

**ENVIRO**  
XPERIMENT

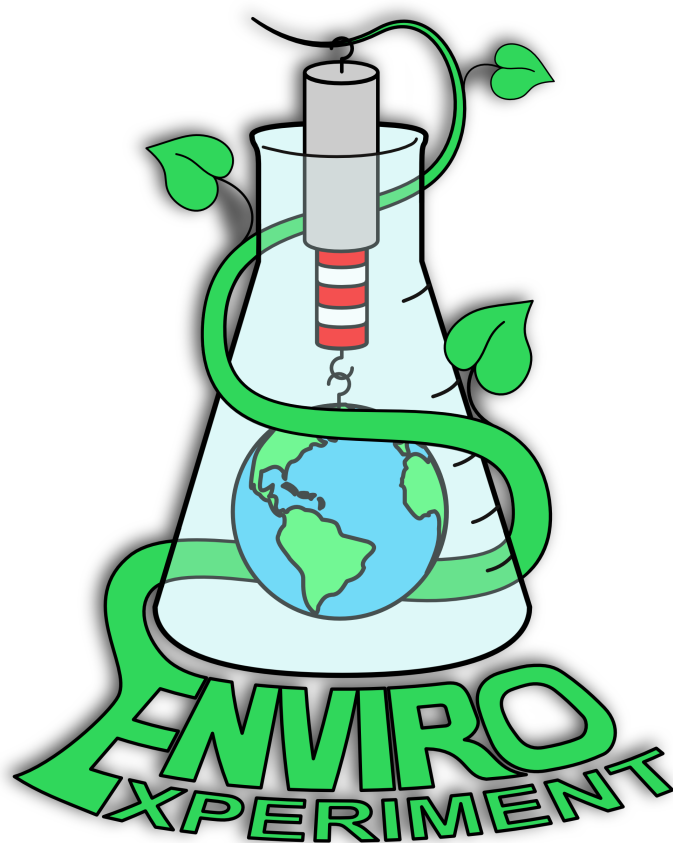
# FYZIKA

PRO SŠ

# Enviroexperiment

-

## fyzika pro SŠ



Západočeská univerzita v Plzni  
2012

Publikace byla vydána s podporou projektu ESF OP VK reg. č. CZ.1.07/1.1.12/04.0009 Rozvoj experimentální výuky environmentálních programů ZŠ a SŠ.

Recenzenti: PaedDr. Gerhard Höfer, CSc.  
RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.

Editoři: © Zdeňka Chocholoušková, Veronika Kaufnerová, Plzeň 2012  
Autoři: © Jaroslava Kepková, Josef Veselý, Jitka Soukupová, Plzeň 2012

**ISBN 978-80-261-0179-6**

Vydala Západočeská univerzita v Plzni

## Obsah

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ATMOSFÉRA ZEMĚ, PODTLAK, PŘETLAK .....</b>                     | <b>7</b>  |
| <i>Mgr. Jaroslava Kepková .....</i>                               | <i>7</i>  |
| 1 ÚKOL .....                                                      | 7         |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                             | 7         |
| 3 POMŮCKY A MATERIÁL .....                                        | 7         |
| 4 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                                       | 7         |
| 5 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY A PŘESAHY .....                           | 7         |
| 6 OBECNÝ ÚVOD K TÉMATU .....                                      | 7         |
| 7 PRACOVNÍ POSTUP .....                                           | 9         |
| 8 METODICKÉ POZNÁMKY.....                                         | 11        |
| <b>FÁZOVÝ DIAGRAM VODY.....</b>                                   | <b>12</b> |
| <i>Mgr. Josef Veselý.....</i>                                     | <i>12</i> |
| 1 ÚKOL .....                                                      | 12        |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                             | 12        |
| 3 POMŮCKY A MATERIÁL .....                                        | 12        |
| 4 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                                       | 12        |
| 5 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY A PŘESAHY .....                           | 12        |
| 6 OBECNÝ ÚVOD K TÉMATU .....                                      | 12        |
| 7 PRACOVNÍ POSTUP .....                                           | 13        |
| 8 METODICKÉ POZNÁMKY.....                                         | 22        |
| <b>LIDSKÝ ZRAK .....</b>                                          | <b>23</b> |
| <i>PhDr. Jitka Soukupová.....</i>                                 | <i>23</i> |
| 1 ÚKOL .....                                                      | 23        |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                             | 23        |
| 3 POMŮCKY A MATERIÁL .....                                        | 23        |
| 4 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                                       | 23        |
| 5 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY .....                                     | 24        |
| 6 OBECNÝ ÚVOD K TÉMATU .....                                      | 24        |
| 7 PRACOVNÍ POSTUP .....                                           | 25        |
| PRACOVNÍ LIST .....                                               | 29        |
| <b>AKUSTIKA, LIDSKÝ SLUCH – EXPERIMENTY A MĚŘENÍ PRO SŠ .....</b> | <b>31</b> |
| <i>PhDr. Jitka Soukupová.....</i>                                 | <i>31</i> |
| 1 ÚKOL .....                                                      | 31        |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                             | 31        |
| 3 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                                       | 31        |
| 4 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY A PŘESAHY .....                           | 31        |
| 5 KLÍČOVÉ KOMPETENCE .....                                        | 31        |
| 6 MATERIÁLY PRO VÝUKU .....                                       | 32        |
| 7 POUŽITÁ ODBORNÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE:.....            | 38        |

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| PRACOVNÍ LIST .....                                  | 39        |
| <b>JADERNÉ PŘEMĚNY .....</b>                         | <b>41</b> |
| <i>Mgr. Josef Veselý</i> .....                       | 41        |
| 1 ÚKOL .....                                         | 41        |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                | 41        |
| 3 POMŮCKY A MATERIÁL .....                           | 41        |
| 4 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                          | 41        |
| 5 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY A PŘESAHY .....              | 41        |
| 6 OBECNÝ ÚVOD K TÉMATU.....                          | 41        |
| 7 PRACOVNÍ POSTUP.....                               | 43        |
| 8 METODICKÉ POZNÁMKY .....                           | 47        |
| PRACOVNÍ LISTY – LABORATORNÍ CVIČENÍ.....            | 48        |
| <b>MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA VODY .....</b>             | <b>53</b> |
| <i>Mgr. Josef Veselý</i> .....                       | 53        |
| 1 ÚKOL .....                                         | 53        |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                | 53        |
| 3 POMŮCKY A MATERIÁL .....                           | 53        |
| 4 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                          | 53        |
| 5 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY.....                         | 53        |
| 6 OBECNÝ ÚVOD K TÉMATU.....                          | 53        |
| 7 PRACOVNÍ POSTUP.....                               | 54        |
| 8 METODICKÉ POZNÁMKY .....                           | 57        |
| PRACOVNÍ LISTY – LABORATORNÍ CVIČENÍ A .....         | 58        |
| PRACOVNÍ LISTY – LABORATORNÍ CVIČENÍ B.....          | 62        |
| <b>POVRCHOVÉ NAPĚTÍ VODY, KAPILÁRNÍ JEVY.....</b>    | <b>65</b> |
| <i>Mgr. Jaroslava Kepková</i> .....                  | 65        |
| 1 ÚKOL .....                                         | 65        |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                | 65        |
| 3 POMŮCKY A MATERIÁL .....                           | 65        |
| 4 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                          | 65        |
| 5 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY A PŘESAHY .....              | 65        |
| 6 OBECNÝ ÚVOD K TÉMATU.....                          | 65        |
| 7 PRACOVNÍ POSTUP.....                               | 67        |
| 8 METODICKÉ POZNÁMKY .....                           | 69        |
| <b>ENERGIE VODY, VODNÍ KOLA, VODNÍ TURBÍNY .....</b> | <b>70</b> |
| <i>Mgr. Jaroslava Kepková</i> .....                  | 70        |
| 1 ÚKOL .....                                         | 70        |
| 2 ČASOVÁ DOTACE .....                                | 70        |
| 3 POMŮCKY A MATERIÁL .....                           | 70        |
| 4 HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                          | 70        |
| 5 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY A PŘESAHY .....              | 70        |

|                                                    |                                                      |           |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------|
| 6                                                  | OBECNÝ ÚVOD K TÉMATU .....                           | 70        |
| 7                                                  | PRACOVNÍ POSTUP .....                                | 73        |
| 8                                                  | METODICKÉ POZNÁMKY.....                              | 75        |
|                                                    | PRACOVNÍ LIST - VODNÍ ENERGIE .....                  | 76        |
| <b>HUSTOTA – EXPERIMENTY A MĚŘENÍ PRO SŠ .....</b> |                                                      | <b>78</b> |
|                                                    | <i>PhDr. Jitka Soukupová.....</i>                    | <i>78</i> |
| 1                                                  | ÚKOL.....                                            | 78        |
| 2                                                  | ČASOVÁ DOTACE .....                                  | 78        |
| 3                                                  | HLAVNÍ A DÍLČÍ CÍLE .....                            | 78        |
| 4                                                  | MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY A PŘESAHY .....                | 78        |
| 5                                                  | KLÍČOVÉ KOMPETENCE .....                             | 78        |
| 6                                                  | MATERIÁLY PRO VÝUKU .....                            | 79        |
| 7                                                  | POUŽITÁ ODBORNÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE:..... | 85        |
|                                                    | PRACOVNÍ LIST .....                                  | 86        |



# Atmosféra Země, podtlak, přetlak

Mgr. Jaroslava Kepková

## 1 Úkol

### 1.1 Měření atmosférického tlaku

## 2 Časová dotace

týden

## 3 Pomůcky a materiál

Aneroid, papír, tužka, milimetrový papír

## 4 Hlavní a dílčí cíle

### 4.1 Základní cíle

Měření tlaku vzduchu v určitých časových intervalech, grafický záznam změn atmosférického tlaku, souvislost změn atmosférického tlaku s vývojem počasí.

### 4.2 Vedlejší cíle

Význam předpovědi počasí pro odvětví lidské činnosti, např. doprava, zemědělství, apod.

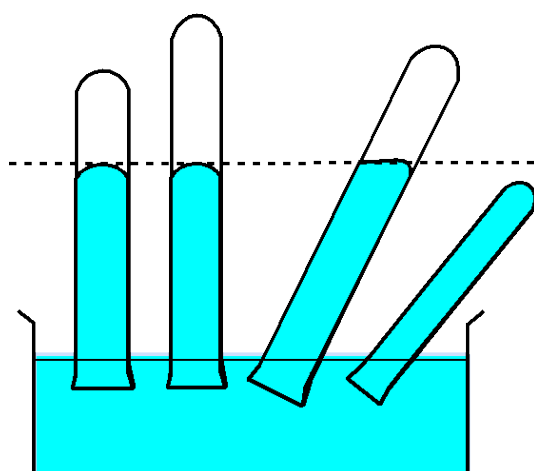
## 5 Mezipředmětové vztahy a přesahy

Přírodověda, přírodopis, zeměpis, chemie

## 6 Obecný úvod k tématu

Země je obklopena vzduchovým obalem, který se nazývá atmosféra Země. Její tloušťka je několik set kilometrů, hustota klesá se vzdáleností od zemského povrchu. Bylo zjištěno, že v určitém objemu vzduchu je 21 % kyslíku, 78 % dusíku, 1 % jiných plynných látek. Pro člověka je kyslík životně důležitý. Proto čistota vzduchu a udržení jeho správného složení patří k významným složkám péče o životní prostředí. Na atmosféru působí gravitační síla Země, horní vrstvy atmosféry působí na spodní vrstvy tlakovými silami, vyvolávají tím v atmosféře tlak – nazývá se atmosférický tlak. Základem měření atmosférického tlaku je Torricelliho pokus.





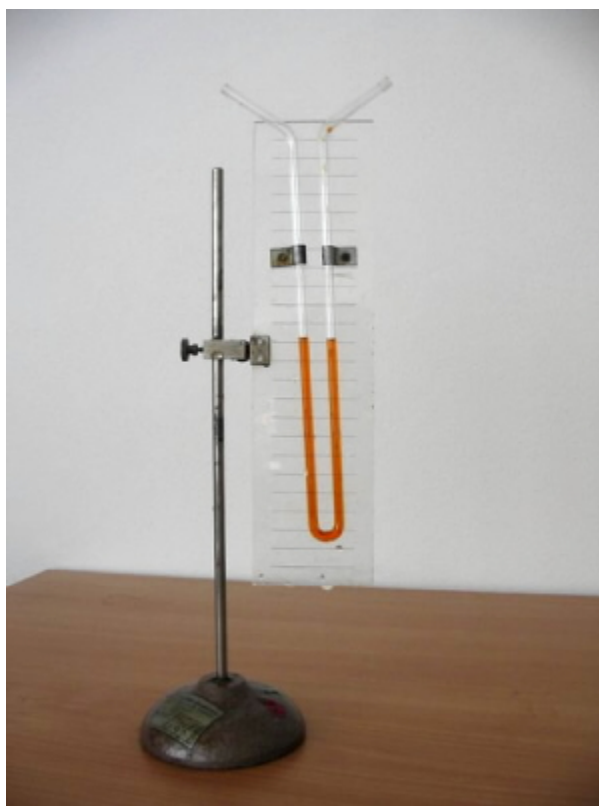
Skleněnou trubici cca 1 m dlouhou, na jednom konci zatavenou, naplnili rtutí. Trubici uzavřeli, obrátili zataveným koncem vzhůru a ponořili do rtuti v nádobě. Po uvolnění zátky pozorovali, že část rtuti vytekla do nádoby. Rtuť se v trubici ustálila tak, že **vzdálenost mezi hladinou rtuti v trubici a v nádobě byla asi 76 cm**. Tato vzdálenost zůstávala stejná, i když trubice byla delší nebo byla nakloněná. Nad rtutí v trubici se vytvořilo **vzduchoprázdno (vakuum)**.

Je-li v nějakém uzavřeném prostoru tlak větší než tlak atmosférický, říkáme, že je tam **přetlak**. Je-li v uzavřeném prostoru tlak menší než je tlak atmosférický, mluvíme o **podtlaku**.

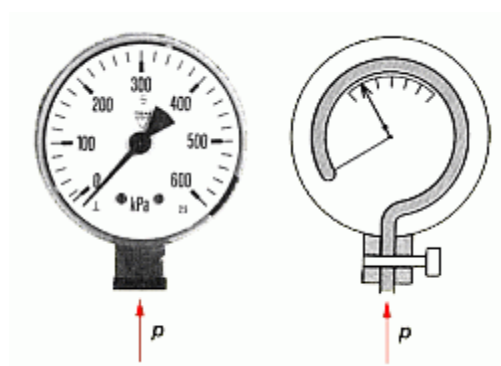
Přetlak je v pneumatikách, ve sprejích, v uzavřených lahvích s nápoji s obsahem oxidu uhličitého, přetlaku se využívá při stříkání barev, v pneumatických nástrojích, nádoby s velkým přetlakem využívají potápěči, kosmonauti, lékaři, svářeči aj.

Podtlak se využívá v mnoha zařízeních, např. u pump, u vysavače, u přísavek, uplatňuje se při dýchání, zvířata jej využívají při pití z volné hladiny, při lezení po svislém povrchu, savci při kojení.

K měření malých hodnot podtlaku a přetlaku se používá **otevřený manometr**, velký přetlak se v praxi měří pomocí **deformačních manometrů**.



