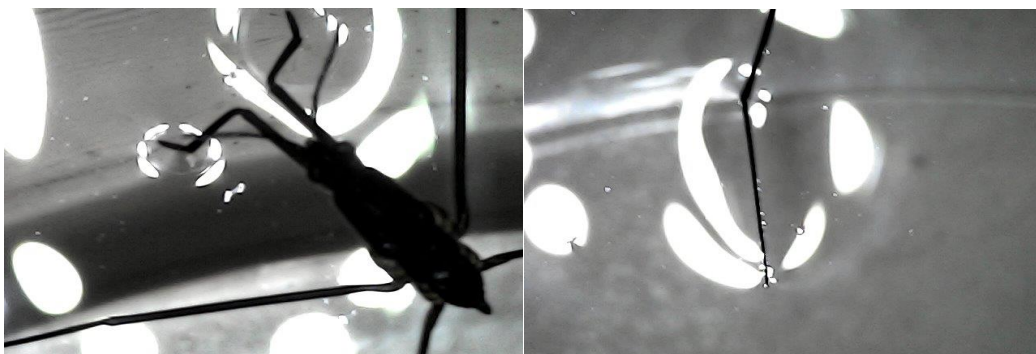
### ④ Odchyt bruslačky na vodní ploše (samostatná práce)

Podle pracovního listu provedte odchyt bruslačky, v průběhu odchytu dávejte pozor, ať omylem nespadnete do rybníka! K protokolu přiložte fotografii hejna bruslaček a fotku bruslačky v sítkce.



### ⑤ Vlastní laboratorní cvičení (samostatná práce v laboratoři)

Postupujte podle pracovního listu s názvem „Laboratorní cvičení“, do protokolu přiložte co nejvíce snímků z mikroskopu.





# Demonstrace povrchových vln

## ① Studijní text vhodný pro přípravu přednášky o povrchových vlnách

Před vlastním demonstračním experimentem je doporučeno žáky seznámit s problematikou vln na hladině kapaliny, k tomuto seznámení může být nápomocno následující pojednání [36, 37, 38].

### Povrchové vlny

Jestliže je kapalina umístěna v gravitačním poli Země a je vůči Zemi v klidu, dojde po určité době k ustálení její hladiny, plocha této tzv. volné hladiny bude kolmá na vektor gravitační síly. Zapůsobením vnějších sil (zatřesení nádobou, promíchání kapaliny...) budou molekuly kapaliny vychýleny z rovnovážné polohy. Gravitační síla se svým působením snaží vrátit molekuly do jejich rovnovážných poloh, čímž jsou rozkmitány, na hladinách vznikají tzv. gravitační vlny. Příčinou vzniku vln však nemusí být jen a pouze gravitační síla, převažující silou, která molekuly vrací do rovnovážné polohy, může být i povrchová síla kapaliny. Takto vzniklé vlny označujeme jako kapilární vlny (jedná se o vlny o vlnové délce menší než 1,74 cm). Jak gravitační, tak kapilární vlny lze pojmenovat souhrnným názvem povrchové vlny, neboť se s rostoucí hloubkou snižuje amplituda vlnění, vlny jsou postupně hůře pozorovatelné, až zanikají.

## ② Pomůcky

2 fotografické misky o velikosti alespoň 50x40x7 cm  
džbán s vodou  
prostředek na mytí nádobí

## ③ Postup

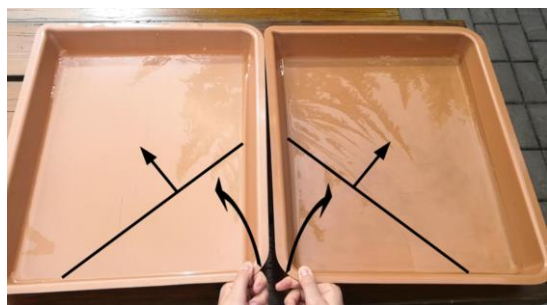
(1) Do pečlivě vymytých fotografických misek nalijeme do výše několika centimetrů vodu a postavíme je těsně vedle sebe jejich delší hranou.



(2) Misky uchopíme v předních u sebe ležících rozích (viz fotografie).



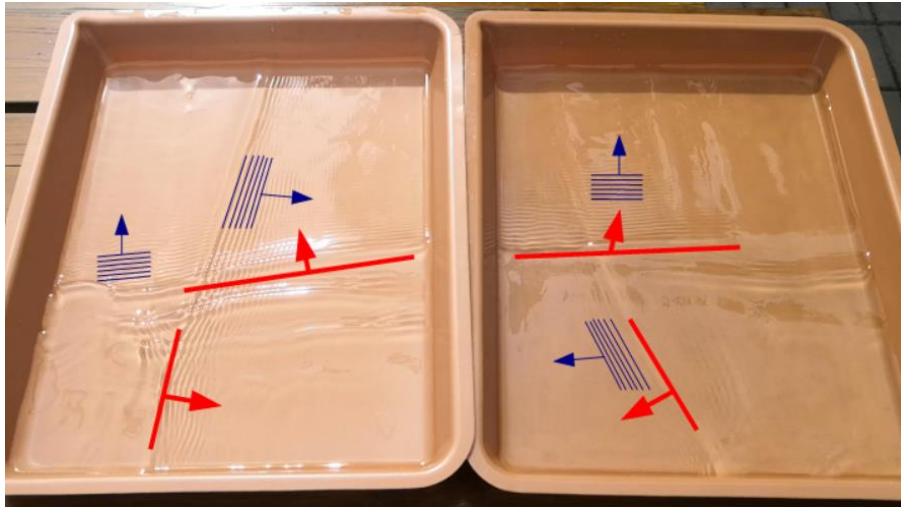
(3) Rohy současně nadzvedneme, voda z nich oteče a nahromadí se v protilehlých rozích.



(4) Nadzdvíhnuté rohy svižně položíme, tím kapalině udělíme impulz, aby se její molekuly vychýlily z rovnovážných poloh a vznikly tak vlny.



(5) Na hladině můžeme pozorovat výrazné jak gravitační (velké vlny, na obrázku červeně), tak kapilární vlny (menší vlny, na obrázku modře). Vlny na hladinách obou misek by měly být souměrné podle osy, kterou tvoří společná hrana misek.



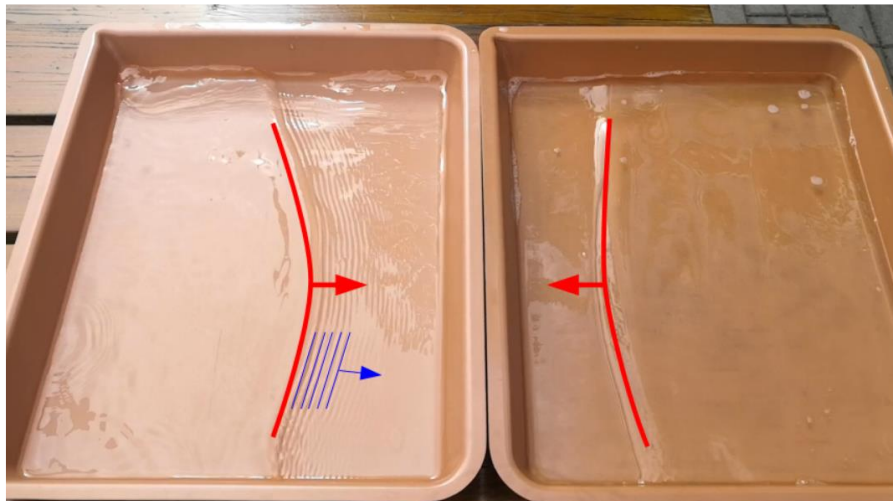
(6) Hladina v obou miskách se po stejné době uklidní, vlny odezní.



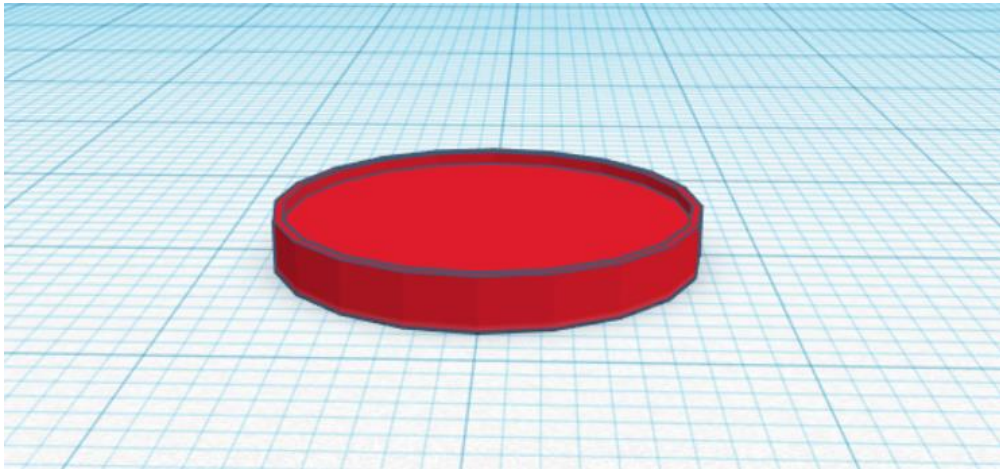
(7) Do pravé misky přidáme několik kapek prostředku na mytí nádobí. Prostředek ve vodě lehce promícháme tak, aby na hladině nevznikly výrazné bublinky.



(8) Opakujeme postup z bodů (2), (3) a (4). Tentokrát však hladiny nebudou souměrné. Na pravé hladině oproti levé hladině nebudeme téměř pozorovat kapilární vlny.



Příloha č. 12



3D model opět není možné vložit v tištěné podobě, tvoří tedy přílohu č. 12 na CD.

<b>Laboratorní cvičení z fyziky</b>	
Název:	Mince na hladině
Vypracoval:	
Datum:	

### ① Pomůcky

digitální laboratorní váha, 50 mincí podle předlohy, odměrný válec s nejmenším dílkem alespoň 1 ml, voda, kalkulačka, rezná nit (slabý provázek), nůžky, pravítko, tužka, milimetrový papír, Petriho miska, pinzeta

### ② Určení hmotnosti a materiálu použité mince

a) Na digitálních laboratorních vahách stanovte hmotnost 50 mincí vytištěných na 3D tiskárně. Tuto hmotnost označte  $m_{50}$ .