**Obr. 1** Otevřený kapalinový manometr.



**Obr. 2** Deformační manometr.

|                         |                |                 |
|-------------------------|----------------|-----------------|
|                         |                |                 |
| <b>Rtuťový barometr</b> | <b>Aneroid</b> | <b>Barograf</b> |

**Obr. 3** K měření tlaku se používá rtuťový barometr, aneroid nebo barograf.

## 7 Pracovní postup

- Příprava aneroidu, nácvik čtení hodnot atmosférického tlaku na stupnici.
- Vyhotovení záznamového archu-tabulky pro zápis hodnot tlaku.
- Rozepsání služeb žáků pro čtení a zápis hodnot atmosférického tlaku pro jednotlivé dny – práce ve dvou- až tříčlenných skupinách.
- Promyslet způsob záznamu počasí v jednotlivých dnech.
- Graficky zpracovat týdenní změny atmosférického tlaku. Sestrojit graf průběhu atmosférického tlaku v čase.

- Porovnat a vyhodnotit, jak souvisí hodnoty a změny atmosférického tlaku s vývojem počasí v daném místě.
- Doplnit, jak souvisí pranostiky s předpovědí počasí. Vysvětlit či vyvrátit základ pranostik.

**Tab. 1** Tabulka pro záznam hodnot atmosférického tlaku během dne.

| Tlak (hPa) | 8:00 | 10:00 | 12:00 | 14:00 | 16:00 | 18:00 | 20:00 |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. den     |      |       |       |       |       |       |       |
| 2. den     |      |       |       |       |       |       |       |
| 3. den     |      |       |       |       |       |       |       |
| 4. den     |      |       |       |       |       |       |       |
| 5. den     |      |       |       |       |       |       |       |
| 6. den     |      |       |       |       |       |       |       |
| 7. den     |      |       |       |       |       |       |       |

**Doprovodné úkoly:**

- 1) Seznamte se s vývěvou – popis částí, její činnost a význam.
- 2) Pod recipient vývěvy umístěte následující předměty (částečně nafouknutý balónek, scvrklé jablko, sklenice s celofánem, kádinka s mýdlovou pěnou), pomalu odčerpávejte vzduch a sledujte, co se děje.
- 3) Vezměte si návod k použití některého vysavače. Najděte tam „Technické údaje“, zjistěte, jaký podtlak vysavač při své práci vyvine.
- 4) Zjistěte, pod jakým tlakem se v tlakových lahvích uchovává kyslík a acetylén.
- 5) Zjistěte, na jaký tlak se obvykle hustí pneumatiky různých osobních a nákladních automobilů.
- 6) Vytvořte nějakým způsobem (pumpičkou, injekční stříkačkou, ústy) přetlak a podtlak.
- 7) Položte gumový zvon (používá se na uvolnění odpadů ve výtoku umyvadla), na hladkou podložku a silně ho k ní přitiskněte. Pak ho zkuste odtrhnout. Vysvětlete.
- 8) Rozdrťte plastovou láhev. Nalijte do láhve na výšku 2–3 cm horké vody, láhev rychle uzavřete. Pozorujte láhev při chladnutí vody.
- 9) Objasněte funkci automatického napajedla pro drůbež.
- 10) Proč stoupá voda v brčku, kterým pijete džus z krabičky?
- 11) Předved'te a vysvětlete použití kapátka
  - a. na obou koncích otevřeného

b. opatřeného gumovou baňkou.

**12)** Lze změřit rtuťovým barometrem tlak vzduchu v umělé družici, která se pohybuje po orbitu okolo Země?

**13)** Co pozoruje člověk na stupnici aneroidu při cestě lanovkou z Pece pod Sněžkou na Sněžku?

a. Jakou změnu atmosférického tlaku pozoruje člověk, který sjíždí s aneroidem v ruce do dolu?

**14)** Dopravní letadla létají ve výšce asi 10 km. Proč jsou kabiny letadel vzduchotěsně uzavřené a uměle se v nich musí udržovat přiměřený tlak vzduchu?

**15)** Vysvětlete činnost injekční stříkačky při nasávání léčebného roztoku z ampule do stříkačky.

**16)** Když pijeme ze skleněné láhve, musíme dovnitř pouštět vzduch. Proč? Co se stane, když se pokusíme vysát limonádu z láhve a nepustit dovnitř vzduch? Zkuste to.

**17)** Uveďte alespoň tři lidské činnosti, které znečišťují atmosféru.

**18)** V chemické laboratoři se některé kapaliny přenášejí pipetou. Ukažte si ji ve třídě a vysvětlete, proč do ní kapalina stoupá, když z ní nahoře vysáváte vzduch.

**Vyluštěte šifru:**

2/8/6/666/7777/333/333333/777/2

Nápověda: Použij mobilní telefon.

**Řešení:** ATMOSFÉRA

## 8 Metodické poznámky

Žáci si ve skupinách navrhnou záznamový list pro zápis počasí v daný den, vyhodnotí způsob záznamů.

# Fázový diagram vody

Mgr. Josef Veselý

## 1 Úkol

### 1.1 Ověření fázového diagramu vody

## 2 Časová dotace

vyučovací hodiny

## 3 Pomůcky a materiál

Vývěva s manometrem, kádinka, teploměr, 2 misky, kostičky ledu, 6 PET lahví s ledem, 2 tenké struny, 1 struna silnější, 4x závaží 3 až 5 kg, 2x závaží 5 až 8 kg

## 4 Hlavní a dílčí cíle

### 4.1 Základní cíle

4.1.1 Pochopit fázový diagram vody a možnosti jeho ověřování.

### 4.2 Vedlejší cíle

4.2.1 Uvědomit si význam mimořádných vlastností vody v přírodě a její význam pro vznik a udržení života.

## 5 Mezipředmětové vztahy a přesahy

Biologie, ekologie, zeměpis, astronomie

## 6 Obecný úvod k tématu

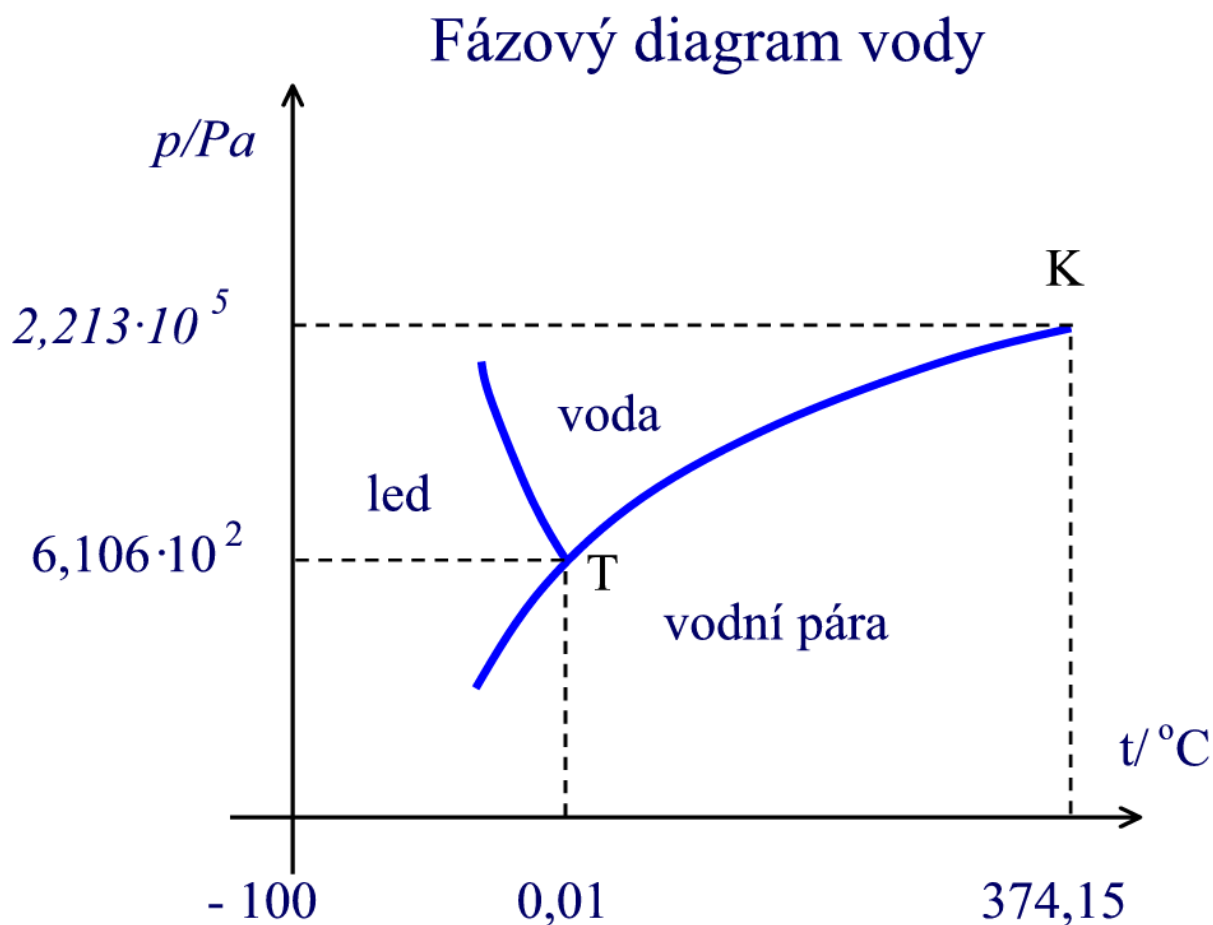
Voda ( $H_2O$ ) je látka výjimečných vlastností, které mají zásadní vliv na vznik a udržování života na Zemi. Velká měrná tepelná kapacita stabilizuje v přírodě teplotu. Anomálie vody například umožňuje přezimování vodních živočichů. Menší hustota ledu v porovnání s vodou udržuje průtočnost zamrzlých toků, sněhová pokrývka chrání zem před promrzáním a podobně. Hlubší pochopení těchto vlastností a jejich souvislostí nám umožní podrobné prostudování fázového diagramu.

Fázový diagram vody je p-t diagram, ve kterém je znázorněn stav látky (zde  $H_2O$ ) v závislosti na tlaku p a teplotě t. Na ose p je obvykle logaritmická stupnice.

Diagram je rozdělen na tři pole podle skupenství, jsou v něm zakresleny tři křivky: **křivka tání** oddělující pevné a kapalně skupenství, **křivka syté páry** oddělující skupenství kapalně a plynné a **křivka sublimační** oddělující pevné a plynné skupenství. Dále obsahuje dva významné body: trojný bod T a kritický bod K.

**Trojný bod** představuje jedinou dvojici teploty a tlaku, při kterých mohou být v rovnováze všechna tři skupenství. Kritický **bod** je dán maximální teplotou, při níž ještě může být látka v kapalném stavu. Při této teplotě se vyrovná hustota kapaliny a její syté páry.

Křivka tání je obvykle rostoucí, jen pro vodu je klesající. Znamená to, že u vody se s rostoucím tlakem teplota tání snižuje.

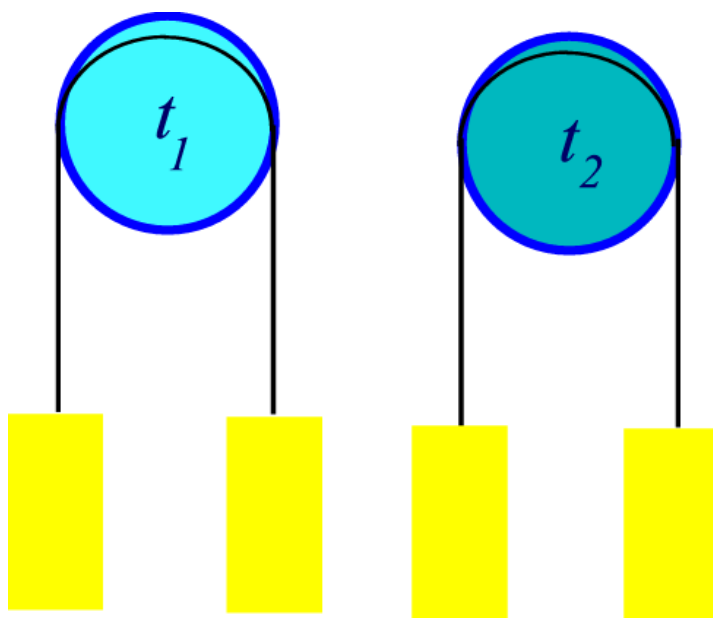


**Obr. 1** Fázový diagram vody. Na vodorovné ose je znázorněna teplota od  $-100^\circ\text{C}$  do  $374,15^\circ\text{C}$ . Při vyšší teplotě již neexistuje tekutá voda, může být jen vodní pára. Na svislé ose je zobrazen tlak v pascálech. Stupnice je zde logaritmická.

## 7 Pracovní postup

### 7.1 Ověření snižování teploty tání při zvyšování tlaku

- V PET lahvích necháme rozmraznout vodu.
- Mezi dvě lavice položíme dva dřevěné metry.
- Strunou spojíme dvě stejná závaží.
- V zúženém místě odřízneme plast z láhve.
- PET láhev položíme na dřevěné metry a přes obnažený led zavěsíme strunu se závažími, na podlahu pod láhev dáme umyvadlo s molitanem nebo jinou měkkou látkou pro ztlumení nárazu padajících závaží.
- Měříme čas potřebný k proříznutí ledu.

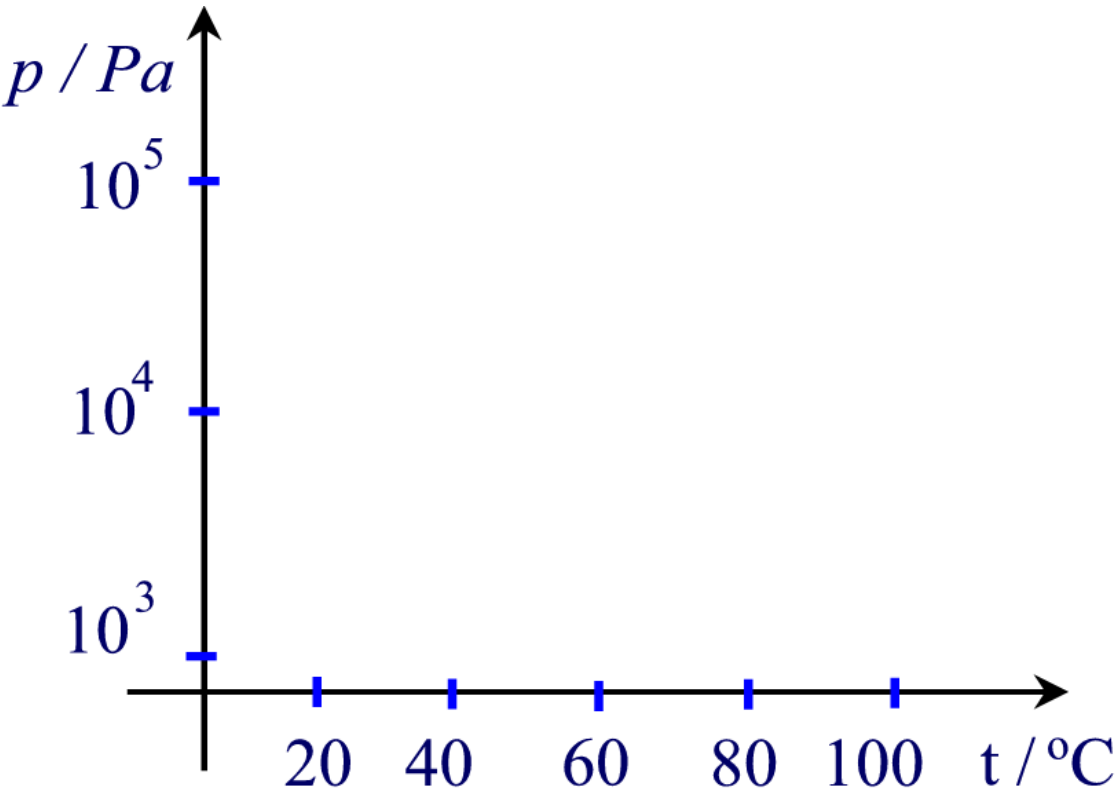


**Obr. 2** Regulace ledu. Modré kruhy představují led o teplotě  $t_1$  respektive  $t_2$ , počáteční teplota musí být nižší než  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Žluté obdélníky představují závaží o stejné hmotnosti (každé 3 až 5 kg). Na obrázku je již znázorněno „zařezávání“ struny do ledu.

**Vysvětlení pokusu:** Pod tenkou strunou se vytváří veliký tlak

**Tab. 1** Tabulka pro záznam měření závislosti teploty varu vody na vnějším tlaku:

| Číslo měření | Tlak $p$ / Pa | Teplota varu $t$ / °C |
|--------------|---------------|-----------------------|
|              |               |                       |
|              |               |                       |
|              |               |                       |
|              |               |                       |
|              |               |                       |
|              |               |                       |



**Obr. 3** Graf pro záznam měření závislosti teploty varu vody na vnějším tlaku.



### 7.3 Pozorování sublimace

- Jednu miskou s kostkou ledu položíme na stůl, druhou vložíme pod recipient vývěvy.
- Zapneme odsávání, udržujeme tlak na určité úrovni.
- Pozorujeme led na obou miskách, měříme dobu potřebnou pro rozžání nebo vysublimování ledu.
- Pokus opakujeme za jiného tlaku.

**Vysvětlení a průběh pokusu:** Led v misce na stole se nejprve ohřívá na teplotu tání (což nevidíme) a další teplo získávané tepelnou výměnou s okolním vzduchem a podložkou způsobuje tání ledu.

Led pod recipientem vývěvy se také ohřívá, ale zároveň sublimuje. Pozorujeme zmenšování objemu ledu, aniž vzniká odpovídající množství vody.

**Tab. 2** Tabulka pro záznam pozorování sublimace:

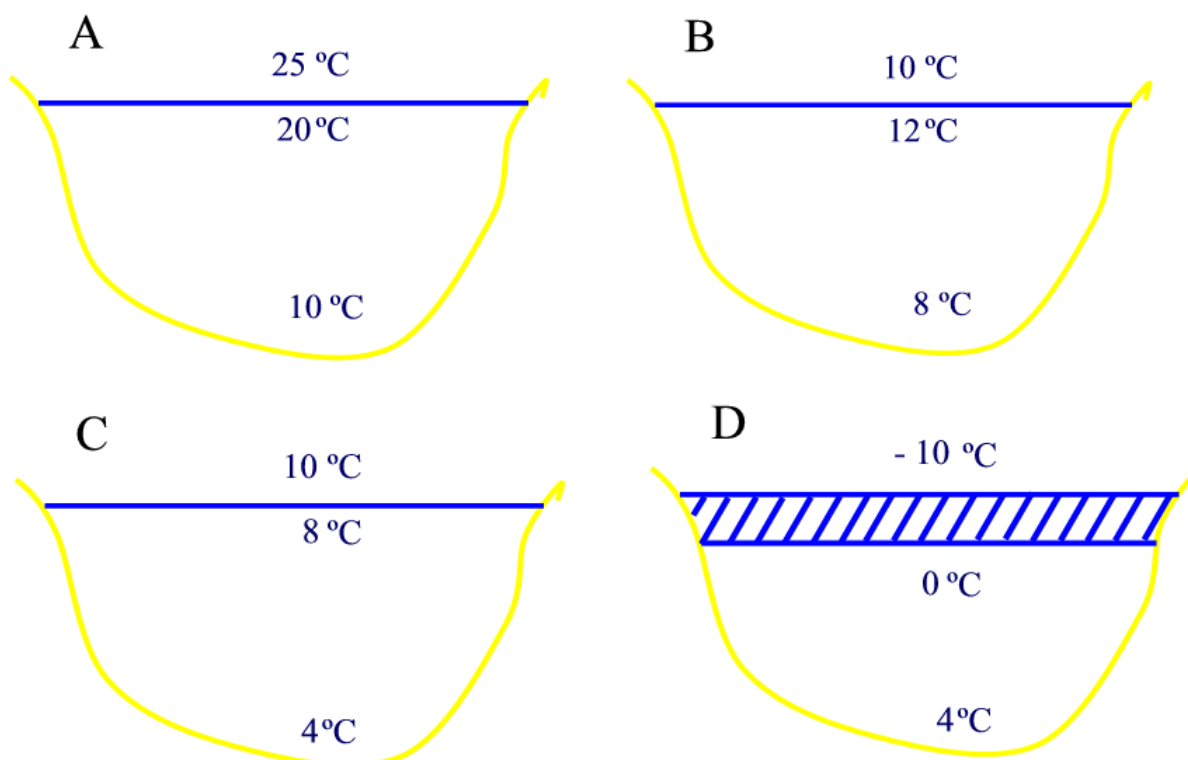
| Číslo měření | Tlak $p$ / Pa | Čas $\tau$ / min |
|--------------|---------------|------------------|
|              |               |                  |
|              |               |                  |
|              |               |                  |
|              |               |                  |
|              |               |                  |
|              |               |                  |

#### Doprovodné otázky a úkoly

- 1) Jak souvisí tvar křivky tání vody s hustotou vody a ledu?
- 2) Jak se projeví menší hustota ledu při zamrzání vodních nádrží a toků?
- 3) Jaký jev se nazývá anomálie vody?
- 4) Vysvětlete rozložení teploty vody v hlubší vodní nádrži v zimě a v létě.
- 5) Proč se vnitrozemské podnebí vyznačuje horkými léty a studenými zimami?
- 6) Stejnému množství vody v obyčejném hrnci a v Papinově hrnci dodáváme stejné teplo. Ve kterém se začne voda dříve vařit? Ve kterém a proč dříve uvaříme maso?
- 7) Porovnejte rychlost prořezávání struny, jestliže  $t_1 < t_2$ . Zdůvodněte.

- 8) Proč nemůže být na povrchu Marsu nebo Merkuru tekutá voda?
- 9) Proč nemůže být tekutá voda na povrchu Venuše?
- 10) Na obrázku 4 je zakresleno rozdělení teplot v hlubším rybníku v různých ročních obdobích a teplota vzduchu nad hladinou rybníku. Šrafovaná část v obrázku D představuje led.

Přiřaďte jednotlivým obrázkům roční období. Pokuste se přiřazení zdůvodnit.



**Obr. 4** Rozdělení teplot v hlubším rybníku v různých ročních obdobích a teplota vzduchu nad hladinou rybníku.

#### Řešení:

- 1) Klesající křivka tání znamená, že pro danou látku se teplota s rostoucím tlakem zmenšuje (voda). V opačném případě teplota tání s rostoucím tlakem roste (ostatní látky).
- 2) Menší hustota ledu v souladu s Archimédovým zákonem způsobuje plování ledu ve vodě. Vodní nádrže a toky tudíž zamrzají shora (od hladiny). Kdyby hustota ledu byla větší než hustota vody, docházelo by k zamrzání ode dna, což by mělo velmi nepříznivé důsledky pro přezimování vodních živočichů a pro průtok vody v tocích v zimním období.
- 3) Voda při tání za normálního tlaku svůj objem zmenšuje a tím zvětšuje hustotu. Při dalším ohřívání zmenšování objemu a zvětšování hustoty pokračuje asi do 4 °C, kdy má voda největší hustotu.
- 4) Voda o teplotě 4 °C má největší hustotu, proto se vždy drží u dna. V zimě se směrem k hladině teplota vody snižuje až k 0 °C (nad touto vodou může být led). V létě naopak směrem k hladině teplota stoupá.

- 5) Ve vnitrozemí se méně projevuje vliv oceánů a moří, jejichž voda se vzhledem k velké měrné tepelné kapacitě v létě ohřívá pomaleji než vzduch a horniny a tím přilehlou pevninu ochlazuje. V zimě voda naopak pomaleji chladne a tím pevninu ohřívá.
- 6) Voda začne dříve vařit v obyčejném hrnci, kde vaří prakticky za atmosférického tlaku. V Papinově hrnci vaří za zvýšeného tlaku, a tudíž až po dosažení vyšší teploty. Maso však uvaříme dříve v Papinově hrnci, neboť je zde vystaveno působení vyšší teploty.
- 7) Studenějším ledem se struna „prořezává“ pomaleji.
- 8) Atmosférický tlak na Marsu je nižší než tlak trojného bodu vody, tudíž podle fázového diagramu vody nemůže na povrchu Marsu vydržet  $\text{H}_2\text{O}$  v tekutém stavu. Voda vytékající z nádoby by rychle zčásti zmrzla a zčásti se vypařila.
- 9) Teplota na povrchu Venuše je vyšší než kritická teplota vody.
- 10) **Stav A:** teplota vzduchu je vysoká, voda při hladině je teplá, směrem ke dnu teplota klesá. Tento stav odpovídá létu.

**Stav B:** Teplota vzduchu je nižší než teplota vody při hladině, vzduch vodu ochlazuje. Voda má velkou měrnou tepelnou kapacitu, chladne pomaleji než vzduch a horniny. Stav **odpovídá podzimu**.

**Stav C:** Voda je chladnější než vzduch, který se rychleji ohřál. Stav **odpovídá jaru**.

**Stav D:** Zima.

**Kvíz varianta A**

Ke každé otázce vyberte vždy nejuvěstnější z nabízených odpovědí.

**1. Sublimační křivka ve fázovém diagramu představuje rozhraní mezi skupenstvími:**

- a) kapalným a pevným, je vždy rostoucí
- b) pevným a plynným, je většinou rostoucí
- c) kapalným a plynným, může být i klesající
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**2. Sublimační křivka ve fázovém diagramu je:**

- a) pro každou látku rostoucí
- b) pro většinu látek rostoucí
- c) rostoucí jen pro vodu
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**3. Křivka tání ve fázovém diagramu je:**

- a) pro většinu látek klesající
- b) pro většinu látek rostoucí
- c) klesající jen pro vodu
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**4. Voda mrzne při teplotě 0°C.**

- a) ano, ale musíme ji ochlazovat
- b) ne, správná teplota je 0,01°C
- c) záleží na tlaku, za nižšího tlaku se tato teplota snižuje
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**5. Maso nebo zeleninu uvaříme v Papinově hrnci dříve než v obyčejném hrnci, protože:**

- a) působí na ně větší tlak
- b) působí na ně vyšší teplota
- c) jedná se jen o pověru
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

## Kvíz varianta B

Ke každé otázce vyberte vždy nejvýstižnější z nabízených odpovědí:

**1. Křivka syté páry ve fázovém diagramu představuje rozhraní mezi skupenstvími:**

- a) kapalným a pevným
- b) pevným a plynným
- c) kapalným a plynným
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**2. Křivka syté páry ve fázovém diagramu je:**

- a) rostoucí jen pro sloučeniny
- b) pro většinu látek rostoucí
- c) rostoucí jen pro vodu
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**3. Sublimační křivka ve fázovém diagramu je:**

- a) pro většinu látek klesající
- b) pro většinu látek rostoucí
- c) pro všechny látky vyjma vzácných plynů rostoucí
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**4. Voda vaří při teplotě 100°C.**

- a) ano
- b) ne
- c) záleží na tlaku
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**5. Na povrchu Měsíce nemůže být tekutá voda, protože:**

- a) by se rychle vsákla do prachu
- b) je tam tlak prakticky nulový
- c) tekutá voda tam být může, ale jen na osvětlené části Měsíce
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**Kvíz varianta C**

Ke každé otázce vyberte nejvýstižnější z nabízených odpovědí:

**1. Trojný bod ve fázovém diagramu:**

- a) leží v 1/3 křivky tání
- b) určuje nejnižší tlak, při kterém může být kapalina v rovnovážném stavu
- c) určuje nejmenší tlak páry
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**2. Křivka tání ve fázovém diagramu je:**

- a) pro každou látku rostoucí
- b) pro většinu látek rostoucí
- c) rostoucí jen pro vodu
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**3. Křivka syté páry ve fázovém diagramu je:**

- a) pro některé látky klesající
- b) pro většinu látek rostoucí
- c) pro všechny látky, které neobsahují radionuklidy, rostoucí
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**4. Voda má největší hustotu při teplotě:**

- a) 0°C
- b) 4°C
- c) záleží na tlaku
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

**5. Na povrchu Venuše nemůže být tekutá voda, protože:**

- a) je tam příliš oxidu uhličitého
- b) je tam tlak prakticky nulový
- c) tekutá voda tam být může, ale jen na neosvětlené části Venuše
- d) žádná z uvedených možností není správná

Správná odpověď je \_\_\_\_

## 8 Metodické poznámky

- Pokus s regulací ledu je třeba zahájit vždy na začátku hodiny, je třeba počítat s delším průběhem.
- Trojný bod udává nejnižší tlak, při kterém může látka existovat v kapalném skupenství.
- Kritický bod udává nejvyšší teplotu, při kterém může látka existovat v kapalném skupenství.
- Křivka tání je klesající pro látku, která má v pevném skupenství menší hustotu než ve skupenství kapalném. Za zvýšeného tlaku se látka „snaží“ zaujmout to skupenství, ve kterém má větší hustotu.
- U fázového diagramu je na ose „p“ vhodné použít logaritmickou stupnici, abychom rozlišili rozdíly mezi nízkými hodnotami tlaku a aby se do obrázku vešly i vysoké hodnoty tlaku.

Sestrojený graf můžeme porovnat s grafem uvedeným v MFCHT.

## Lidský zrak

PhDr. Jitka Soukupová

### 1 Úkol

- 1.1 Seznámení se s úvodem do optiky.
- 1.2 Význam lidského zraku.
- 1.3 Zákon odrazu a zrcadla.
- 1.4 Zákon lomu a čočky.
- 1.5 Setrvačnost oka a optické klamy.
- 1.6 Experimentální ověření zákona lomu.
- 1.7 Experimentální ověření setrvačnosti lidského oka.

### 2 Časová dotace

2 vyučovací hodiny

### 3 Pomůcky a materiál

Pro jednu skupinu na jeden experiment:

- 3.1 Setrvačnost oka: Krabíčka od filmu, párátko s hroty, karton, fixy, kružítko
- 3.2 Vodní lupa: Plastový kelímek, nůžky, potravinářská fólie, gumička, voda, drobné předměty
- 3.3 Lom na vodě a oleji: Průhledná sklenice nebo kádinka, olej, voda, rýsovací čtvrtka (papír s tmavými proužky nebo čtverečky), fixy, další kapaliny

### 4 Hlavní a dílčí cíle

#### 4.1 Základní cíle

- 4.1.1 Seznámení se s lidským zrakem a základními zákony paprskové optiky.
- 4.1.2 Pozorování setrvačnosti lidského oka a její praktické projevy.
- 4.1.3 Aplikace zákonů paprskové optiky v experimentech, zákon odrazu a lomu, zrcadla a čočky.

#### 4.2 Vedlejší cíle

- 4.2.1 Schopnost realizovat a prezentovat experiment před publikem.
- 4.2.2 Řešení úkolů z optiky na základě experimentu.



## 5 Mezipředmětové vztahy

Matematika (geometrie, shodná a podobná zobrazení, goniometrické funkce), biologie (oko, lidský zrak, vady zraku), výtvarná výchova (předmět a obraz, perspektiva)

## 6 Obecný úvod k tématu

Optika patří spolu s mechanikou mezi nejstarší fyzikální disciplíny. Zabývá se světlem, zákonitostmi jeho šíření a ději vznikajícími při vzájemném působení světla a látky. Pro člověka má znalost optiky velký význam, protože prostřednictvím zraku (jednoho z pěti smyslů) přijímáme více než 80 % všech informací.