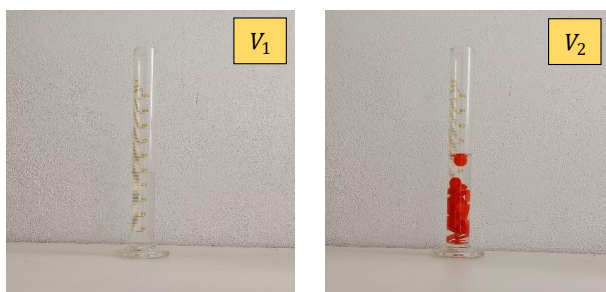
$$m_{50} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$$

b) Pomocí přímé úměry vypočtete hmotnost jedné mince  $m$ .

$$\begin{array}{l} \uparrow 50 \text{ mincí} \dots\dots\dots m_{50} \text{ g} \uparrow \\ \uparrow 1 \text{ mince} \dots\dots\dots m \text{ g} \uparrow \\ \hline m = \frac{m_{50}}{50} \cdot 1 = \frac{\hspace{1cm}}{50} \cdot 1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ g} \end{array}$$

$$m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$$

c) Pomocí vhodného odměrného válce určete objem 50 mincí. Objem označme  $V_{50}$ .



$$V_{50} = V_2 - V_1$$

$$V_{50} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml}$$

d) Pomocí přímé úměry vypočtete objem jedné mince  $V$ .

$$\begin{array}{l} \uparrow 50 \text{ mincí} \dots\dots\dots V_{50} \text{ ml} \uparrow \\ \uparrow 1 \text{ mince} \dots\dots\dots V \text{ ml} \uparrow \\ \hline V = \frac{V_{50}}{50} \cdot 1 = \frac{\hspace{1cm}}{50} \cdot 1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ ml} \end{array}$$

$$V = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml}$$

e) Vypočtete hustotu materiálu, ze kterého byla mince vytištěna.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\hspace{1cm}}{\hspace{1cm}} \frac{\text{g}}{\text{ml}} = \frac{\hspace{1cm}}{\hspace{1cm}} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

(pozn.: objem můžete dosadit v mililitrech, neboť  $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$ !)

$$\rho = \underline{\hspace{2cm}} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

f) Na základě hustoty vypočtené v předchozím bodě a informací z níže uvedené tabulky určete, o jaký materiál se jedná.

Materiál	$\frac{\rho}{\text{g/cm}^3}$
PP	0,91
ABS	1,045
ASA	1,070
PA	1,1
PLA nebo CPE	1,25
PET	1,35

použitý materiál je \_\_\_\_\_

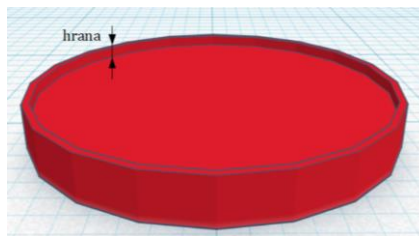


**Otázka pro chytré hlavy**

Je nutné pro výpočet hustoty materiálu zjišťovat hmotnost a objem jedné mince, nebo je možné vypočítat hustotu i bez toho? Uveďte jak a své tvrzení dokažte.

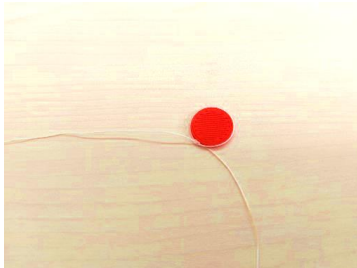
**③ Měření obvodu mince**

a) Prohlédněte si minci. Při bližším ohledání by mělo být vidět, že je na jedné její straně hrana.

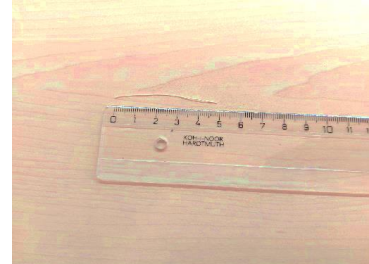
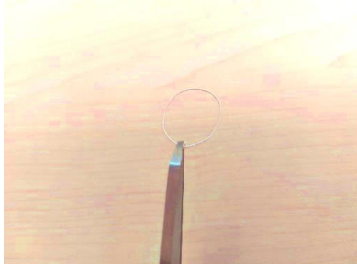


b) Pomocí rezné nitě změřte obvod mince (délku hrany), označte ho  $o_n$ .

- (1) Kolem mince uvažte smyčku. (2) Minci ze smyčky vyvlékněte. (3) Odstřihněte přebytečnou nit.



- (4) V místě uzlu smyčku rozstřihněte. (5) Délka nitě odpovídá obvodu mince. (6) Délku nitě změřte pravítkem.

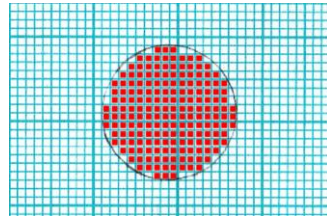
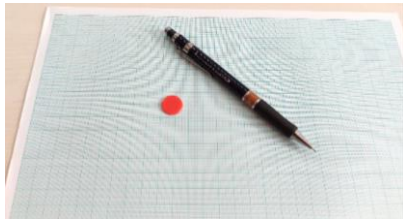


$o_n =$  \_\_\_\_\_ mm

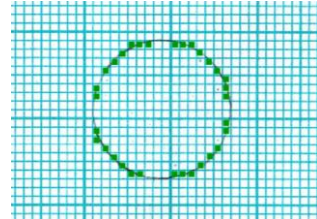


c) Obvod mince stanovte pomocí milimetrového papíru. Princip této metody spočívá v tom, že na milimetrovém papíru určíte obsah kruhu, který vznikne obkreslením mince na milimetrový papír.

- (1) Tužkou pečlivě obkreslete minci na milimetrový papír. (2) Spočítejte všechny čtverečky, které celé leží uvnitř nakresleného útvaru.



- (3) Každý z těchto čtverečků zaujímá plochu  $1 \text{ mm}^2$ . Vynásobíme-li počet čtverečků plochou jednoho čtverečku, získáme plochu  $S_c$ . (4) Spočítejte všechny čtverečky, které v obkresleném úvaru leží pouze částečně.



$$S_c = \underline{\text{počet } \square} \cdot 1 \text{ mm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2$$

- (5) Tyto čtverečky taktéž zaujímají  $1 \text{ mm}^2$ . Jelikož ale neleží v kruhu celé, započítáme jich pouze polovinu (to plyne z teorie pravděpodobnosti). Celkový obsah „necelých“ čtverečků označíme  $S_n$ . (6) Obsah obkresleného kruhu jednoduše určíme jako součet  $S_c$  a  $S_n$ , označíme jej  $S$

$$S = S_c + S_n$$

$$S_n = \frac{\underline{\text{počet } \square}}{2} \cdot 1 \text{ mm}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2$$

$$S = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}^2$$

- (7) Vypočítáme obvod kruhu, označíme ho  $o_s$ .

- pro obsah kruhu platí:  $S = \pi r^2$
- odtud:  $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$
- pro obvod kruhu platí:  $o_s = 2\pi r$
- dosadíme vyjádřené  $r$  z obsahu  $S$ :

$$o_s = 2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

- po úpravě

$$o_s = 2\sqrt{\pi S}$$

- dosadíme námi určené  $S$

$$o_s = 2 \sqrt{\pi \cdot \underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$$

$o_s = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$

d) Z obvodů  $o_n$  a  $o_s$  určíme aritmetický průměr, který označíme  $o$  a použijeme jej v dalších výpočtech.

$$o = \frac{o_n + o_s}{2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$$

$o = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$

#### ④ Mince na hladině

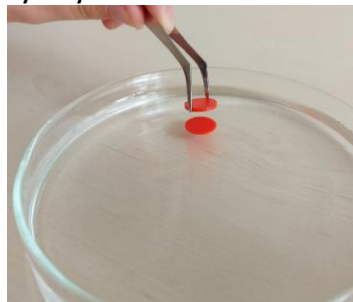
a) Položte minci na hladinu vody v Petriho misce hranou dolů. Minci pokládejte velmi opatrně tak, aby se nenamočila. Musí na hladině stát, nikoli na ní plovat!



b) Pinzetou jemně zatlačte na minci. Uvidíte, jak se pod ní prohýbá hladina. Jak již víte z běžných hodin fyziky, příčinou tohoto jevu je povrchové napětí vody.



c) Pokuste se na minci, která se drží na hladině, položit druhou minci. Nemělo by se to povést a obě mince by měly klesnout ke dnu.



d) Pokuste se výpočtem dokázat, že hladina dvě mince na sobě neudrží.

- pro povrchové napětí platí vztah

$$\sigma = \frac{F}{l},$$

kde  $F$  je povrchová síla, tj. síla, kterou působí hladina kapaliny na délku  $l$  (v našem případě odpovídá obvodu mince  $o$ )

- hladina udrží minci, dokud je gravitační síla, kterou mince působí na hladinu, menší než povrchová síla
- je-li gravitační síla větší než povrchová, mince klesá ke dnu
- je tedy možné určit maximální možnou hmotnost mince, kterou hladina ještě unese
- pro povrchové napětí vody tedy platí

$$\sigma_{voda} = \frac{F_g}{o} = \frac{m_{max} g}{o}$$

- odtud

$$m_{max} = \frac{\sigma_{voda} o}{g}$$

- povrchové napětí vody je  $\sigma_{voda} = 0,07275 \text{ N/m}$ ,  $g$  je gravitační zrychlení  $g = 10 \text{ N/kg}$ ,  $o$  je obvod v metrech, který jsme stanovili výše

$$m_{max} = \frac{0,07275 \cdot \text{obvod}}{10} = \text{_____ kg} = \text{_____ g}$$

- nyní porovnáme maximální hmotnost, kterou hladina při dané délce okraje mince unese, s hmotností dvou mincí
- je zřejmé, že

$$m_{max} < 2 \cdot m$$

- hladina tedy unese pouze jednu naši minci



#### Otázka pro chytré hlavy

Jakou kapalinu místo vody bychom museli použít, aby hladina dvě mince unesla? Vypočtete potřebné povrchové napětí kapaliny a podle MFChT kapalinu stanovte.

<b>Laboratorní cvičení z fyziky</b>	
<b>Název:</b>	Mince na hladině
<b>Vypracoval:</b>	Anežka Čapková
<b>Datum:</b>	20. 9. 2020

### ① Pomůcky

digitální laboratorní váha, 50 mincí podle předlohy, odměrný válec s nejmenším dílkem alespoň 1 ml, voda, kalkulačka, rezná nit (slabý provázek), nůžky, pravítko, tužka, milimetrový papír, Petriho miska, pinzeta

### ② Určení hmotnosti a materiálu použité mince

a) Na digitálních laboratorních vahách stanovte hmotnost 50 mincí vytištěných na 3D tiskárně. Tuto hmotnost označte  $m_{50}$ .



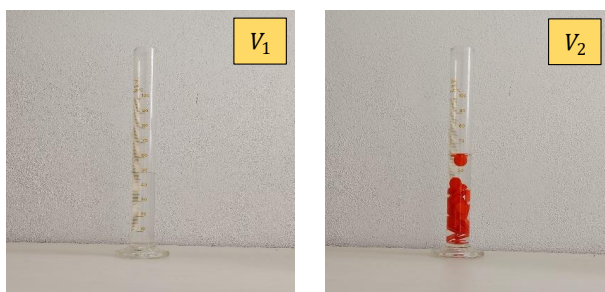
$$m_{50} = \underline{13,1} \text{ g}$$

b) Pomocí přímé úměry vypočtete hmotnost jedné mince  $m$ .

$$\begin{array}{l} \uparrow 50 \text{ mincí} \dots\dots\dots m_{50} \text{ g} \uparrow \\ \uparrow 1 \text{ mince} \dots\dots\dots m \text{ g} \uparrow \\ \hline m = \frac{m_{50}}{50} \cdot 1 = \frac{13,1}{50} \cdot 1 = \underline{0,262} \text{ g} \end{array}$$

$$m = \underline{0,262} \text{ g}$$

c) Pomocí vhodného odměrného válce určete objem 50 mincí. Objem označme  $V_{50}$ .



$$\begin{aligned} V_{50} &= V_2 - V_1 \\ V_{50} &= (62,5 - 50) \text{ ml} \end{aligned}$$

$$V_{50} = \underline{12,5} \text{ ml}$$

d) Pomocí přímé úměry vypočtete objem jedné mince  $V$ .

$$\begin{array}{l} \uparrow 50 \text{ mincí} \dots\dots\dots V_{50} \text{ ml} \uparrow \\ \uparrow 1 \text{ mince} \dots\dots\dots V \text{ ml} \uparrow \\ \hline V = \frac{V_{50}}{50} \cdot 1 = \frac{12,5}{50} \cdot 1 = \underline{0,25} \text{ ml} \end{array}$$

$$V = \underline{0,25} \text{ ml}$$

e) Vypočtete hustotu materiálu, ze kterého byla mince vytištěna.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,262}{0,250} \frac{\text{g}}{\text{ml}} = \underline{1,048} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

(pozn.: objem můžete dosadit v mililitrech, neboť 1 ml = 1 cm<sup>3</sup>!)

$$\rho = \underline{1,048} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

f) Na základě hustoty vypočtené v předchozím bodě a informací z níže uvedené tabulky určete, o jaký materiál se jedná.

Materiál	$\frac{\rho}{\text{g/cm}^3}$
PP	0,91
ABS	1,045
ASA	1,070
PA	1,1
PLA nebo CPE	1,25
PET	1,35

použitý materiál je ABS

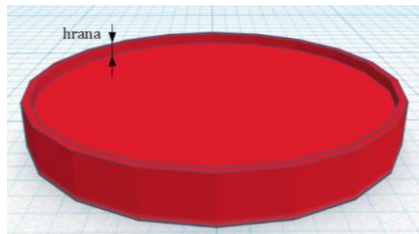


**Otázka pro chytré hlavy**

Je nutné pro výpočet hustoty materiálu zjišťovat hmotnost a objem jedné mince, nebo je možné vypočítat hustotu i bez toho? Uveďte jak a své tvrzení dokažte.

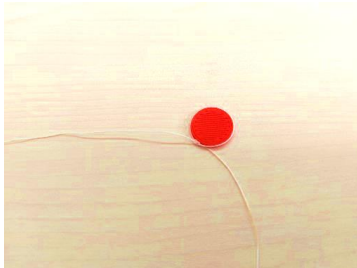
**③ Měření obvodu mince**

a) Prohlédněte si minci. Při bližším ohledání by mělo být vidět, že je na jedné její straně hrana.

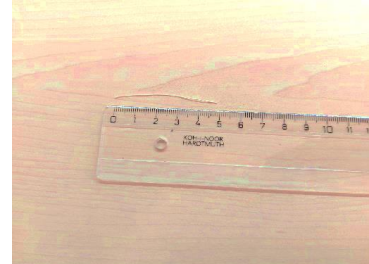
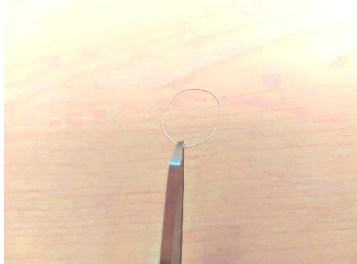


b) Pomocí rezné nitě změřte obvod mince (délku hrany), označte ho  $o_n$ .

- (1) Kolem mince uvažte smyčku. (2) Minci ze smyčky vyvlékněte. (3) Odstřihněte přebytečnou nit.



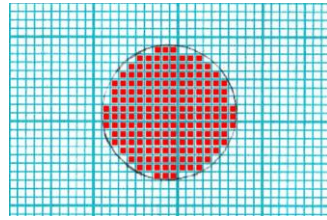
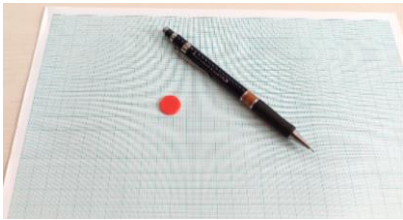
- (4) V místě uzlu smyčku rozstřihněte. (5) Délka nitě odpovídá obvodu mince. (6) Délku nitě změřte pravítkem.



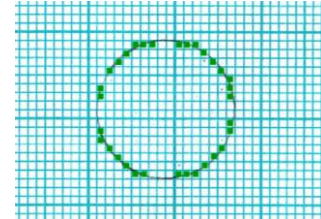
$o_n =$  49 mm

c) Obvod mince stanovte pomocí milimetrového papíru. Princip této metody spočívá v tom, že na milimetrovém papíru určíte obsah kruhu, který vznikne obkreslením mince na milimetrový papír.

- (1) Tužkou pečlivě obkreslete minci na milimetrový papír. (2) Spočítejte všechny čtverečky, které celé leží uvnitř nakresleného útvaru.



- (3) Každý z těchto čtverečků zaujímá plochu  $1 \text{ mm}^2$ . Vynásobíme-li počet čtverečků plochou jednoho čtverečku, získáme plochu  $S_c$ . (4) Spočítejte všechny čtverečky, které v obkresleném úvaru leží pouze částečně.



$$S_c = \underline{183} \cdot 1 \text{ mm}^2 = \underline{183} \text{ mm}^2$$

- (5) Tyto čtverečky taktéž zaujímají  $1 \text{ mm}^2$ . Jelikož ale neleží v kruhu celé, započítáme jich pouze polovinu (to plyne z teorie pravděpodobnosti). Celkový obsah „necelých“ čtverečků označíme  $S_n$ . (6) Obsah obkresleného kruhu jednoduše určíme jako součet  $S_c$  a  $S_n$ , označíme jej  $S$

$$S = S_c + S_n$$

$$S_n = \frac{31}{2} \cdot 1 \text{ mm}^2 = \underline{15,75} \text{ mm}^2 \quad S = \underline{183} + \underline{15,75} = \underline{198,75} \text{ mm}^2$$

- (7) Vypočítáme obvod kruhu, označíme ho  $o_s$ .

- pro obsah kruhu platí:  $S = \pi r^2$
- odtud:  $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$
- pro obvod kruhu platí:  $o_s = 2\pi r$
- dosadíme vyjádřené  $r$  z obsahu  $S$ :

$$o_s = 2\pi \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

- po úpravě

$$o_s = 2\sqrt{\pi S}$$

- dosadíme námi určené  $S$

$$o_s = 2 \sqrt{\pi \cdot \underline{198,75}} = \underline{49,98} \text{ mm}$$

$$o_s = \underline{49,98} \text{ mm}$$

d) Z obvodů  $o_n$  a  $o_s$  určíme aritmetický průměr, který označíme  $o$  a použijeme jej v dalších výpočtech.

$$o = \frac{o_n + o_s}{2} = \underline{49,49} \text{ mm}$$

$$o = \underline{49,49} \text{ mm}$$

#### ④ Mince na hladině

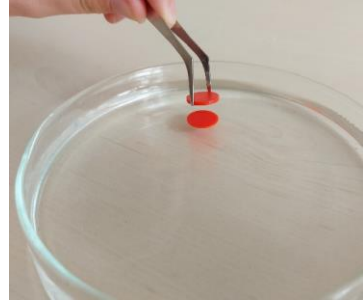
a) Položte minci na hladinu vody v Petriho misce hranou dolů. Minci pokládejte velmi opatrně tak, aby se nenamočila. Musí na hladině stát, nikoli na ní plovat!



b) Pinzetou jemně zatlačte na minci. Uvidíte, jak se pod ní prohýbá hladina. Jak již víte z běžných hodin fyziky, příčinou tohoto jevu je povrchové napětí vody.



c) Pokuste se na minci, která se drží na hladině, položit druhou minci. Nemělo by se to povést a obě mince by měly klesnout ke dnu.



d) Pokuste se výpočtem dokázat, že hladina dvě mince na sobě neudrží.

- pro povrchové napětí platí vztah

$$\sigma = \frac{F}{l},$$

kde  $F$  je povrchová síla, tj. síla, kterou působí hladina kapaliny na délku  $l$  (v našem případě odpovídá obvodu mince  $o$ )

- hladina udrží minci, dokud je gravitační síla, kterou mince působí na hladinu, menší než povrchová síla
- je-li gravitační síla větší než povrchová, mince klesá ke dnu
- je tedy možné určit maximální možnou hmotnost mince, kterou hladina ještě unese
- pro povrchové napětí vody tedy platí

$$\sigma_{voda} = \frac{F_g}{o} = \frac{m_{max} g}{o}$$

- odtud

$$m_{max} = \frac{\sigma_{voda} o}{g}$$

- povrchové napětí vody je  $\sigma_{voda} = 0,07275 \text{ N/m}$ ,  $g$  je gravitační zrychlení  $g = 10 \text{ N/kg}$ ,  $o$  je obvod v metrech, který jsme stanovili výše

$$m_{max} = \frac{0,07275 \cdot 0,04949}{10} = 0,00036 \text{ kg} = 0,36 \text{ g}$$

- nyní porovnáme maximální hmotnost, kterou hladina při dané délce okraje mince unese, s hmotností dvou mincí
- je zřejmé, že

$$m_{max} < 2 \cdot m$$

- hladina tedy unese pouze jednu naši minci



#### Otázka pro chytré hlavy

Jakou kapalinu místo vody bychom museli použít, aby hladina dvě mince unesla? Vypočtete potřebné povrchové napětí kapaliny a podle MFChT kapalinu stanovte.