Při dopadu světelného paprsku na vyleštěnou plochu nastává odraz. Při přechodu paprsku z jednoho průhledného prostředí do jiného průhledného prostředí nastává lom. Tyto dva významné jevy popisují zákon odrazu a zákon lomu.

**Zákon odrazu:** Velikost úhlu odrazu  $\alpha'$  se rovná velikosti úhlu dopadu  $\alpha$ . Odražený paprsek leží v rovině dopadu.

**Zákon lomu:** Poměr sinů úhlu dopadu a lomu v daných prostředích je konstantní a je roven poměru rychlostí v daných prostředích a převrácenému poměru indexů lomu daných prostředí. Lomený paprsek zůstává ve stejné rovině jako paprsek dopadající.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Světlo se šíří velmi vysokou rychlostí, ve vakuu je to přibližně 300 000 km/s. V ostatních prostředích je rychlost světla menší. Poměr rychlosti světla ve vakuu a rychlosti světla v daném prostředí je roven indexu lomu daného prostředí. Index lomu je pro vakuum roven 1 a pro všechna ostatní prostředí je vyšší.

Lidské oko je čidlem zraku. Základem lidského oka, jež má přibližně tvar koule o průměru cca 2,4 cm, je spojná čočka. Obraz se u zdravého oka vytváří na sítnici, která obsahuje velké množství buněk citlivých na světlo – čípků a tyčinek.

Oční čočka má schopnost akomodace. Přizpůsobuje se pozorování různě vzdálených předmětů kolem nás tím, že mění svoji mohutnost.

**Víte, že...** Obraz, který se vytvoří na sítnici oka, je dvojrozměrný. Teprve dva obrazy vytvořené oběma očima, které jsou nepatrně prostorově posunuty, umožňují prostorové vidění. Podmínkou je současný pohled oběma očima a zobrazení předmětu na odpovídajících místech sítnice, a to i při pohybu očí a hlavy. Při pozorování předmětů vzdálených více než 250 m toto stereoskopické vidění mizí, přestávají se vnímat vzdálenosti mezi předměty. Lidské oko dokáže rozlišit 130 až 250 čistých barevných odstínů. Poruchami barvocitu trpí asi 4 % lidí a u mužů je výskyt této poruchy téměř dvacetkrát čtenější než u žen.

**Motivační příběh:** Dnes přinesl Pavel do hodiny fyziky tři na pohled stejná kulatá zrcátka na společném provázku a hned se s nimi hrnul za panem učitelem. „Tento zrcadlový závěs mi přivezl táta ze služební cesty“, vypráví Pavel a hned pokračuje: „Ta zrcátka ve skutečnosti nejsou stejná. Jedno z nich je rovinné, jedno je vypuklé a jedno je duté.“ Pan učitel se do všech tří zrcátek podíval, přiblížil si je k obličejí a oddálil je od něj. Potom okamžitě určil, které je které. Odpověď si však ještě chvíli nechal pro sebe. Čeká, jak odpovíte vy. Nezapomeňte, že každou odpověď je třeba správně zdůvodnit.

## 7 Pracovní postup

### 7.1 Setrvačnost oka

Do krabičky od filmu zapícháme párátka a vytvoříme stojánek. Z kartonu vystříháme kruh o průměru 6–10 cm. Fixem zakreslíme vhodný obrazec a kruh napícheme na hrot párátka. Kruh roztočíme tak, že do něj z boku klepeme prstem. Kruh se musí otáčet rovnoměrně a s vysokou frekvencí. Pozorujeme obrázek na otáčejícím se kruhu.



### 7.1.1 Praxe

Setrvačnosti lidského oka využívá televize a film. Při „správné“ frekvenci střídání filmových záběrů na plátně v kině nebo obrazů na televizní obrazovce můžeme vnímat plynulý pohyb obrazů na filmovém plátně v kině nebo na televizní obrazovce. Zmíněná „správná“ frekvence se pohybuje okolo 25 snímků za sekundu.

### 7.1.2 Vysvětlení

Při určité frekvenci lidské oko neodliší dva body jako izolované. Jedná se o vlastnost lidského oka, kterou nazýváme setrvačnost. Oko není schopno zaznamenávat kontinuální tok světelné informace, protože zpracování světelného podnětu oku a nervovému systému určitou dobu trvá. Tato doba činí zhruba jednu šestnáctinu sekundy. Pokud tedy přijdou světelné podněty do oka v časovém rozmezí kratším než tato doba, vnímá oko sledovanou scénu kontinuálně, v pohybu. Z jednoduchého obrazce v klidu vidíme při otáčení souvislé kruhy různé tloušťky a barvy dle výchozího obrázku.

### 7.1.3 Modifikace

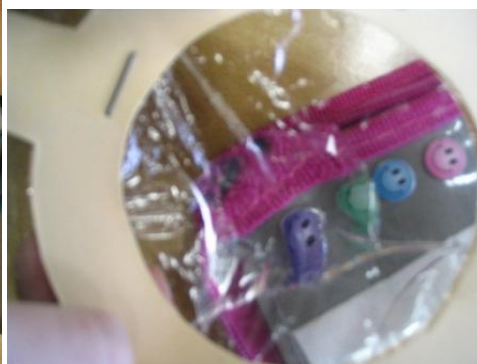
Kruh rozdělíme na šest výsečí a vybarvíme základními barvami spektra. Při otáčení se kruh jeví bílý – důkaz skládání barev.

### 7.1.4 Úkoly k pokusu

- 1) Vytvořte několik barevných a černobílých kotoučů, s oblými i hranatými tvary.
- 2) Pomocí informací na internetu vytvořte Newtonův kotouč a pozorujte jeho otáčení.
- 3) Jaké rozdíly u jednotlivých kotoučů pozorujete, jak rychlost otáčení ovlivní výsledek?

## 7.2 Vodní lupa

Do plastového kelímku vystříháme z boku otvor pro vkládání předmětů. Přes okraj kelímku upevníme gumičkou průhlednou potravinářskou fólii. Uprostřed fólie lehce zatlačíme tak, aby se vytvořil důlek, do kterého nalijeme vodu. Fólie musí být vodou zcela naplněná tak, aby výška vody uprostřed kelímku dosahovala jeden až dva centimetry. Otvorem vložíme do kelímku libovolný drobný předmět a pozorujeme ho přes vodní hladinu.



### 7.2.1 Praxe

Lupa je každá spojná čočka nebo soustava spojných čoček s ohniskovou vzdáleností menší než 25 cm. Lupa slouží ke zvětšení zorného úhlu. Jednoduché lupy dosahují asi šestinásobného úhlového zvětšení. Pokud lupu tvoří centrovaná soustava čoček, může úhlové zvětšení dosáhnout až hodnoty 30. Pro větší úhlové zvětšení je nutné použít mikroskop.

### 7.2.2 Vysvětlení

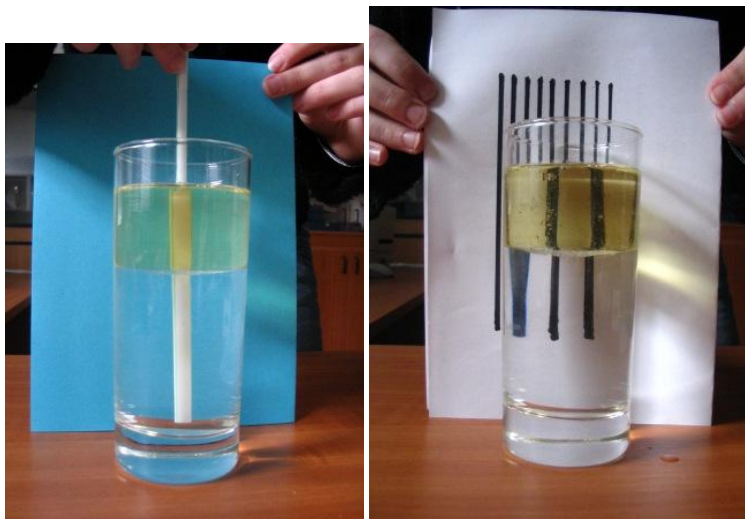
Voda na potravinářské fólii tvoří ploskovypuklou spojnou čočku, která funguje na stejném principu jako spojná čočka lupy. Obě čočky se liší pouze tvarem a indexem lomu. Běžná lupa je dvojevypuklá, zatímco „vodní lupa“ je ploskovypuklá. Sklo, ze kterého je vyrobena lupa, má index lomu přibližně 1,5, zatímco voda 1,33. Obě čočky vytvářejí neskutečný, vzpřímený a zvětšený obraz pozorovaného předmětu.

### 7.2.3 Úkoly k pokusu

- 1) Vytvořte čočky s různě prohnutými fóliemi a různým průměrem.
- 2) Pozorujte text několika různými čočkami ze stejné vzdálenosti a diskutujte o výhodách a nevýhodách velikosti a zakřivení čočky.
- 3) Pozorujte text jednou čočkou z více různých vzdáleností a diskutujte o výsledcích vzniklých obrazů s ohledem na vzdálenost předmětu a mohutnost čočky. Navrhněte metodu měření mohutnosti této čočky.

## 7.3 Lom na vodě a oleji

Šklenici naplníme ze tří čtvrtin vodou a z jedné čtvrtiny olejem. Necháme ji několik minut v klidu stát, aby olej utvořil souvislou vrstvu. Vložíme do ní brčko a při pohledu z boku pozorujeme v místě oleje brčko širší než ve vodě.



### 7.3.1 Vysvětlení

Olej i voda se ve sklenici chovají jako válcová vypuklá čočka s křivostí ve vodorovném směru  $1/R$  ( $R$  je poloměr použité sklenice). Index lomu vody je menší než index lomu oleje. Proto vidíme brčko více rozšířené v té části sklenice, kde je olej, zatímco ve vodě se nám brčko opticky rozšířilo pouze nepatrně.

### 7.3.2 Modifikace

Za sklenici postavíme čtverečkovaný papír a pozorujeme rozdílné chování čar ve vodorovném a svislém směru ve vodě a v oleji.

### 7.3.3 Úkoly k pokusu

- 1) Vytvořte v černobílém i barevném provedení několik soustav vodorovných, svislých a šikmo jdoucích rovnoběžek, čtvercovou síť, soustavu soustředných kružnic a podobně a pozorujte vzniklý obraz. Svoje závěry porovnejte s ostatními skupinami.
- 2) Pomocí posuvného měřidla změřte tloušťku vytvořených svislých rovnoběžek a tloušťku jejich obrazů přes vodní čočku a olejovou čočku.
- 3) Jaké rozdíly pozorujete u středu sklenice a u jejích okrajů a proč?

## Pracovní list

### 1. Doplňte chybějící informace:

Spolu s mechanikou řadíme \_\_\_\_\_ mezi nejstarší fyzikální disciplíny. Pro člověka má velký význam. Zrak je jeden z \_\_\_\_\_ lidských smyslů, díky němuž vnímáme více než \_\_\_\_\_ procent informací. Světlo se šíří prostředím velmi rychle. Největší rychlost světla je ve \_\_\_\_\_, což je 300 000 \_\_\_\_\_. V ostatních prostředích se světlo šíří pomaleji. Index lomu vakua je roven 1, index lomu všech ostatních průhledných prostředí je \_\_\_\_\_. Na překážkách může světlo měnit svůj směr. Na vyleštěných překážkách – zrcadlech se světlo \_\_\_\_\_ a na rozhraní průhledných prostředí se světlo \_\_\_\_\_.

### 2. Vodní lupou (experiment č. 2) pozorujte text z novin nebo časopisů.

Volte aspoň čtyři různé velikosti písma při stejné vzdálenosti předmětu i oka od vytvořené lupy. Změřte velikost předmětu i obrazu a určete hodnotu příčného zvětšení pro všechny 4 situace. Výsledky porovnejte. Navrhněte metodu přibližného určení úhlového zvětšení vytvořené lupy a návrh prakticky realizujte.

**3. Lom v různých průhledných kapalinách (experiment č. 3)**

Využijte pro pozorování lomu válcovou čočkou 4 různé průhledné kapaliny a uspořádejte je na základě svých pozorování vzestupně podle jejich indexu lomu. Výsledek si ověřte vyhledáním tabulkových hodnot indexu lomu daných kapalin.

**4. Podobným způsobem, jako jste vytvořili pohyblivé obrázky (experiment č. 1), můžete vytvářet i různé optické klamy.**

Vyhledejte v odborné literatuře nebo na internetu základní informace o různých typech optických klamů a doplňte je fotografiemi.

Vytvořte podle vzorů v literatuře nebo na internetu vlastní optický klam spolu s vysvětlením.

# Akustika, lidský sluch – Experimenty a měření pro SŠ

PhDr. Jitka Soukupová

## 1 Úkol

### 1.1 Úvod do akustiky

### 1.2 Zvuk, jeho šíření

### 1.3 Lidský sluch, model středního ucha

### 1.4 Experimenty na téma mechanické kmitání, vlnění a akustika

## 2 Časová dotace

2 vyučovací hodiny

## 3 Hlavní a dílčí cíle

- 3.1.1 seznámení se s lidským sluchem a základními pravidly souvisejícími se šířením zvuku
- 3.1.2 porovnávání různých akustických vjemů
- 3.1.3 propojení souvislostí mezi mechanickým kmitáním, vlněním a šířením zvuku látkovým prostředím
- 3.1.4 zvyšování dovedností při realizaci a prezentaci experimentů před publikem
- 3.1.5 řešení úkolů z akustiky na základě experimentu a vyvozování správných závěrů z experimentu

## 4 Mezipředmětové vztahy a přesahy

hudební výchova – barva a výška tónu

biologie – stavba ucha, sluch

matematika – hladina hlasitosti, logaritmická funkce

## 5 Klíčové kompetence

Kompetence k učení – žák je efektivně využívá v procesu učení, plánuje a organizuje vlastní učení, vyhledává a třídí informace a na základě jejich pochopení, samostatně pozoruje a experimentuje, získané výsledky porovnává a vyvozuje z nich závěry pro další využití

Kompetence k řešení problémů - žák rozpozná a pochopí problém, přemýšlí o nesrovnalostech a jejich příčinách, promýšlí a plánuje způsob řešení problémů, ke kterým využívá vlastních úsudků a zkušeností, je schopen vyhledat informace vhodné k řešení problémů, využívá získané vědomosti a dovednosti, samostatně řeší problémy a vhodně volí způsoby řešení

Kompetence komunikativní - žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory účinně se zapojuje do diskuze obhájí svůj názor, toleruje názor druhých lidí, avšak umí i vhodně argumentovat využívá informační a komunikační prostředky



Kompetence sociální a personální – žák spolupracuje ve skupině, zapojuje se do diskuze v malé skupině i v celé třídě, obhájí svoje myšlenky a názory

Kompetence pracovní – žák používá bezpečně a účinně pomůcky, materiály a nástroje, dodržuje jasně vymezená pravidla, dokáže se adaptovat na změněné nebo nové pracovní podmínky, využívá nabyté znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech v zájmu vlastního rozvoje

## 6 Materiály pro výuku

### 6.1 experiment – Model středního ucha

#### Anotace:

Následující fyzikální experiment nám nejen umožní propojit souvislosti mezi mechanickým kmitáním, vlněním a akustikou, ale je zároveň velmi dobře ilustrujícím zjednodušeným biologickým modelem principu činnosti středního ucha.

#### Téma:

Akustika, lidský sluch, kmitání, tlak

#### Trocha teorie:

Akustika je fyzikální disciplína, která se zabývá zvukem od jeho vzniku přes přenos prostorem až po vnímání lidskými smysly.