<b>Laboratorní cvičení z fyziky</b>	
<b>Název:</b>	Kapilární jevy
<b>Vypracoval:</b>	
<b>Datum:</b>	

### ① Úkol č. 1

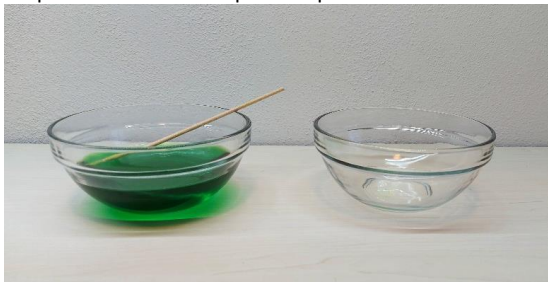



#### ZADÁNÍ ÚKOLU

Pomocí připravených pomůcek demonstруйте kapilární jevy.

#### POMŮCKY

dvě mističky, míchátko (špejle, lžička...), potravinové barvivo, voda, kuchyňské papírové utěrky

#### POSTUP

<p>(1) Do jedné z připravených misek nalijeme vodu a v ní za pomoci míchátko rozpustíme potravinářské barvivo.</p> 	<p>(2) Papírovou utěrku srolujeme.</p> 
<p>(3) Jeden konec papírové utěrky ponoříme do misky s obarvenou vodou, druhý konec do prázdné misky.</p> 	<p>(4) Přibližně 5 minut sledujeme probíhající jev.</p> 

#### VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Úkol č. 1 je názornou demonstrací kapilárních jevů, které jsou přímým důsledkem \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_. V tomto případě se jedná o kapilární \_\_\_\_\_, neboť použitou

kapalinou je voda, která \_\_\_\_\_ stěnu nádoby. Jevem opačným je kapilární

\_\_\_\_\_, jenž se projevuje u kapalin, které \_\_\_\_\_ stěnu nádoby.

## ② Úkol č. 2





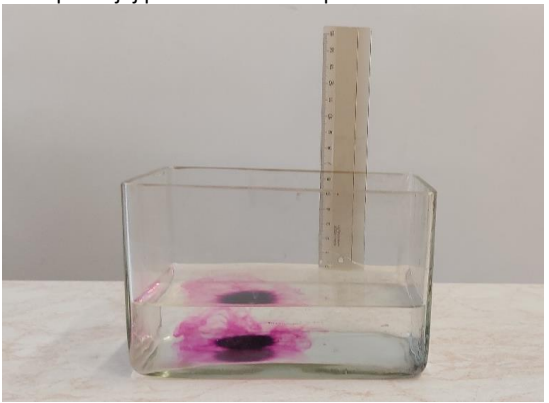
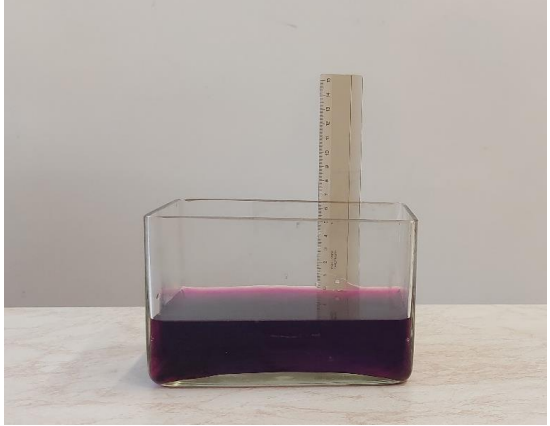
### ZADÁNÍ ÚKOLU

Za použití vhodných pomůcek demonstруйте kapilární elevaci v tenké skleněné trubičce, kapilaritu popište pomocí vám známým fyzikálních veličin.

### POMŮCKY

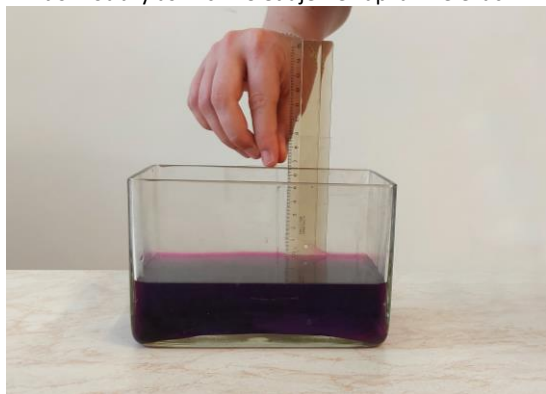
skleněná nádoba, voda, skleněná kapilára, pravítko, hypermangan, míchátko, velká jehla, mikrometr, lepicí páska, barevná izolepa

### POSTUP

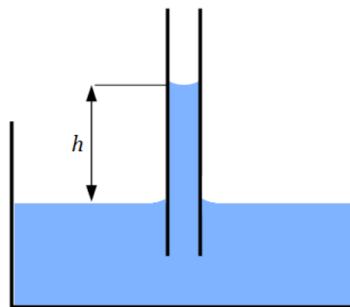
<p>(1) Do tenké skleněné kapiláry velmi opatrně zasuneme jehlu.</p> 	<p>(2) Místo na jehle, po které ji bylo možné zasunout do kapiláry, označíme barevnou izolepou.</p> 
<p>(3) Jehlu opatrně vytáhneme z kapiláry a v místě označení změříme její průměr <math>d</math> mikrometrem.</p> 	<p>(4) Do skleněné nádoby nalijeme do výšky několika centimetrů vodu. Pomocí lepicí pásky ke stěně nádoby přilepíme pravítko tak, aby nula na pravítku odpovídala úrovni hladiny.</p> 
<p>(5) Do připravené nádoby s vodou nasypte trochu hypermanganu (hypermangan baví velmi intenzivně, a proto jej přidáváme velmi opatrně).</p> 	<p>(6) Míchátkem rozvíříme kapalinu tak, aby se hypermangan co nejlépe rozpustil.</p> 



(7) Do obarvené vody zasuneme těsně vedle měřítka tenkou skleněnou kapiláru. Zasouváme ji opatrně, do hloubky asi 2 cm. Sledujeme kapilární elevaci.



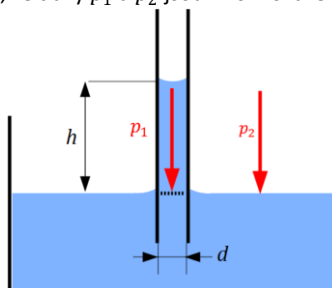
(8) Jakmile se elevace ustálí, odečteme na pravítku výšku  $h$ . Jedná se o rozdíl hladiny v kapiláře a volné hladiny v nádobě.



### VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Úkol č. 2 je analogií úkolu č. 1. Díky tomu, že jsme tentokrát použili skleněnou kapiláru, jsme schopni daný jev přesně popsat.

Při pohledu na obrázek je zřejmé, že tlaky  $p_1$  a  $p_2$  jsou v rovnováze.



Pro tlak  $p_1$  platí  $p_1 = p_a + p_k + p_h$ , kde  $p_a$  je atmosférický tlak, jehož hodnota za normálních podmínek činí

$p_a = \text{_____ Pa}$ ,  $p_k$  je tlak kapilární, pro který u smáčejších kapalin platí  $p_k = -\frac{4\sigma}{d}$ , a  $p_h$  je hydrostatický

tlak, pro který platí  $p_h = \text{_____}$ . Význam veličin  $d$  a  $h$  je nám znám z průběhu měření,

$\rho_k$  je hustota použité kapaliny (pro vodu  $\rho_k = \text{_____ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) a  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  je tíhové zrychlení.

Veličina  $\sigma$  se nazývá povrchové napětí.

Tlak  $p_2$  je roven jen a pouze tlaku atmosférickému.

Do rovnosti tlaků  $p_1 = p_2$  dosadíme

$$p_a + p_k + p_h = p_a,$$

odtud pak vidíme rovnost

$$p_h = -p_k.$$

Po dosažení za  $p_h$  a  $p_k$  vyjádříme  $\sigma$  jako

$$\sigma = \text{_____}.$$

Vnitřní průměr kapiláry byl stanoven  $d =$  \_\_\_\_\_ m a kapalina v trubici vystoupala do výšky  $h =$  \_\_\_\_\_ m. Dosadíme-li tyto hodnoty do odvozeného vzorce pro povrchové napětí, získáváme hodnotu  $\sigma =$  \_\_\_\_\_  $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Tato hodnota je \_\_\_\_\_ tabulková hodnota. Domnívám se, že je to způsobeno tím, že \_\_\_\_\_

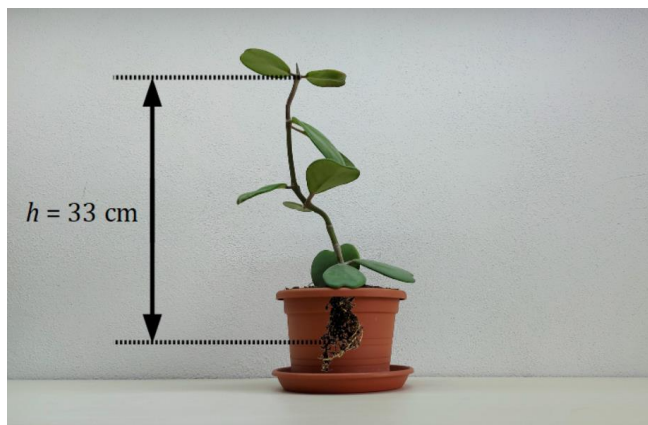
---

### ③ Úkol č. 3

#### ZADÁNÍ ÚKOLU

Kapilární elevaci využívají rostliny pro získávání vody půdy. Na základě znalostí získaných v minulém úkolu vypočtete, jaký vnitřní průměr musí mít kapilára v xylému uvnitř rostliny, aby voda vystoupala od zóny aktivních kořenových vlásků (asi několik centimetrů od kořenové špičky), kterou rostlina nasává vodu, až k jednomu z vrchních listů. Pro výpočet užitě údaje z obrázku rostliny Hoya Kerrii, který je uveden níže.