Zvuk je mechanické vlnění, které se šíří pružným prostředím. Podle frekvence zdroje rozlišujeme slyšitelný zvuk, infrazvuk a ultrazvuk. Zvuk je podélné vlnění s frekvencí 16 Hz až 20 kHz. Toto vlnění vyvolává v lidském uchu sluchový vjem. Vlnění s frekvencí nižší než 16 Hz se nazývá infrazvuk, vlnění s frekvencí vyšší než 20 kHz ultrazvuk. [1]

Zvukům vyvolaným periodickými kmity říkáme tóny, zvuky vyvolané neperiodickými kmity zpravidla označujeme jako šumy nebo hluk. Výška tónu je dána jeho frekvencí. Čím větší je frekvence, tím je tón vyšší.

Střední ucho (latinsky: auris media) je část ucha. Jedná se o systém vzduchem vyplněných dutin vystlaných sliznicí. U člověka se skládá z následujících částí: bubínková dutina – dutina vyplněná vzduchem, ohraničená lebkou, sluchové kůstky – jedná se o tři kůstky – kladívko, kovadlinka, třmínek, které jsou napojené na bubínek a uložené v bubínkové dutině. Tyto kůstky přenášejí zvuk od bubínku do vnitřního ucha. [2]

#### Víte, že:

Vlastní reprodukováný hlas se nám zdá nepřirozený. Je to způsobeno faktem, že když mluvíme, tak svůj hlas slyšíme jinak, než ti, kteří jsou kolem nás. Zvuky, které vydáváme, přicházejí k nim vzduchem, přímo a po odrazu od pevných předmětů (např. stěn). My však svůj hlas slyšíme hlavně díky vodivosti kostí. Chvění se totiž šíří od hlasivek do vnitřního ucha prostřednictvím souboru kostí, které jsou mezi hlasivkami a sluchovým nervem. Tento systém kostí tvoří jakýsi druh zvukového filtru, který propouští některé frekvence lépe a jiné zase hůře. To znamená, že zabarvení přenášených zvuků je dosti pozměněno. [3]

#### Pomůcky:

Dortová forma, potravinářská fólie, obě části krabičky od nanukového dortu, dvě brčka s kloubem, ping-pongový míček, izolepa, nůžky, voda, potravinářské barvivo nebo sypaný čaj, flétna

**Provedení:**

Místo dna dortové formy napneme potravinovou fólií a připevníme ji z boku ke stěně dortové formy izolepou. Jedno brčko nastříhneme na čtvrtiny a izolepou do něj upevníme pingpongový míček. Připojíme další dvě brčka a celou soustavu přilepíme k potravinové fólii.

Do jedné z krabiček umístíme ve svislé poloze dortovou formu, do druhé krabičky nalijeme vodu a do vody volně položíme pingpongový míček. Zapískáme flétnou nebo zakřičíme do formy z její zadní strany. Pro lepší viditelnost rozkmitání vodní hladiny můžeme vodu obarvit, nebo posypat lístky sypaného čaje. (viz Obr 1 a 2)

**Vysvětlení:**

V případě modelu: zakřičíme-li do formy, napnutá fólie (bubínek) se v důsledku změn tlaku rozkmitá. Kmitání se prostřednictvím brček (kladívko a kovadlinka) přenesou na lehký pingpongový míček (třmínek), který rozkmitá vodu (tekutina vnitřního ucha). (Viz obr. 1 a 2)

V případě lidského ucha: zvukové vlny, které projdou zvukovodem, rozechvívají bubínek. Ten se chová jako membrána mikrofону. Kladívko, stejně jako kovadlinka tvoří jakýsi mechanický pákový převodník, který přenáší kmity bubínku přes třmínek na chvění tekutiny vnitřního ucha. Střední ucho se tedy dá přirovnat k páce, jejímž delším koncem pohybuje bubínek a kratší konec je připevněn k třmínku. Kmity třmínku tedy mají menší výchylku než bubínek, proto však je třmínek schopen vyvinout větší sílu, potřebnou k rozkmitání tekutiny vnitřního ucha.

**Možné obměny:**

- dortovou formu můžeme nahradit slepeným proužkem tvrdšího papíru, fólii rozstřiženým balónkem
- je možné vytvořit si „cestovní“ formu modelu z kulaté krabičky od sýra a krátkých brček
- můžete zkusit navrhnout metodu, jak změřit frekvenci kmitání
- zajímavým zvukovým zdrojem je ladička
- sledujte také, co se bude dít, když změníte frekvenci zdroje

**Čas:**

|                                                     |          |
|-----------------------------------------------------|----------|
| Příprava pokusu a příprava všech pomůcek            | 5 minut  |
| Realizace a vyzkoušení pokusu                       | 10 minut |
| Úklid                                               | 5 minut  |
| Celkem                                              | 20 minut |
| Dále je možná diskuse nad pokusem a jeho modifikace | 10 minut |

**Fotodokumentace:**



**Obr 1 a 2** Model středního ucha (Foto: J. Soukupová)

**Úkoly k experimentu (20 minut)**

1. Ve skupinách experimentujte s materiály potřebnými k provedení pokusu. Dortovou formu nahraďte proužkem tvrdého papíru, fólii rozstříženým nafukovacím balónkem nebo tenkým papírem na balení květin, pingpongový míček plastovou nebo hliníkovou lžičkou a podobně
2. Diskutujte změny chování soustavy a jejich důvod
3. Navrhněte metodu, jak byste změřili frekvenci kmitání a následně ji experimentálně změřte
4. Jako zdroj zvuku použijte ladičku a pozorujte, jak se se změnou výšky tónu změní chování jednotlivých částí soustavy, porovnejte svoje měření z bodu 3 s frekvencí tónu ladičky

**6.2 Hokejová houkačka****Anotace:**

Hokejová houkačka, kterou zná každý hokejový fanďa, vychází opět ze základních fyzikálních principů. Pokud je známe a uvedeme společně teorii do praxe, můžeme si houkačku s minimálními náklady a maximálním zvukovým efektem vyrobit a zároveň prozkoumat její fyzikální vlastnosti.

**Téma:**

akustika, lidský sluch, kmitání, tlak

**Trocha teorie:**

Akustika je fyzikální disciplína, která se zabývá zvukem od jeho vzniku přes přenos prostorem až po vnímání lidskými smysly.

Zvuk je mechanické vlnění, které se šíří pružným prostředím. Podle frekvence zdroje rozlišujeme slyšitelný zvuk, infrazvuk a ultrazvuk. Zvuk je podélné vlnění s frekvencí 16 Hz až 20 kHz. Toto vlnění vyvolává v lidském uchu sluchový vjem. Vlnění s frekvencí nižší než 16 Hz se nazývá infrazvuk, vlnění s frekvencí vyšší než 20 kHz ultrazvuk.

Zvukům vyvolaným periodickými kmity říkáme tóny, zvuky vyvolané neperiodickými kmity zpravidla označujeme jako šumy nebo hluk. Výška tónu je dána jeho frekvencí. Čím větší je frekvence, tím je tón vyšší. [1]

Atmosférický tlak je tlak, který je vyvolán přítomností zemské atmosféry, je vyvolán tíhovou silou vzduchového sloupce.

Značka:  $p$  (p s indexem a), jednotka: Pa (pascal)

Atmosférický tlak závisí na nadmořské výšce, hustotě vzduchu, tíhovém zrychlení a na teplotě vzduchu. Normální atmosférický tlak má hodnotou 101 325 Pa. Podtlak je tlak plynu menší než tlak plynu v okolí. Příkladem je prostředí uvnitř baňky žárovky. Přetlak je tlak plynu větší než tlak plynu v okolí. Příkladem je prostor kabiny letadla, které letí v určité výšce.

**Pomůcky:**

balónek, nůžky, plechovka od pití, plastová láhev, lepenka

**Provedení:**

Z plechovky od pití vystříhneme dno i víčko a v blízkosti dna vyvrtáme do pláště otvor. Z plastové láhve také odstříhneme dno.

Veškeré kraje začistíme, aby nebyly křivé nebo ostré. Přes horní konec plechovky pevně natáhneme polovinu nafukovacího balónku tak, aby tvořil napnutou blánu. Upevníme ho kolem dokola izolepou. Do plechovky vsuneme plastovou láhev hrdlem směrem k balónku tak, aby hrdlo na balónek mírně tlačilo a napínalo jej. Dolní část láhve a plechovky opět zajistíme izolepou.

V horní části plechovky vyrazíme cca 1 cm pod balónkem foukací otvor. Musí to být v místě, kde je již hrdlo láhve zúžené a nedotýká se plechovky. Otvor má průměr cca 0,5 cm.

**Vysvětlení:**

Když začneme foukat do prostoru mezi plechovkou a lahví, vznikne v daném místě přetlak. Díky němu se napne membrána z balónku a oddálí se od hrdla láhve. Vzniklou štěrbinou začne vzduch rychle proudit lahví ven.

Ve štěrbině mezi membránou a hrdlem vzduch proudí velmi rychle, takže zde prudce poklesne tlak - membrána z balónku se opět přitiskne na hrdlo. Tím vzduch přestane proudit, takže podtlak zanikne, dech vytvoří přetlak a celý proces se znovu opakuje. Díky tomu se membrána rozkmitá natolik rychle, že vydává slyšitelný zvuk. Láhev s ustřiženým dnem funguje jako rezonanční skříňka - kmity se velmi účinně předávají vzduchu. Čím více je blána napnutá, tím silněji do klaksonu musíme foukat a tím se také membrána rychleji rozkmitá - klakson vydává vyšší tón. [3] (viz Obr 3)

**Praxe:**

Tělesa, která vydávají zvuky můžeme rozkmitat různými způsoby (úder, drnkáním, třením, smýkáním, ...). Kmitavý pohyb vykonávají různá tělesa z různých materiálů i skupenství (pružné blány, struny, vodní či vzduchový sloupec,...).

**Čas:**

|                                                     |          |
|-----------------------------------------------------|----------|
| Příprava pokusu a příprava všech pomůcek            | 5 minut  |
| Realizace a vyzkoušení pokusu                       | 15 minut |
| Úklid                                               | 5 minut  |
| Celkem                                              | 25 minut |
| Dále je možná diskuse nad pokusem a jeho modifikace | 10 minut |

Fotodokumentace:



**Obr 3 a 4** Různé typy hokejových houkaček - změna blány a rezonanční plechovky – (Foto: J. Soukupová)



**Úkoly k experimentu (15 minut):**

1. Ve skupinách vyrobte houkačky na různě dlouhé plechovky a s různě napnutou membránou balónku a různými typy plastových láhví. (viz Obr. 3 a 4)
2. Uspořádejte své výrobky podle výšky tónu a diskutujte, které parametry houkačky výšku tónu ovlivňují a které ne a proč.
3. Uveďte veškerá pružná prostředí, kterými se postupně šíří zvuk při vašem experimentu. Jaký význam má ve vašem experimentu plastová láhev?

**7 Použitá odborná literatura a informační zdroje:**

- [1] Svoboda Emanuel, Přehled středoškolské fyziky, Praha, Prométheus 1998
- [2] Novotný Ivan, Biologie člověka pro gymnázia, Praha, Fortuna 1997
- [3] Soukupová Jitka, Rigorózní práce, Školní a volnočasové aktivity vedoucí ke zvyšování zájmu žáků o fyziku, ŽČU Plzeň, Pedagogická fakulta 2008
- [4] [http://www.exploratorium.edu/science\\_explorer/](http://www.exploratorium.edu/science_explorer/)

**fotografie:**

vlastní zdroj autora – J. Soukupová

## Pracovní list

### 1. Doplňte chybějící informace:

Zvukem, jeho šířením a vlastnostmi se zabývá \_\_\_\_\_. Zvuk je \_\_\_\_\_ mechanické vlnění. Frekvence, kterou zachytí lidské ucho, se pohybuje v rozmezí \_\_\_\_\_. V případě vyšších frekvencí se jedná o \_\_\_\_\_. Vzhledem k malé vlnové délce se jeho vlny odrážejí i od malých překážek. Výška tónu je určena jeho \_\_\_\_\_. Čím větší je frekvence kmitání, tím je tón \_\_\_\_\_.

### 2. Ultrazvuk i infrazvuk se v daných prostředích šíří stejnou rychlostí jako zvuk. Rychlost zvuku v různých prostředích a ve vzduchu, také při různých teplotách naleznete v tabulkách a na internetu.

Ultrazvukový měřič délek obsahuje zdroj ultrazvuku a přijímač odraženého signálu. Tento měřič délky ukazuje na displeji vzdálenost stěny 3,15 m. Zjistěte dobu mezi vysláním a přijetím ultrazvukového signálu. Jakou vlnovou délku má dané mechanické vlnění šířící se ze zdroje, je-li frekvence ultrazvukového zdroje 120 kHz.



**3. K hodnocení sluchového vjemu se zavádí veličina hladina intenzity zvuku. Její jednotkou je decibel (dB).**

Zjistěte, co je práh slyšitelnosti a práh bolesti, a uspořádejte vzestupně podle hladiny intenzity v dB následující zvukové vjemy: šepot, puštěný televizor při běžné hlasitosti, letadlo při startu, křik, rockový koncert a zvuky frekventované ulice.

**4. Pomocí ultrazvuku se v prostoru orientují netopýři. Pomocí infrazvuku se dorozumívají velryby.**

Vyhledejte v odborné literatuře nebo na internetu více informací o orientaci netopýřů v prostoru či o dorozumívání velryb. Zpracujte na toto téma odborný plakát nebo krátkou prezentaci.

# Jaderné přeměny

Mgr. Josef Veselý

## 1 Úkol

- 1.1 Vysvětlit jaderné přeměny a prakticky ověřit možnosti měření záření, najít faktory ovlivňující intenzitu záření.

## 2 Časová dotace

3 vyučovací hodiny

## 3 Pomůcky a materiál

Souprava gama-beta

## 4 Hlavní a dílčí cíle

### 4.1 Základní cíle

- 4.1.1 Seznámení s jadernými přeměnami a možnostmi měření záření.  
4.1.2 Nalezení faktorů ovlivňujících intenzitu záření.  
4.1.3 Praktické využití radionuklidů. Ochrana před zářením.

## 5 Mezipředmětové vztahy a přesahy

chemie, biologie, dějepis, ochrana obyvatel

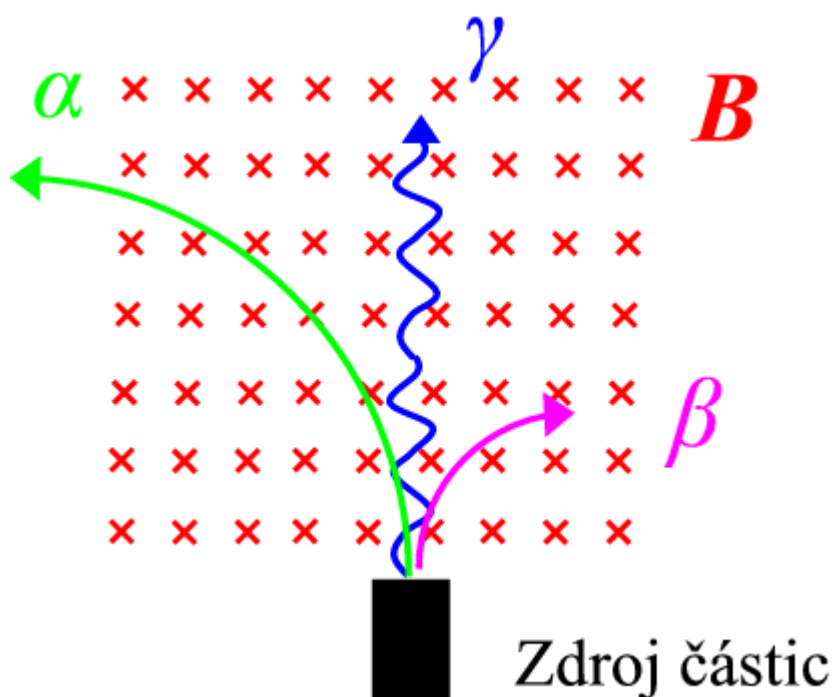
## 6 Obecný úvod k tématu

Jaderné přeměny jsou změny probíhající v atomovém jádru za současného vyzařování částic z jádra. Atomy, které takto vyzařují, se nazývají **radionuklidy**. Jev se nazývá **radioaktivita**. Dělíme ji na přirozenou a umělou (vyzařování uměle vytvořených nuklidů).

Přirozenou radioaktivitu objevil v roce 1896 Henry Becquerel.

Záření se dělí například podle pronikavosti na  $\alpha$ -záření (nejméně pronikavé),  **$\beta$ -záření** a nejpronikavější **záření  $\gamma$** .

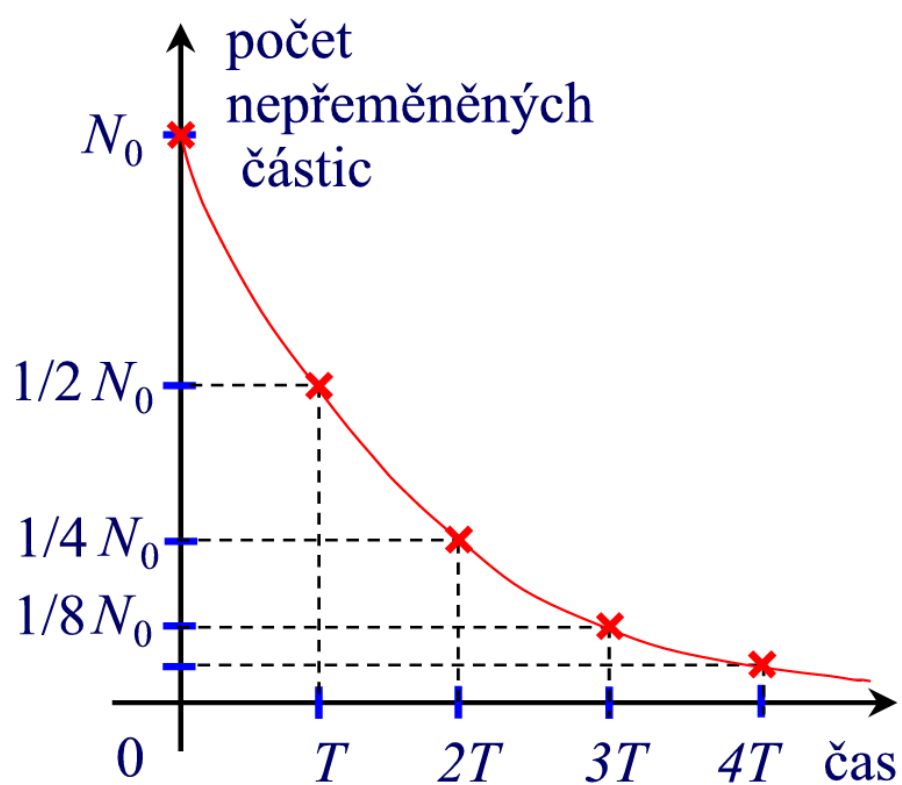
Tato záření se též odlišně chovají v magnetickém poli (viz obr. 1).



**Obr. 1** Alfa, beta, gama záření. Červené křížky v obrázku 1 představují magnetické indukční čáry směřující kolmo do nákresny, zelená křivka představuje trajektorii kladně nabitých částic alfa, fialová křivka znázorňuje trajektorii záporných elektronů (částic beta). Modrá vlnovka znázorňuje elektromagnetické záření gama, které se zde šíří přímočaře.

Fyzikální podstata záření:  $\alpha$ -záření je tvořeno heliovými jádry,  $\beta$ -záření rychlými elektrony a záření  $\gamma$  je elektromagnetické záření s vlnovou délkou menší než 300 pm.

Změna jádra po vyzáření (postupně  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ):



**K bodu 1:** Nejprve se podle návodu k použití důkladně seznámíme se soupravou Gama-beta. Zářiče v ní obsažené vykazují aktivitu nižší, než přísluší zářičům podle hygienické normy. Z hygienického hlediska se proto nejedná o zdroje ionizujícího záření a lze je proto ve školách používat.

**K bodu 2:** Interval 10 sekund vzhledem ke značné fluktuaci výskytu částic není pro měření vhodný. Za 100 sekund bývá obvykle registrováno 30 až 60 částic.

**K bodu 3:** Výsledky jednotlivých měření se značně liší, proto pro stanovení střední hodnoty radioaktivního pozadí je třeba provést větší počet měření.

**Tab. 1** Tabulka pro zápis měření pozadí.

| Č. měření | Počet částic $n$ | Odchylka $\Delta n$ |
|-----------|------------------|---------------------|
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
|           |                  |                     |
| Průměr    |                  |                     |

## 7.2 Závislost intenzity na vzdálenosti

- V držáku ponecháme GM počítač s připojeným čítačem impulzů.
- Zdroj záření nastavíme do polohy  $\alpha$ .
- Změříme počet impulzů za 100 s, odečteme pozadí a výsledek zapíšeme do tabulky, měření opakujeme alespoň třikrát, vypočítáme průměrnou hodnotu  $n$ .
- Měření opakujeme pro další vzdálenosti.
- Zdroj záření otočíme do polohy  $\gamma$  a opakujeme měření podle bodů 3 a 4.

### Pozn.

K bodu 1: V tomto režimu je aktivní pouze optická signalizace počítače, akustická signalizace je nahrazena čítačem.

K bodu 2: Radionuklidy jsou ukryty ve stínícím pouzdře se stínícím kroužkem, záření je uvolňováno, jen když je stínicí kroužek nastaven otvorem k příslušnému radionuklidu.

K bodu 3: Větší počet měření přináší spolehlivější střední hodnotu výsledku.

K bodu 4: Otvory pro uchycení zářiče umožňují vzdálenost zdroje postupně zvětšit dvakrát, třikrát a čtyřikrát.

K bodu 5: Měření se zářičem gama probíhá stejně jako měření se zářičem beta, platí pro ně tedy stejné poznámky.

**Tab. 2** Tabulka zápis pro závislosti na vzdálenosti

| Č. měření | Vzdálenost/cm | Počet částic $n$ |
|-----------|---------------|------------------|
| 1         |               |                  |
| 2         |               |                  |
| 3         |               |                  |
| 4         |               |                  |

### 7.3 Stínění I

- V držáku ponecháme GM počítáč s připojeným čítačem impulzů.
- Do drážky držáku vsuneme plechovou destičku, zapíšeme materiál do tabulky.
- Zářič umístíme do nejbližšího otvoru.
- Na čítači zvolíme interval 100 s.
- Odečteme počet impulzů, odečteme pozadí a výsledek zapíšeme do tabulky.
- Měření opakujeme pro destičky stejné tloušťky z jiných materiálů.

**Tab. 3** Tabulka pro zápis ověření stínění I

| Č. měření | Materiál | Počet částic $n$ |
|-----------|----------|------------------|
|           |          |                  |
|           |          |                  |
|           |          |                  |
|           |          |                  |

### 7.4 Stínění II

- V držáku ponecháme GM počítáč s připojeným čítačem impulzů.
- Do drážky držáku vsuneme tenkou plechovou destičku, zapíšeme materiál a počet destiček do tabulky.
- Zářič umístíme do nejbližšího otvoru.
- Na čítači zvolíme interval 100 s.
- Odečteme počet impulzů, odečteme pozadí a výsledek zapíšeme do tabulky.
- Měření opakujeme pro dvě, tři a čtyři destičky stejné tloušťky (ze stejného materiálu).

#### Pozn.

Obojí měření provádíme jak se zářičem  $\beta$ , tak se zářičem  $\gamma$ . Abychom nemuseli použít dvě tabulky, můžeme rozdělit poslední sloupec tabulky (viz pracovní listy).

Pracovní listy můžeme promítnout (např. při frontálním měření) nebo žákům vytisknout (vhodnější při laboratorní práci).

**Tab. 4** Tabulka pro zápis ověření stínění II

| Č. měření | Materiál | Počet destiček | Počet částic $n$ |
|-----------|----------|----------------|------------------|
|           |          |                |                  |
|           |          |                |                  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**Doprovodné úkoly:**

- 1) Jak je možné, že je z jádra vyzářen elektron, ačkoliv jádro žádné elektrony neobsahuje?  
Vysvětlení: V jádru dochází k přeměně neutronu za vzniku protonu, elektronu a antineutrína. Napište rovnici pro tuto přeměnu.
- 2) Vysvětlete zakřivení trajektorie  $\alpha$  částic a  $\beta$  částic v homogenním magnetickém poli užitím rovnice pro poloměr trajektorie nabitě částice v homogenním magnetickém poli.
- 3) Jak lze určovat stáří organických látek užitím radiokarbonové metody, jestliže poločas přeměny uhlíku





## Pracovní listy – laboratorní cvičení

**Téma:** Závislost intenzity radioaktivního záření na vzdálenosti zdroje záření.

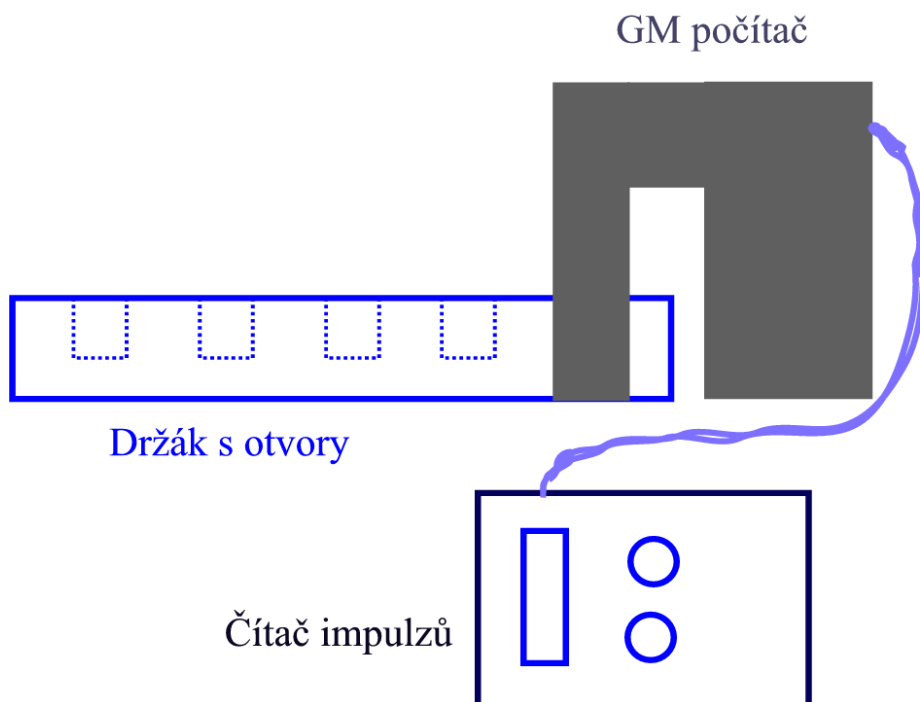
**Úkol:** Změřte závislost intenzity záření na vzdálenosti, proveďte měření pro 4 různé vzdálenosti se zářením beta i se zářením gama.

**Pomůcky:** Souprava Gama-beta, pravítko.

**Provedení:**

### a) Měření pozadí

Sestavíme aparaturu podle obrázku:



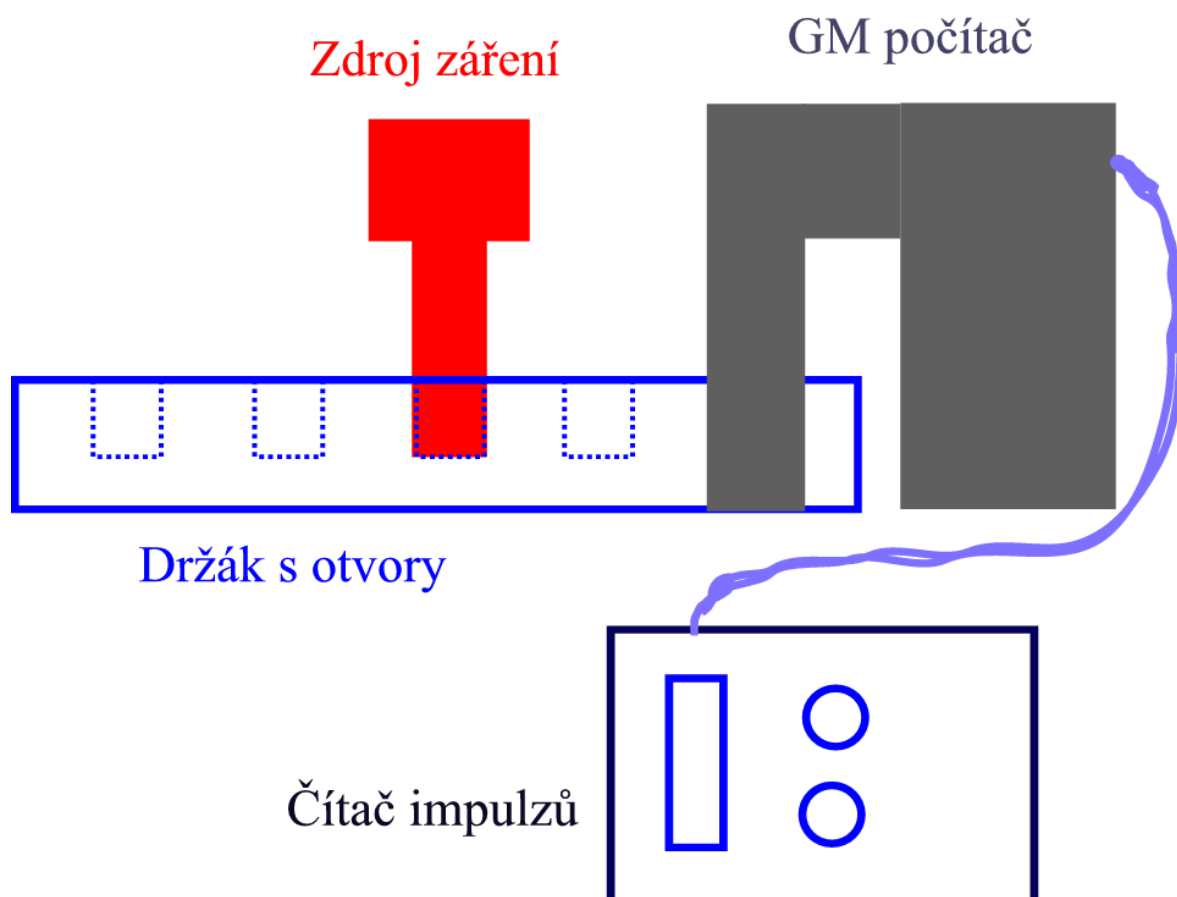
Výsledky zapíšeme do tabulky:

| Č. měření | Počet částic $n$ | Odchylka $\Delta n_i$ |
|-----------|------------------|-----------------------|
| 1         |                  |                       |
| 2         |                  |                       |
| 3         |                  |                       |
| 4         |                  |                       |
| 5         |                  |                       |
| 6         |                  |                       |
| 7         |                  |                       |
| 8         |                  |                       |
| 9         |                  |                       |
| 10        |                  |                       |
| Průměr    |                  |                       |