#### NÁKRES



#### VÝPOČET A ZÁVĚR

V předchozím úkolu jsme pro povrchové napětí odvodili vzorec

$$\sigma = \text{_____}.$$

Když odtud vyjádříme vnitřní průměr  $d$ , získáváme

$$d = \text{_____}.$$

Po dosazení konkrétních hodnot zjišťujeme, že vnitřní průměr kapiláry musí být maximálně

$$d = \text{_____}.$$

Z obrázku je zřejmá skutečnost, která nám v úkolu č. 2 mohla uniknout. Všimneme-li si tvaru rostliny na obrázku, mělo by nám dojít, že při kapilární elevaci nezáleží na tom, jestli je kapilára rovná. Je to důsledkem toho, že hydrostatický tlak uvnitř kapiláry taktéž \_\_\_\_\_, tomuto jevu se ve fyzice říká \_\_\_\_\_.

#### ④ Úkol č. 4

##### ZADÁNÍ ÚKOLU



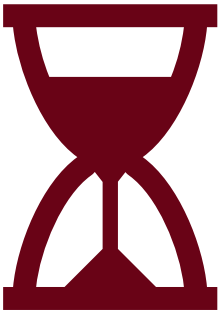

V předchozím úkolu bylo vyřčeno tvrzení, že listy rostlin přijímají vodu pomocí kapilár uvnitř xylému. Je vhodné toto tvrzení dokázat. Na základě obarvení řapíkatého celeru se o to pokuste.

Tento pokus je bohužel časově náročný, nelze jej provést najednou, jedná se o pokus dlouhodobý. Jeho vyhodnocení je možné udělat až druhý den.

##### POMŮCKY

sklenička, voda, červené potravinářské barvivo (lze užít i jiné, ale červené je nejlépe pozorovatelné), míchátko (špejle, lžička...), stonk řapíkatého celeru s listy, nůž, papírové utěrky

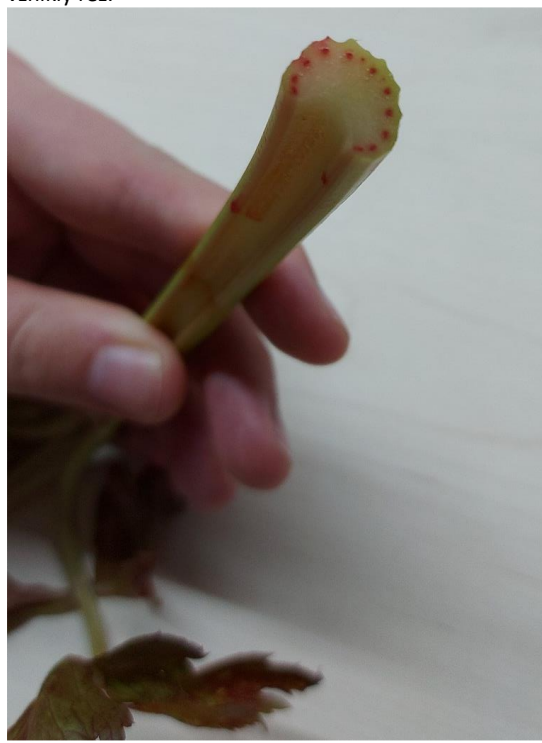
##### POSTUP

<p>(1) Ve sklenici s vodou pečlivě rozmícháme potravinářské barvivo.</p>  A clear glass filled with a vibrant red liquid, representing the food coloring solution prepared for the experiment.	<p>(2) Do připravené obarvené vody umístíme stonk řapíkatého celeru tak, aby listy nebyly ve vodě namočený.</p>  A stalk of celery with green leaves is placed in the glass of red liquid. The leaves are positioned above the liquid surface, while the stem is submerged.
<p>(3) Pokus nechte probíhat do druhého dne.</p>  A red silhouette of an hourglass, symbolizing the passage of time and the long duration of the experiment.	<p>(4) Druhý den si povšimneme, že došlo k obarvení listů.</p>  A close-up view of the celery leaves, which have turned a reddish-brown color, demonstrating the successful transport of the food coloring through the plant's vascular system.

(5) Vyjmeme řapíkatý celer z vody a osušíme ho. Pracujeme opatrně, abychom se nezamazali od barvy.



(6) Pomocí nože kus stoku odřízneme a pozorujeme vzniklý řez.



#### ZÁVĚR

Tento úkol skutečně potvrzuje, že \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

<b>Laboratorní cvičení z fyziky</b>	
<b>Název:</b>	Kapilární jevy
<b>Vypracoval:</b>	Anežka Čapková
<b>Datum:</b>	11. 10. 2020

### ① Úkol č. 1

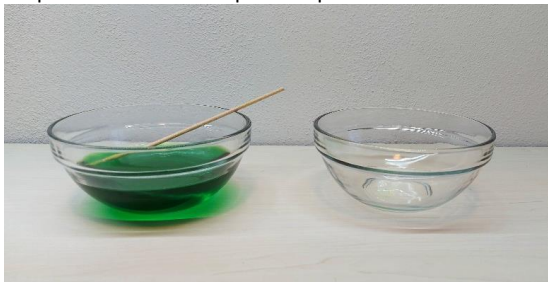



#### ZADÁNÍ ÚKOLU

Pomocí připravených pomůcek demonstруйте kapilární jevy.

#### POMŮCKY

dvě mističky, míchátko (špejle, lžička...), potravinové barvivo, voda, kuchyňské papírové utěrky

#### POSTUP

<p>(1) Do jedné z připravených misek nalijeme vodu a v ní za pomoci míchátko rozpustíme potravinářské barvivo.</p> 	<p>(2) Papírovou utěrku srolujeme.</p> 
<p>(3) Jeden konec papírové utěrky ponoříme do misky s obarvenou vodou, druhý konec do prázdné misky.</p> 	<p>(4) Přibližně 5 minut sledujeme probíhající jev.</p> 

#### VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Úkol č. 1 je názornou demonstrací kapilárních jevů, které jsou přímým důsledkem povrchového napětí. V tomto případě se jedná o kapilární elevaci, neboť použitou kapalinou je voda, která smáčí stěnu nádoby. Jevem opačným je kapilární deprese, jež se projevuje u kapalin, které nesmáčí stěnu nádoby.

## ② Úkol č. 2






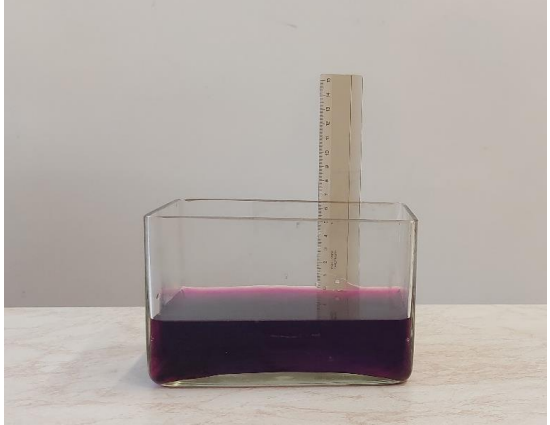
### ZADÁNÍ ÚKOLU

Za použití vhodných pomůcek demonstrujte kapilární elevaci v tenké skleněné trubičce, kapilaritu popište pomocí vám známým fyzikálních veličin.

### POMŮCKY

skleněná nádoba, voda, skleněná kapilára, pravítko, hypermangan, míchátko, velká jehla, mikrometr, lepicí páska, barevná izolepa

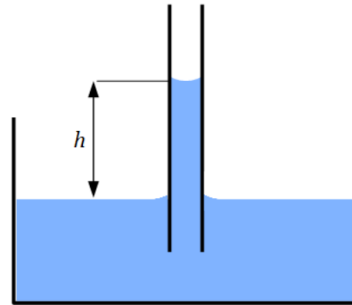
### POSTUP

<p>(1) Do tenké skleněné kapiláry velmi opatrně zasuneme jehlu.</p> 	<p>(2) Místo na jehle, po které ji bylo možné zasunout do kapiláry, označíme barevnou izolepou.</p> 
<p>(3) Jehlu opatrně vytáhneme z kapiláry a v místě označení změříme její průměr <math>d</math> mikrometrem.</p> 	<p>(4) Do skleněné nádoby nalijeme do výšky několika centimetrů vodu. Pomocí lepicí pásky ke stěně nádoby přilepíme pravítko tak, aby nula na pravítku odpovídala úrovni hladiny.</p> 
<p>(5) Do připravené nádoby s vodou nasypeme trochu hypermanganu (hypermangan baví velmi intenzivně, a proto jej přidáváme velmi opatrně).</p> 	<p>(6) Míchátkem rozvíříme kapalinu tak, aby se hypermangan co nejlépe rozpustil.</p> 

(7) Do obarvené vody zasuneme těsně vedle měřítka tenkou skleněnou kapiláru. Zasouváme ji opatrně, do hloubky asi 2 cm. Sledujeme kapilární elevaci.



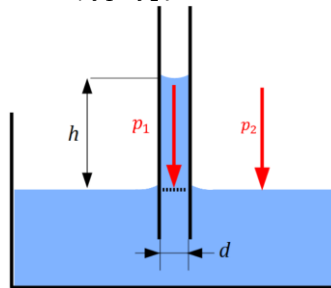
(8) Jakmile se elevace ustálí, odečteme na pravítku výšku  $h$ . Jedná se o rozdíl hladiny v kapiláře a volné hladiny v nádobě.



### VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Úkol č. 2 je analogií úkolu č. 1. Díky tomu, že jsme tentokrát použili skleněnou kapiláru, jsme schopni daný jev přesně popsat.

Při pohledu na obrázek je zřejmé, že tlaky  $p_1$  a  $p_2$  jsou v rovnováze.



Pro tlak  $p_1$  platí  $p_1 = p_a + p_k + p_h$ , kde  $p_a$  je atmosférický tlak, jehož hodnota za normálních podmínek činí

$p_a = \underline{101\,325}$  Pa,  $p_k$  je tlak kapilární, pro který u smáčejších kapalin platí  $p_k = -\frac{4\sigma}{d}$ , a  $p_h$  je hydrostatický

tlak, pro který platí  $p_h = \underline{h\rho g}$ . Význam veličin  $d$  a  $h$  je nám znám z průběhu měření,

$\rho_k$  je hustota použité kapaliny (pro vodu  $\rho_k = \underline{997}$  kg · m<sup>-3</sup>) a  $g = 9,81$  m · s<sup>-2</sup> je tíhové zrychlení.

Veličina  $\sigma$  se nazývá povrchové napětí.

Tlak  $p_2$  je roven jen a pouze tlaku atmosférickému.