Průměrná hodnota pozadí  $n_0 = \dots\dots\dots$

Průměrná odchylka =  $\dots\dots\dots$

Pozadí  $n = n_0$



Pro každou vzdálenost provedeme tři měření, počet částic  $n$  počítáme dle vzorce



**c) Měření závislosti intenzity záření na stínění**

Sestavíme aparaturu podle obrázku:

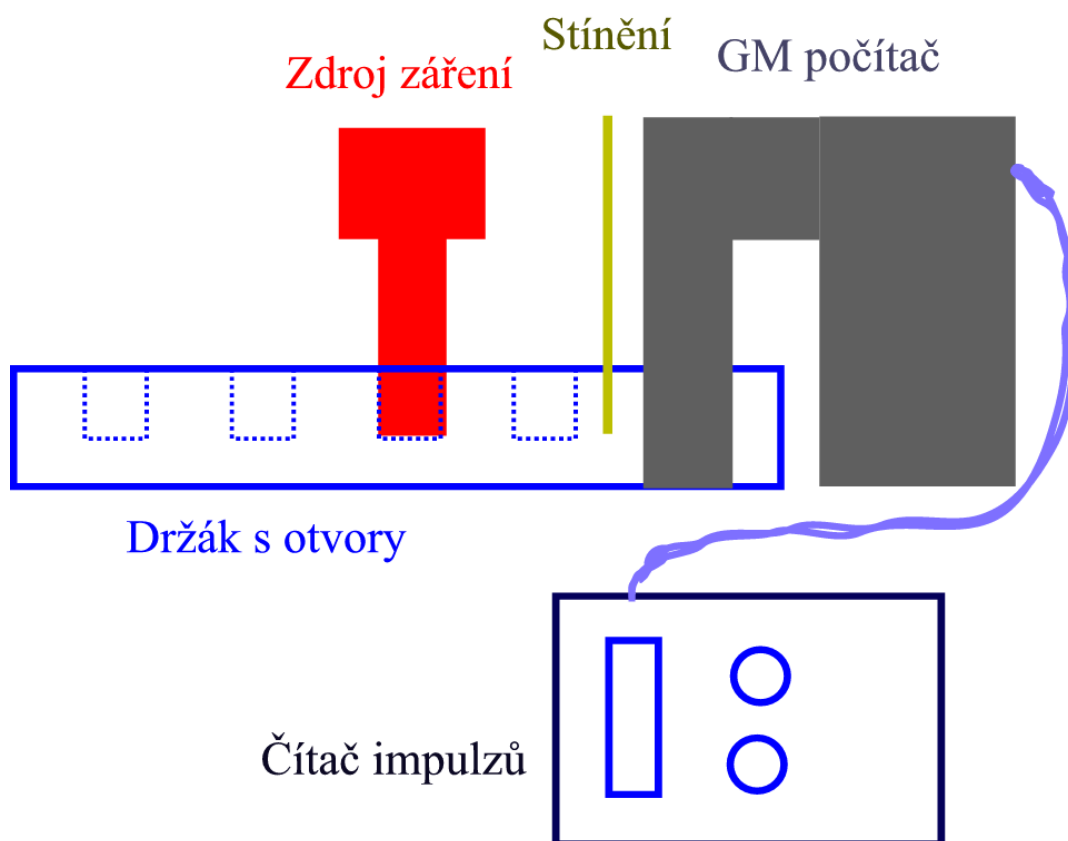
Ověření závislosti stínění na druhu látky:

Do držáku vložíme vždy jednu destičku větší tloušťky, provedeme měření, odečteme pozadí a výsledek zapíšeme do tabulky.

**Tabulka pro ověření stínění I:**

| Č. měření | Materiál | Počet $\beta$ částic $n$ | Počet $\gamma$ částic $i$ |
|-----------|----------|--------------------------|---------------------------|
| 1         | Cu       |                          |                           |
| 2         | Fe       |                          |                           |
| 3         | Pb       |                          |                           |
| 4         | Al       |                          |                           |

**Ověření závislosti stínění na tloušťce desky:**



Do držáku vložíme postupně jednu až čtyři stínící tenké destičky ze stejné látky. Použili jsme destičky z .....

**Tabulka pro ověření stínění II:**

| Č. měření | Počet destiček | Počet $\beta$ částic $n$ | Počet $\gamma$ částic $n$ |
|-----------|----------------|--------------------------|---------------------------|
| 1         | 1              |                          |                           |
| 2         | 2              |                          |                           |
| 3         | 3              |                          |                           |
| 4         | 4              |                          |                           |

**Závěr:**

Zjistili jsme, že radioaktivní záření je všudypřítomné, jedná se o přirozené záření (tzv. pozadí). Naměřili jsme střední hodnotu ..... částic za 100 sekund.

Intenzita záření se se vzdáleností ..... . Vzdálenost může/nemůže být využita při ochraně osob před zářením.

Intenzita záření se při průchodu látkou ..... . Pro zeslabení beta záření byla nejúčinnější destička z ....., záření gama nejlépe odstíní ..... . Stínění je/není dalším významným prostředkem při ochraně osob před zářením.

Významnou roli při stínění hraje/nehraje tloušťka materiálu. Silnější vrstva zeslabuje záření ..... .

# Měrná tepelná kapacita vody

Mgr. Josef Veselý

## 1 Úkol

### 1.1 Změřte měrnou tepelnou kapacitu vody.

## 2 Časová dotace

2-4 vyučovací hodiny

## 3 Pomůcky a materiál

Pro jednu skupinu:

směšovací kalorimetr s elektrickou topnou spirálou, zdroj napětí (stejnosměrný nebo střídavý), potenciometr, ampérmetr, voltmetr, spojovací vodiče, teploměr, stopky, odměrný válec, popř. laboratorní váhy, sada závaží, starší závaží

## 4 Hlavní a dílčí cíle

### 4.1 Základní cíle

- 4.1.1 Schopnost sestavovat elektrické obvody s využitím schématu zapojení.
- 4.1.2 Schopnost zpracovávat experimentálně získaná data, práce s kalkulátorem.

### 4.2 Vedlejší cíle

- 4.2.1 Pro cvičení schopností určit požadovanou veličinu na základě experimentu, nácvik experimentálních dovedností

## 5 Mezipředmětové vztahy

Biologie, zeměpis, klimatologie

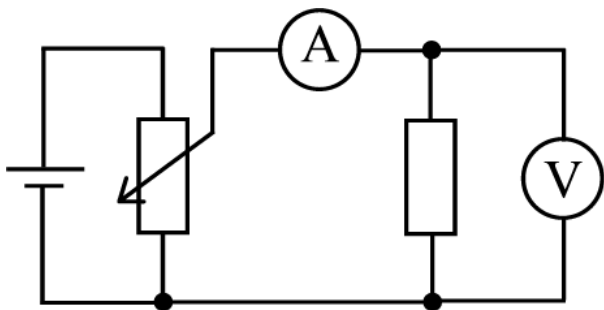
## 6 Obecný úvod k tématu

**Tepelná kapacita tělesa** je skalární fyzikální veličina určující množství tepla potřebného ke změně teploty tělesa o 1 K (nebo o 1 °C).

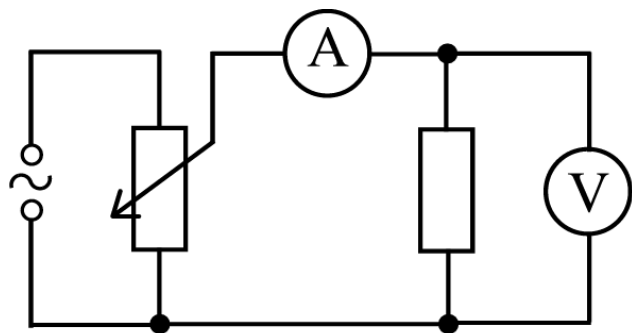
Hodnoty měrné tepelné kapacity látek pro  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  nalezneme v tabulkách. Při měření většinou používáme směšovací kalorimetr a látku se známou měrnou tepelnou kapacitou. Jak však určíme měrnou tepelnou kapacitu první látky, například vody?

Metodu využívající přeměnu mechanické energie na vnitřní energii použil Joule. Tepelně izolovanou nádobu opatřil soustavou pevných a otočných lopatkových kol, naplnil vodou a pomocí závaží otočná kola roztácel a měřil ohřátí vody. Pro tuto metodu však školy zpravidla nemají vybavení.

Technicky méně náročná je metoda využívající ohřívání vody elektrickým proudem. Vodu o známé hmotnosti  $m$  budeme ohřívat v kalorimetru s elektrickou topnou spirálou. Jouleovo teplo pak je teplo, které získá voda. Měříme napětí  $U$ , proud  $I$ , čas  $t$ , počáteční teplotu vody  $t_1$  a výslednou teplotu  $t_2$ . Teplotní rozdíl



Obr. 1 Elektrický kalorimetr – schéma zapojení obvodu.

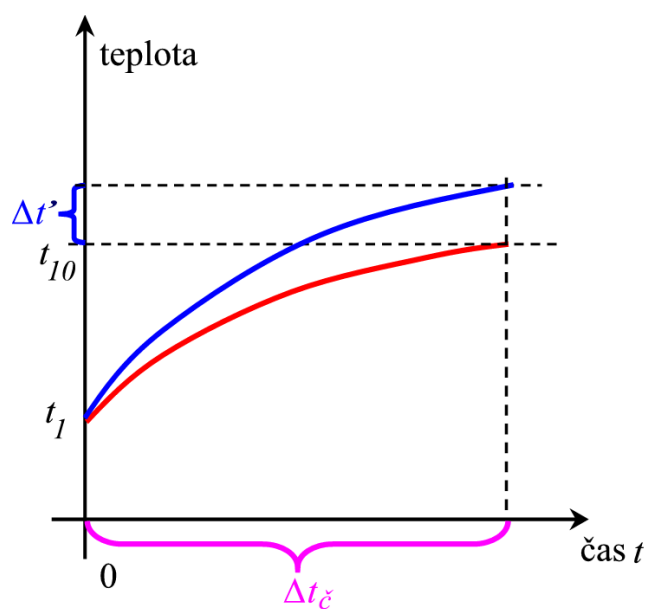
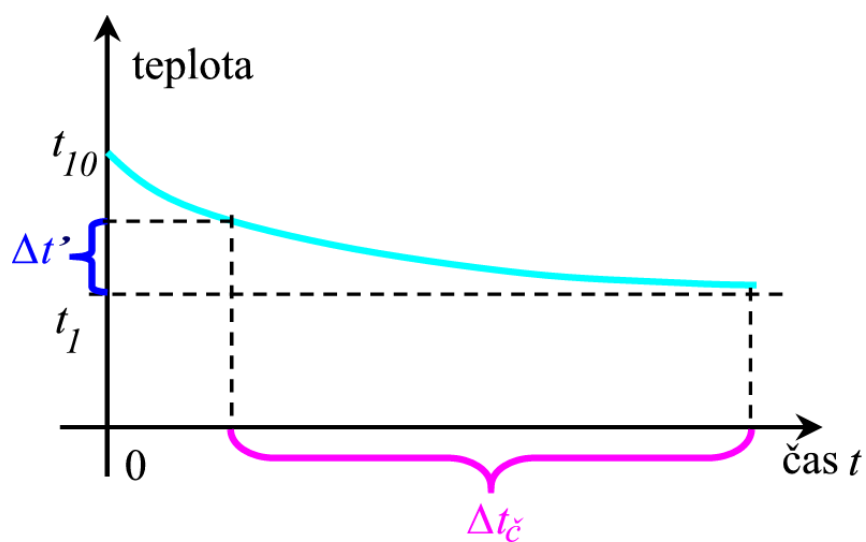


Obr. 2 Schéma zapojení pro střídavý zdroj.

Tab. 1 Tabulka pro zápis hodnot měření.

| Číslo měření | Čas [s] | Teplota [°C] |
|--------------|---------|--------------|
|              |         |              |
|              |         |              |
|              |         |              |
|              |         |              |
|              |         |              |
|              |         |              |
|              |         |              |
|              |         |              |
|              |         |              |



**Obr. 3** Závislost teploty vody na čase při ohřívání.**Obr. 4** Závislost teploty vody v kalorimetru na čase při chladnutí.

**Doprovodné úkoly**

- 1) Kolik tepla je zapotřebí k tomu, aby se voda v rybníku o rozloze 5 arů s průměrnou hloubkou 1,5 m ohřála ze 17 °C na 20 °C? Měrná tepelná kapacita vody je asi 4200

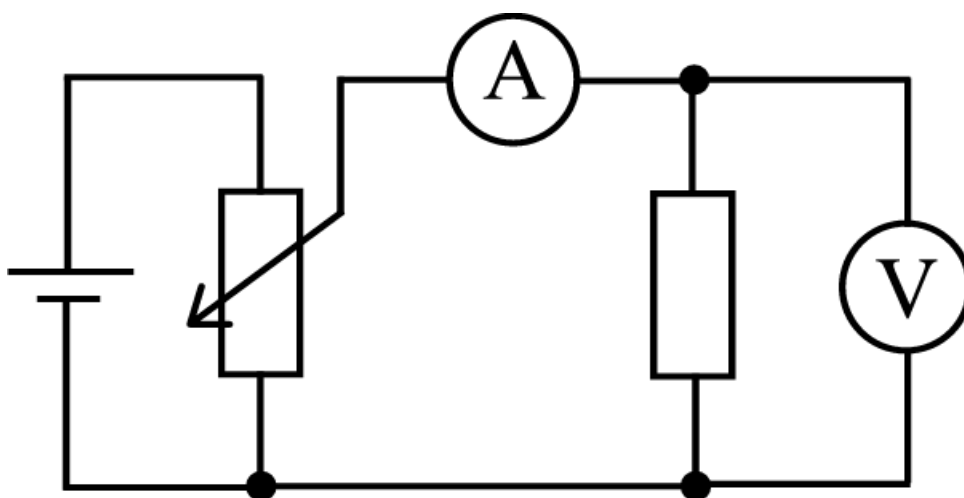
## Pracovní listy – laboratorní cvičení A

**Úkol:** Změřte tepelnou kapacitu vody s využitím směšovacího kalorimetru s topnou spirálou.

**Pomůcky:** Směšovací kalorimetr s elektrickou topnou spirálou, zdroj stejnosměrného napětí, potenciometr, ampérmetr, voltmetr, spojovací vodiče, teploměr, stopky, odměrný válec

**Postup:** Pomocí odměrného válce odměříme vhodné množství vody, využijeme toho, že hmotnost 1 mililitru vody je 1 gram.

Hmotnost vody  $m = \dots\dots\dots$  g =  $\dots\dots\dots$  kg



Kalorimetr zapojíme dle schématu:

Změříme počáteční teplotu  $t_1$  vody v kalorimetru.

$t_1 = \dots\dots\dots$  °C

Zapojíme proud, pomocí potenciometru udržujeme stálé hodnoty napětí a proudu.