Do rovnosti tlaků  $p_1 = p_2$  dosadíme

$$p_a + p_k + p_h = p_a,$$

odtud pak vidíme rovnost

$$p_h = -p_k.$$

Po dosazení za  $p_h$  a  $p_k$  vyjádříme  $\sigma$  jako

$$\sigma = \underline{\frac{h\rho g d}{4}}.$$

Vnitřní průměr kapiláry byl stanoven  $d = 0,00112$  m a kapalina v trubici vystoupala do výšky  $h = 0,022$  m. Dosadíme-li tyto hodnoty do odvozeného vzorce pro povrchové napětí, získáváme hodnotu  $\sigma = 0,06025$  N · m<sup>-1</sup>.

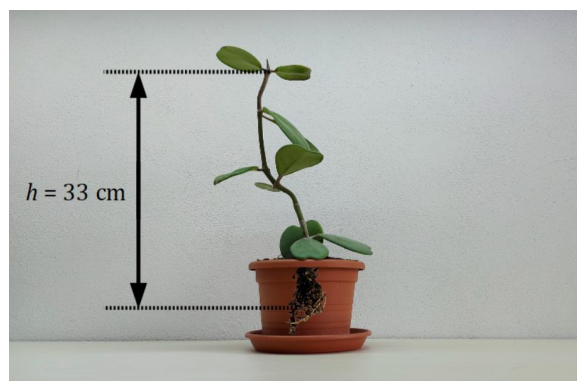
Tato hodnota je nižší než tabulková hodnota. Domnívám se, že je to způsobeno tím, že hypermangan mírně ovlivnil povrchové napětí vody, navíc mohl nepatrně znečistit povrch kapiláry nebo nádoby. Ani měření výšky nebylo úplně přesné.

### ③ Úkol č. 3

#### ZADÁNÍ ÚKOLU

Kapilární elevaci využívají rostliny pro získávání vody půdy. Na základě znalostí získaných v minulém úkolu vypočítejte, jaký vnitřní průměr musí mít kapilára v xylému uvnitř rostliny, aby voda vystoupala od zóny aktivních kořenových vlásků (asi několik centimetrů od kořenové špičky), kterou rostlina nasává vodu, až k jednomu z vrchních listů. Pro výpočet užíjte údaje z obrázku rostliny Hoya Kerrii, který je uveden níže.

#### NÁKRES



#### VÝPOČET A ZÁVĚR

V předchozím úkolu jsme pro povrchové napětí odvodili vzorec

$$\sigma = \frac{h\rho g d}{4}$$

Když odtud vyjádříme vnitřní průměr  $d$ , získáváme

$$d = \frac{4\sigma}{h\rho g}$$

Po dosazení konkrétních hodnot zjišťujeme, že vnitřní průměr kapiláry musí být maximálně

$$d = 9,016 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 90 \text{ }\mu\text{m}$$

Z obrázku je zřejmá skutečnost, která nám v úkolu č. 2 mohla uniknout. Všimneme-li si tvaru rostliny na obrázku, mělo by nám dojít, že při kapilární elevaci nezáleží na tom, jestli je kapilára rovná. Je to důsledkem toho, že hydrostatický tlak uvnitř kapiláry taktéž nezávisí na jejím tvaru, tomuto jevu se ve fyzice říká hydrostatický paradox.



#### ④ Úkol č. 4

##### ZADÁNÍ ÚKOLU

V předchozím úkolu bylo vyřčeno tvrzení, že listy rostlin přijímají vodu pomocí kapilár uvnitř xylému. Je vhodné toto tvrzení dokázat. Na základě obarvení řapíkatého celeru se o to pokuste.

Tento pokus je bohužel časově náročný, nelze jej provést najednou, jedná se o pokus dlouhodobý. Jeho vyhodnocení je možné udělat až druhý den.

##### POMŮCKY

sklenička, voda, červené potravinářské barvivo (lze užit i jiné, ale červené je nejlépe pozorovatelné), míchátko (špejle, lžička...), stonk řapíkatého celeru s listy, nůž, papírové utěrky

##### POSTUP

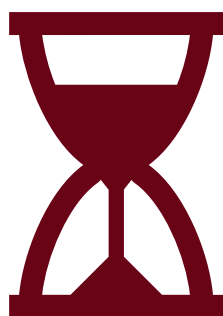
(1) Ve sklenici s vodou pečlivě rozmícháme potravinářské barvivo.



(2) Do připravené obarvené vody umístíme stonk řapíkatého celeru tak, aby listy nebyly ve vodě namočený.



(3) Pokus nechte probíhat do druhého dne.



(4) Druhý den si povšimneme, že došlo k obarvení listů.



(5) Vyjmeme řapíkatý celer z vody a osušíme ho. Pracujeme opatrně, abychom se nezamazali od barvy.



(6) Pomocí nože kus stoku odřízneme a pozorujeme vzniklý řez.



**ZÁVĚR**

Tento úkol skutečně potvrzuje, že rostliny přijímají vodu pomocí kapilár,  
které jsou po provedení experimentu na řezu dobře viditelné.

# Demonstrace závislosti kapilárního tlaku na poloměru mýdlové bubliny

## ① Pomůcky

Bunsenův stojan se svorkou a univerzálním držákem  
souprava pro demonstraci  
miska s vodou  
tekuté mýdlo (prostředek na mytí nádobí)

## ② Postup

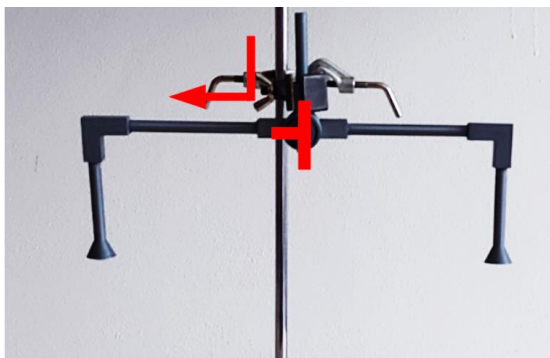
(1) Připravíme mýdlový roztok.



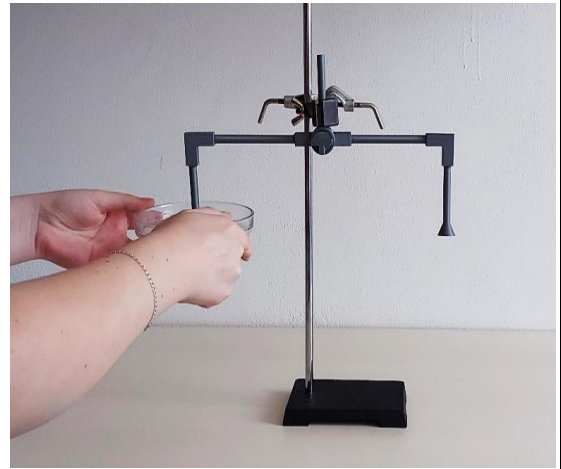
(2) Soupravu pro demonstraci upevníme do univerzálního držáku, který pomocí svorky připevníme k Bunsenovu stojanu.



(3) Trojcestný kohout natočíme tak, abychom foukali jen a pouze do levého ramena soupravy.



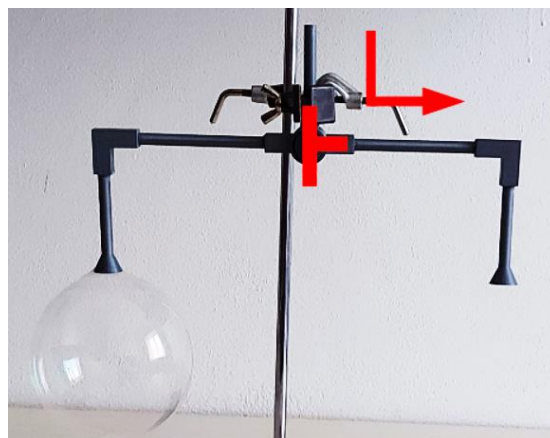
(4) Levý rozšířený konec soupravy namočíme do mýdlové vody.



(5) Vyfoukneme bublinu o velkém poloměru  $r_1$ .



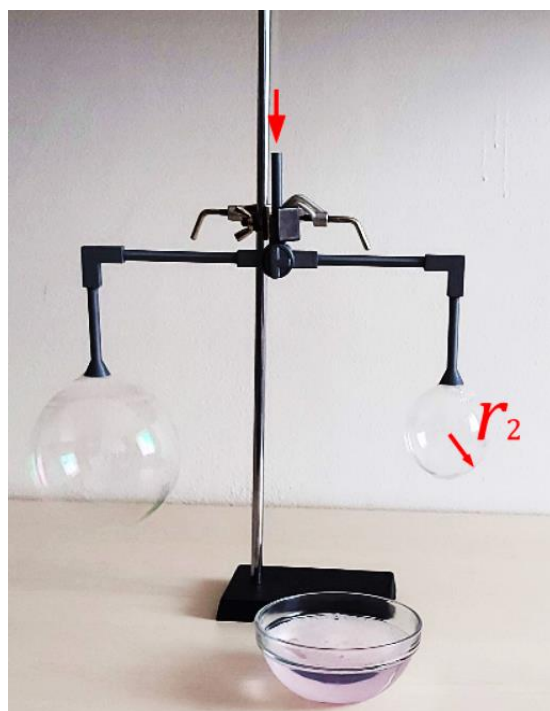
(6) Kohout otočíme tak, abychom mohli foukat jenom do pravého ramena soupravy.



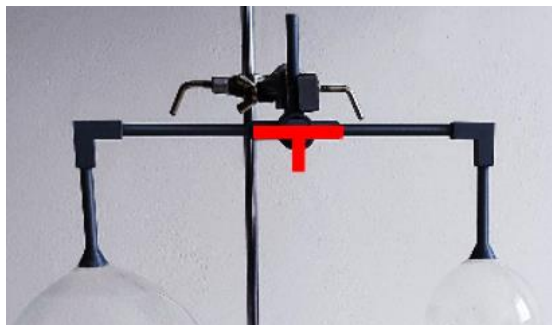
(7) Do mýdlové vody namočíme pravý rozšířený konec.



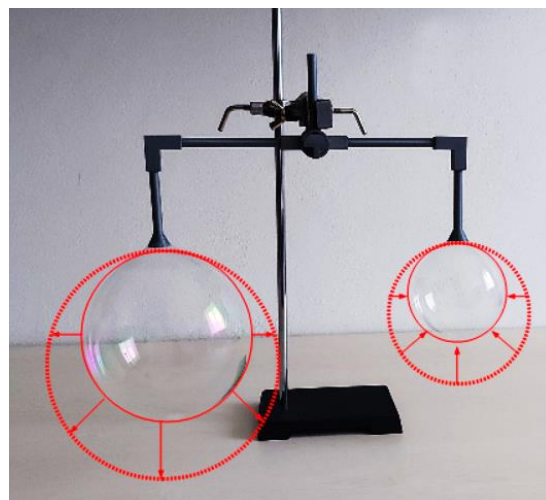
(8) Vyfoukneme bublinu o menším poloměru  $r_2$  (platí  $r_2 < r_1$ )



(9) Kohout otočíme tak, aby som spojili obě bubliny a rameno, kterým jsme nafukovali bubliny, bylo uzavřeno.



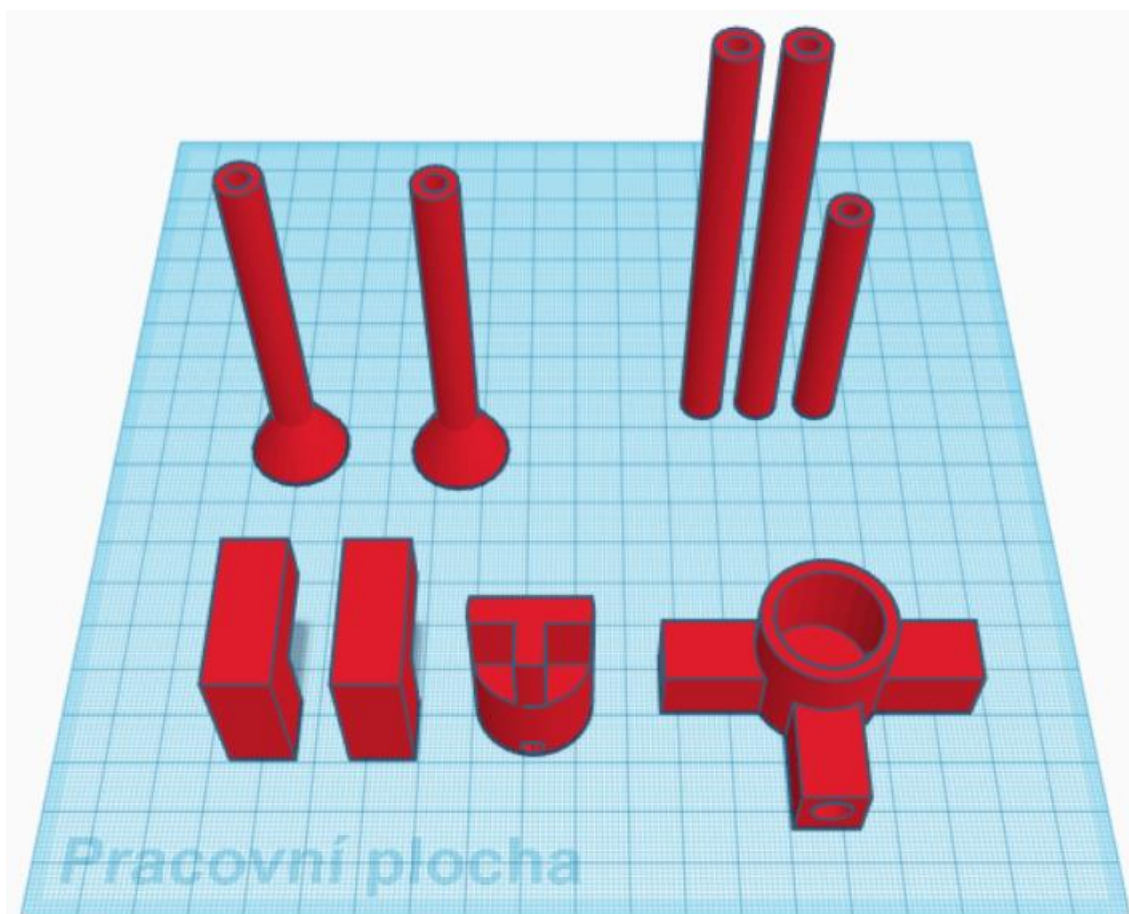
(10) Pozorujeme, jak bublina o větším poloměru roste a menší bublina se postupně zmenšuje.



(11) Děj sledujeme, dokud menší z bublin úplně nezanikne.



Příloha č. 18



Model lze nalézt na přiloženém CD.



## ② Osmisměrka

### a) Popis aktivity

Druhou aktivitu představuje osmisměrka tvořená jmény význačných fyziků. Nevýhodou této aktivity je, že obsahuje jména fyziků, jejichž objevy jsou na většině škol předmětem studia až po termice. Aktivitu lze tedy zařadit buď v maturitním ročníku jakožto opakování k maturitní zkoušce, případně lze aktivitu zařadit dříve, ale mírně pozměnit její průběh, tj. studentům umožnit vyhledávat k osobnostem konkrétní informace a společně tyto informace prodiskutovat a posoudit jejich správnost. Tajenku taktéž tvoří slovní spojení „POVRCHOVÉ NAPĚTÍ“.

### b) Vlastní aktivita

V osmisměrce vyškrtejte všechna níže uvedená jména významných fyziků. Zbývá písmena tvoří tajenku.

Bell	Boyle	Faraday	Huygens	Koperník	Ohm	Watt
Bernoulli	Carnot	Galilei	Kelvin	Maxwell	Planck	Wien
Bohm	Dirac	Hertz	Kepler	Newton	Tesla	
Born	Einstein	Hund	Kirchhoff	Oersted	Volta	

K	I	R	C	H	H	O	F	F	B	P	W
O	H	M	R	E	L	P	E	K	A	Y	
P	U	H	V	R	O	L	V	T	R	A	
E	Y	O	O	T	L	C	H	T	O	B	D
R	G	B	L	Z	B	O	Y	L	E	A	
N	E	W	T	O	N	V	N	T	R	R	
Í	N	I	A	E	É	N	S	R	N	A	
K	S	A	N	P	S	R	Ě	K	O	F	
W	I	E	N	S	E	L	C	E	U	B	
C	A	R	N	O	T	T	A	L	L	D	
K	C	N	A	L	P	E	R	V	L	N	
M	A	X	W	E	L	L	I	I	I	U	
I	E	L	I	L	A	G	D	N	Í	H	







### ③ Majoránka na hladině

#### a) Popis aktivity

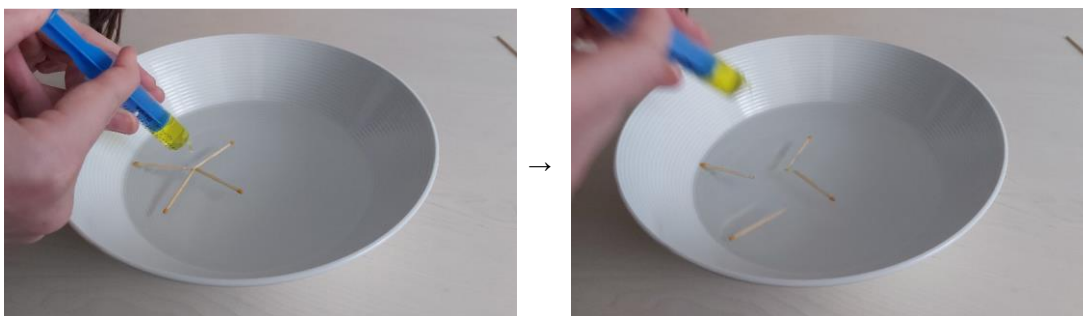
Jedná se o jednoduchý demonstrační experiment, jehož cílem je ukázat, že usušené kousky majoránky drží vlivem povrchového napětí na hladině. Zároveň je možné demonstrovat, co se stane s majoránkou po přidání detergentu. Kápneme-li do vody detergent, změní se rozložení majoránky na hladině – přidáním saponátu se totiž v místě kápnutí zmenšuje povrchová síla kapaliny, výsledná síla působící na částičky majoránky pak tedy směřuje od místa kápnutí.

#### b) Postup

<p>(1) Do misky (hlubokého talíře) nalijeme vodu.</p> 	<p>(2) Na hladinu nasypeme tenkou vrstvu majoránky.</p> 
<p>(3) Doprostřed hladiny kápneme trochu prostředku na mytí nádobí.</p> 	<p>(4) Na hladině pozorujeme, jak se mění rozmístění majoránky.</p> 

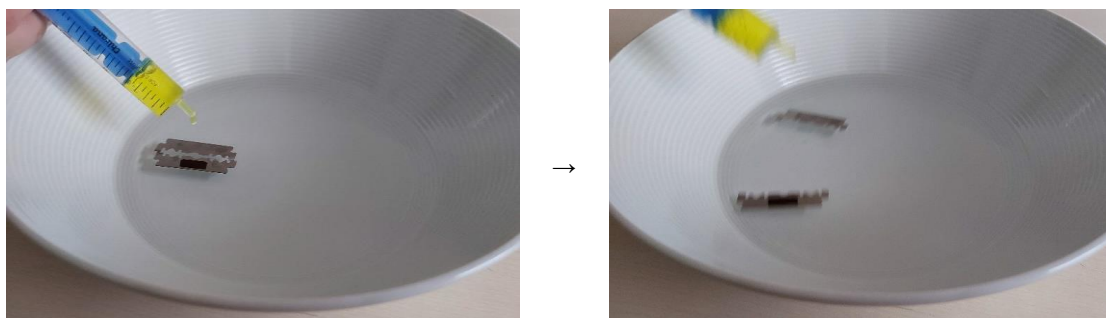
#### c) Alternativa č. 1 – zápalky na hladině

Princip je analogický, jenom místo majoránky na hladinu opatrně položíme čtyři zápalky a vytvoříme z nich tvar kříže. Po přidání saponátu do místa, kde se konce zápalek dotýkají, pozorujeme, jak se zápalky od sebe posunou.







#### d) Alternativa č. 2 – rozpůlená žiletka na hladině

Další možnou alternativou je na hladinu položit žiletku, kterou nejprve rozpůlíme na delší straně na dvě stejně velké části.



#### e) Alternativa č. 3 – barvení mléka

Poslední (ale neméně efektní) alternativou je barvení mléka potravinářským barvivem.


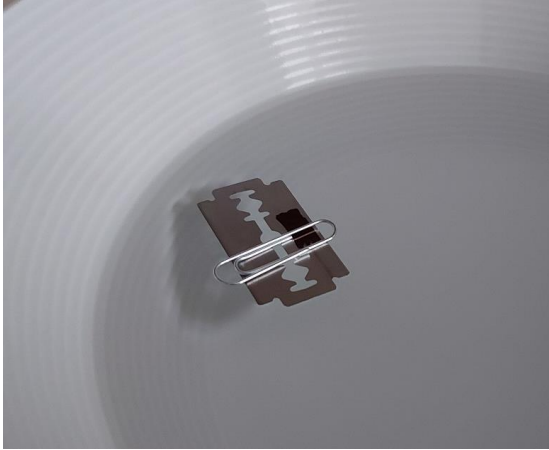
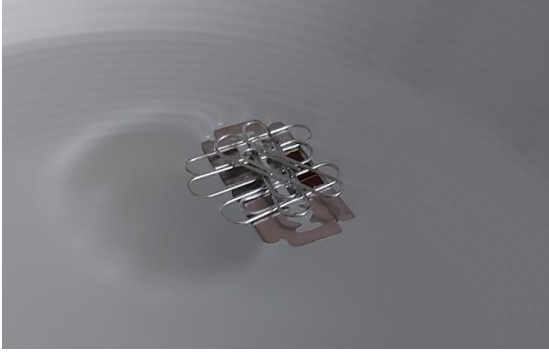
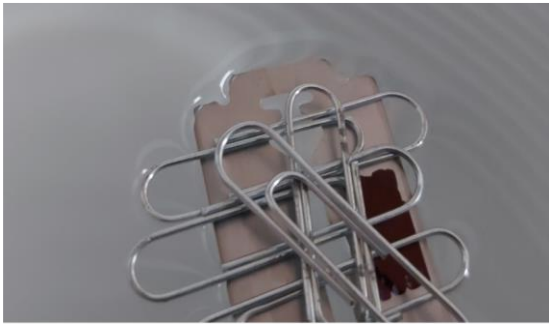
<p>(1) Do misky (hlubokého talíře) nalijeme mléko.</p> 	<p>(2) Hladinu mléka posypeme potravinářským barvivem.</p> 
<p>(3) Nebojíme se přidat více různých barev.</p> 	<p>(4) Doprstřed hladiny kápneme trochu detergentu, sledujeme, jak se částičky jednotlivých potravinářských barviv posouvají k okraji talíře a při tom obarvují mléko.</p> 

## ④ „Nosnost“ hladiny

### a) Popis aktivity

V úloze „Mince na hladině“ jsme zkoumali maximální přípustnou hmotnost mince, která vlivem povrchového napětí neklesne ke dnu. Tento experiment lze však jednoduše demonstrovat pomocí žiletky na hladině, kterou budeme postupně zatěžovat kancelářskými sponkami.

### b) Postup

<p>(1) Na hladinu vody opatrně položíme žiletku.</p> 	<p>(2) Na žiletku opatrně položíme kancelářskou sponku.</p> 
<p>(3) Sponek můžeme položit několik.</p> 	<p>(4) Pozorujeme, jak se hladina prohýbá. Sponky klademe do té doby, než se žiletka potopí.</p> 

## ⑤ Zakřivení hladiny

### a) Popis aktivity

Cílem aktivity je žáků ukázat, že se voda nad okrajem skleničky chová jako tenká blána, tj. že vrchovatá sklenka s vodou nepřeteče, i když do ní budeme vhadzovat kancelářské sponky.

### b) Postup

(1) Do tenkostěnné sklenice (např. na víno) nalijeme až po její okraj vodu.



(2) Postupně do ní začneme vhadzovat kancelářské sponky.



(3) Sponky házíme do skleničky a sledujeme zakřivení povrchu kapaliny.



## ⑥ Kapky na podložce

### a) Popis aktivity

Různé kapaliny mají různá povrchová napětí, to lze dokázat jednoduchým experimentem, při kterém vedle sebe na pevnou podložku kápneme vodu, glycerin, olej, líh a mýdlovou vodu. Budeme pozorovat, že kapaliny s větším povrchovým napětím tvoří kulatější kapky, zatímco kapaliny s nízkým povrchovým napětím téměř nebudou držet tvar.

### b) Postup

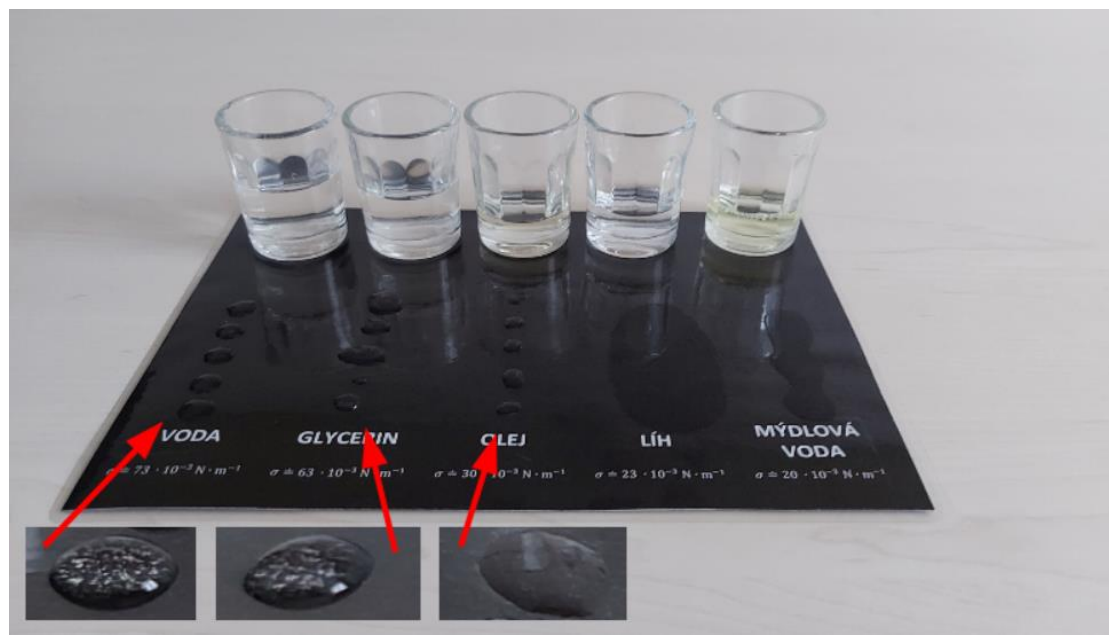
(1) Připravíme si injekční stříkačky (kapátka) a vzorky jednotlivých kapalin umístíme na podložku s popisky.



(2) Pomocí stříkaček na podložku vytvoříme řady kapek jednotlivých vzorků.



(3) Pozorujeme výše popsany jev.



<b>VODA</b>	<b>GLYCERIN</b>	<b>OLEJ</b>	<b>LÍH</b>	<b>MÝDLOVÁ VODA</b>
$\sigma \doteq 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	$\sigma \doteq 63 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	$\sigma \doteq 30 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	$\sigma \doteq 23 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	$\sigma \doteq 20 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

# Soubor motivačních aktivit

## ① Křížovka

### a) Popis aktivity

Předmětem aktivity je křížovka, která obsahuje základní pojmy termiky. Řešením tajenky je slovní spojení „POVRCHOVÉ NAPĚTÍ“, aktivitu lze tedy využít jako motivaci v úvodu do kapitoly týkající se právě povrchového napětí, studenti si nejprve zopakují pojmy, které k osvojení nové látky potřebují, a zároveň budou nenásilnou formou seznámeni s tématem vyučovací jednotky.

### b) Vlastní aktivita

Doplňte a zjistěte tajenku.

1. Který zákon popisuje následující definice: „Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalně těleso v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný.“
2. Přejchod z plynného skupenství do kapalného nazýváme vypařování neboli .....
3. Uveďte jiný název pro viskozitu.
4. Jak nazýváme rovnici, kterou popisuje vztah  $\frac{1}{2}\rho v^2 + p = \text{konst.}$
5. Který zákon popisuje následující definice: „Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, její velikost je rovna tíhové síle kapaliny o stejném objemu, jako je objem ponořeného tělesa.“
6. Uveďte, kterou fyzikální veličinu značíme písmenem  $V$ .
7. Jaká síla působí v kapalině proti tíhové síle?
8. Zařízení využívající nestlačitelnost kapalin se nazývá ..... zařízení.
9. Uveďte jednotku síly.
10. Jak se jmenuje plošnice, která se dokáže pohybovat po vodní hladině?
11. Rozlišujeme 3 základní skupenství látek: pevné, kapalně a .....
12. Zařízení pro stanovené hustoty kapalných látek nazýváme .....
13. Uveďte společný název pro kapaliny a plyny.
14. Pevné látky lze rozdělit do dvou skupin: krystalické a .....

1.				P	A	S	C	A	L	Ů	V				
2.				K	O	N	D	E	N	Z	A	C	E		
3.					V	A	Z	K	O	S	T				
4.				B	E	R	N	N	O	U	L	L	I	H	O
5.				A	R	C	H	I	M	É	D	Ů	V		
6.						O	B	J	E	M					
7.						V	Z	T	L	A	K	O	V	Á	
8.	H	Y	D	R	A	U	L	I	C	K	É				
9.								N	E	W	T	O	N		
10.					B	R	U	S	L	A	Ř	K	A		
11.								P	L	Y	N	N	É		
12.					H	U	S	T	O	M	Ě	R			
13.						T	E	K	U	T	I	N	Y		
14.					A	M	O	R	F	N	Í				

## ② Osmisměrka

### a) Popis aktivity

Druhou aktivitu představuje osmisměrka tvořená jmény význačných fyziků. Nevýhodou této aktivity je, že obsahuje jména fyziků, jejichž objevy jsou na většině škol předmětem studia až po termice. Aktivitu lze tedy zařadit buď v maturitním ročníku jakožto opakování k maturitní zkoušce, případně lze aktivitu zařadit dříve, ale mírně pozměnit její průběh, tj. studentům umožnit vyhledávat k osobnostem konkrétní informace a společně tyto informace prodiskutovat a posoudit jejich správnost. Tajenku taktéž tvoří slovní spojení „POVRCHOVÉ NAPĚTÍ“.

### b) Vlastní aktivita

V osmisměrce vyškrtejte všechna níže uvedená jména významných fyziků. Zbývá písmena tvoří tajenku.

Bell	Boyle	Faraday	Huygens	Koperník	Ohm	Watt
Bernoulli	Carnot	Galilei	Kelvin	Maxwell	Planck	Wien
Bohm	Dirac	Hertz	Kepler	Newton	Tesla	
Born	Einstein	Hund	Kirchhoff	Oersted	Volta	