Napětí  $U = \dots\dots\dots$  V

Proud  $I = \dots\dots\dots$  mA =  $\dots\dots\dots$  A

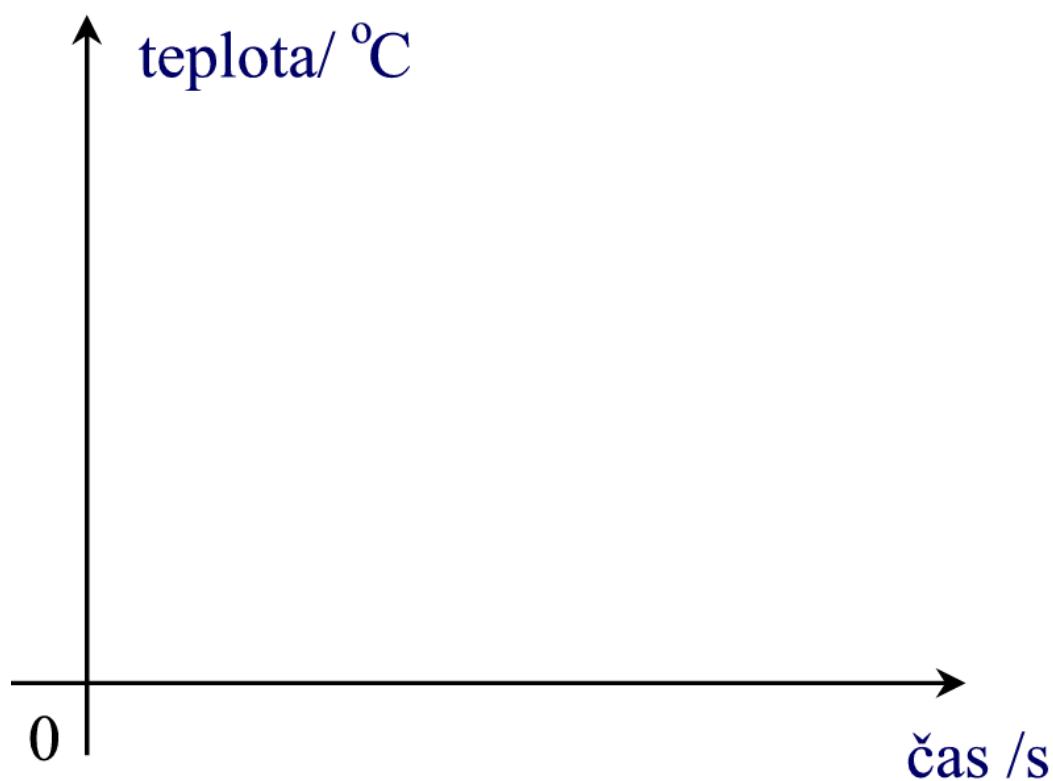
Měříme čas a teplotu vody, výsledky zapisujeme do tabulky:

| Číslo měření | Čas/s | Teplota/ |
|--------------|-------|----------|
| 1            | 0     |          |
| 2            |       |          |
| 3            |       |          |
| 4            |       |          |
| 5            |       |          |
| 6            |       |          |
| 7            |       |          |
| 8            |       |          |
| 9            |       |          |
| 10           |       |          |

Doba ohřívání  $t = \dots\dots\dots$  s

Sestrojíme „červenou“ křivku v grafu 1 podle obr. 2:

Graf 1

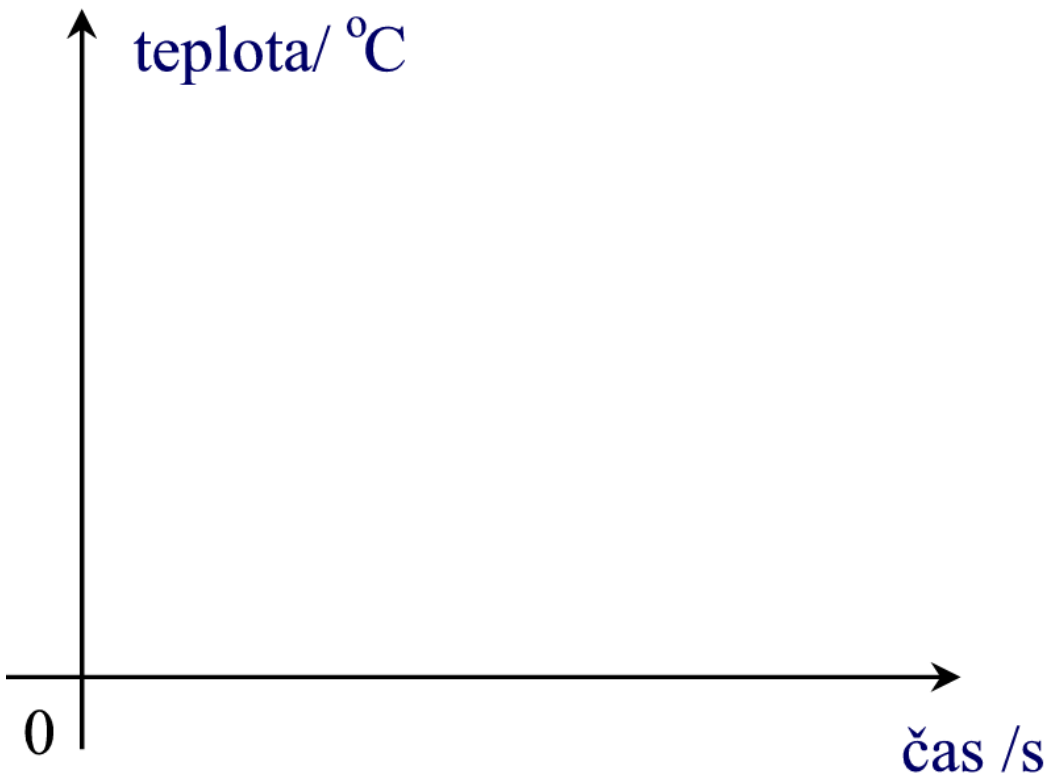


Vypneme proud a necháme vodu chladnout, měříme čas a teplotu, zapisujeme do tabulky (počet měření lze obměnit):

| Číslo měření | Čas/s | Teplota/°C |
|--------------|-------|------------|
| 1            | 0     |            |
| 2            |       |            |
| 3            |       |            |
| 4            |       |            |
| 5            |       |            |
| 6            |       |            |
| 7            |       |            |
| 8            |       |            |
| 9            |       |            |
| 10           |       |            |

Sestrojíme graf 2 podle obr. 3:

Graf 2



Nyní doplníme „modrou“ křivku v grafu 1.

Přírůstek teploty  $\Delta t = t_{10} - t_1 + \Delta t' = \dots\dots\dots\text{ }^{\circ}\text{C} - \dots\dots\dots\text{ }^{\circ}\text{C} + \dots\dots\dots\text{ }^{\circ}\text{C} = \dots\dots\dots\text{ }^{\circ}\text{C}$

Měrnou tepelnou kapacitu vody vypočteme podle vzorce:

## Pracovní listy – laboratorní cvičení B

**Úkol:** Změřte měrnou tepelnou kapacitu pevného tělesa, např. starého závaží, užitím směšovacího kalorimetru a vody se známou měrnou tepelnou kapacitou  $c_2$ .

**Pomůcky:** Směšovací kalorimetr, míchačka, staré závaží, teploměr, laboratorní váhy, sada závaží, odměrný válec, teplá voda.

**Postup:**

- 1) Na laboratorních vahách změříme (zvážíme) hmotnost tělesa,  $m_1 = \dots\dots\dots$  g.
- 2) Změříme teplotu vzduchu v laboratoři. Pokud zde bylo těleso umístěno delší dobu, je jeho teplota rovna teplotě vzduchu,  $t_1 = \dots\dots\dots$  °C.
- 3) Odměříme jisté množství vody,  $m_2 = \dots\dots\dots$  g, a přelijeme do kalorimetru.
- 3) Změříme teplotu vody v kalorimetru,  $t_2 = \dots\dots\dots$  °C.
- 4) Vložíme těleso do vody a kalorimetr zakryjeme víčkem. Občas mírně zamícháme.
- 5) Po dosažení tepelné rovnováhy změříme výslednou teplotu,  $t = \dots\dots\dots$  °C.
- 6) Vypočítáme měrnou tepelnou kapacitu tělesa  $c_1$ .

Těleso přijalo od vody teplo  $Q_1$  a to se rovná teplu  $Q_2$ , které voda odevzdala. Ztráty zanedbáme.

Měření jsme ..... krát zopakovali, výsledky zapsali do tabulky a vypočítali průměr a odchylky jednotlivých měření.

Tabulka pro zápis hodnot:

| Číslo měření | $c_1 / \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | $\Delta c_1 / \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ |
|--------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1            |                                                           |                                                                  |
| 2            |                                                           |                                                                  |
| 3            |                                                           |                                                                  |
| 4            |                                                           |                                                                  |
| 5            |                                                           |                                                                  |
| 6            |                                                           |                                                                  |
| 7            |                                                           |                                                                  |
| 8            |                                                           |                                                                  |
| 9            |                                                           |                                                                  |
| 10           |                                                           |                                                                  |
| Průměr       |                                                           |                                                                  |

Stanovíme průměrnou odchylku



**Závěr:**

Naměřili jsme průměrnou hodnotu měrné tepelné kapacity tělesa .....  
s relativní chybou ..... %.

Podle vzhledu by se mohlo jednat o ..... , zkoušku na železo lze provést  
magnetem.

Podle tabulek by měrná tepelná kapacita měla být ....., což se  
shoduje\*/přibližně shoduje\* / neshoduje\* s naší hodnotou.

Možné příčiny rozdílu jsou .....  
.....  
.....

\* nehodící se škrtněte

# Povrchové napětí vody, kapilární jevy

Mgr. Jaroslava Kepková

## 1 Úkol

### 1.1 Pozorujte povrchové napětí a vztlínatost kapalin.

## 2 Časová dotace

2 vyučovací hodiny

## 3 Pomůcky a materiál

Miska s vodou, drobné mince, drátěná smyčka, kancelářské sponky, saponát a tekuté mýdlo, hypermangan, trubičky s různým průměrem, prkénko, cihla, filtrační papír, petrolej, olej, glycerín, různá textilní vlákna, jehly, pinzeta, zemina, kádinka

## 4 Hlavní a dílčí cíle

### 4.1 Základní cíle

4.1.1 Zkoumání závislosti povrchového napětí na teplotě a druhu kapaliny, ověření kapilární elevace a deprese u různých kapalin.

### 4.2 Vedlejší cíle

4.2.1 Schopnost využívat vlastností kapalin – povrchového napětí, kapilární elevace a deprese v praktickém životě.

## 5 Mezipředmětové vztahy a přesahy

Biologie, chemie, ekologie

## 6 Obecný úvod k tématu

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

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

Povrchová blána je složena z molekul vody, má však odlišné vlastnosti než ostatní voda. Pevnost povrchové blány je závislá na teplotě kapaliny, s rostoucí teplotou se zmenšuje. Čím menší je povrchové napětí v bláně, tím lépe kapalina přilne k látce.

Povrchové napětí vody je 2–3krát větší než je povrchové napětí lihu nebo petroleje, povrchové napětí rtuti je 7krát větší než povrchové napětí vody.

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

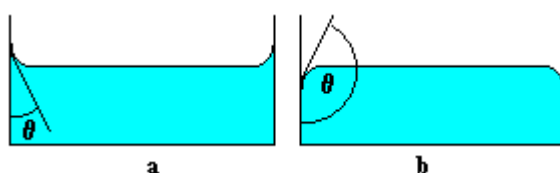
Povrchové napětí vody je při teplotě 100 °C asi o 20 % menší než při teplotě 0 °C. V horké vodě se snáze pere než ve studené. Teplá voda lépe přilne k vláknům látky a odstraní nečistoty. Snížení povrchového napětí se dosáhne použitím saponátů. Ty povrchové napětí snižují více než teplota. Proto lze s nimi účinně prát již při teplotách 30 °C až 60 °C.

### Síly v kapalině:

- 1) Na molekulu uvnitř kapaliny působí silami okolní molekuly.
- 2) U povrchu působí silami molekuly vzduchu.
- 3) U stěny nádoby působí silami molekuly látky nádoby.

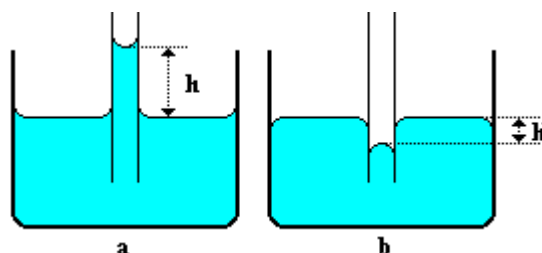
Jestliže výsledná síla směřuje do nádoby, kapalina a) **smáčí stěnu** nádoby.

Jestliže výsledná síla směřuje do kapaliny, kapalina b) **nesmáčí stěnu** nádoby.



Vložíme-li do kapaliny úzkou trubičku-kapiláru (s průměrem menším než 1mm), pozorujeme:

- a) Kapalina smáčí stěnu – v kapiláře vystoupí kapalina nad úroveň hladiny kapaliny v nádobě – jev se nazývá **kapilární elevace**.
- b) Kapalina nesmáčí stěnu – v kapiláře je hladina kapaliny níže, než je hladina v nádobě – jev se nazývá **kapilární deprese**.



### **Využití kapilárních jevů:**

– přivádění vody do nejvyšších částí rostlin

- – vzlínání vody v textilních látkách, v savém papíru
- – vzlínání vody v půdě
- – vzlínání vody do stěn domů při špatné izolaci stěn proti vlhkosti
- – nasávání kapalin do knotů
- – vzlínání roztavené pájky pro vytvoření dokonalých spojů

## 7 Pracovní postup

Žáci se rozdělí do 2–3členných skupin, každá skupina si navrhne svůj záznamový arch.

### 7.1 Pozorování velikosti povrchového napětí:

- Na klidný volný povrch vody položíme opatrně minci. Povrch vody se na obvodu mince prohne, mince se však nepotopí (její hustota je větší než hustota vody).
- Přibližování předmětů plovoucích na hladině vody: Položíme pinzetou jehlu na hladinu vody a rovnoběžně s ní asi 1 cm daleko druhou jehlu. Povrch vody se dvakrát prohne a tím se zvětší. Jehly se k sobě přibližují, až se dotknou, a vznikne pouze jedno prohnutí povrchu. Povrch kapaliny se tím zmenší.
- Okraj sklenice dobře očistíme a naplníme ji přesně po okraj čistou vodou. Vodu lijeme opatrně kádinkou, abychom nezvlhčili okraj sklenice. Pak středem sklenice vhazujeme do vody opatrně mince, kancelářské sponky apod. Povrch vody začne stoupat, ale voda nevyteče. Vytvoří vypuklou plochu působením povrchového napětí.
- Připravíme mýdlový roztok s několika kapkami glycerínu. Připravenou drátěnou smyčku smočíme v mýdlovém roztoku. V celé smyčce se utvoří blána, tu propíchneme rohem sacího papíru uvnitř nitěné smyčky. Okolní blána se stáhne a napne nit do kružnice.
- Na hladinu vody v misce položíme minci. Potom přidáme do vody několik kapek saponátu. Mince se potopí. Pokus můžeme opakovat s kafrem.

### 7.2 Pozorování vzlínivosti

- Skleněné trubičky s různým a velmi malým průřezem, které máme upevněné třeba na prkénku, postavíme do misky s obarvenou vodou (použijeme hypermangan) a pozorujeme, jak vysoko vystoupí voda v jednotlivých trubicích.
- Do misky s vodou postavíme cihlu na nejmenší podstavu. Pozorujeme, jak vysoko vystoupí voda cihlou za půl hodiny.
- Přes okraj sklenice s vodou zavěsíme různá vlákna tak, že jeden konec je ponořen do vody, druhý vně sklenice sahá níž, než je volný povrch vody ve sklenici. Pozorujeme výsledky u jednotlivých vláken.
- Do kádinek nalijeme vodu, petrolej, olej, glycerín, mýdlovou vodu, roztok saponátu do stejné výšky. Proužky filtračního papíru zavěsíme na stojan tak, aby se nedotýkaly stěn kádinky a byly ponořeny asi 1 cm do kapaliny. Po dvaceti minutách porovnáme výšku kapalin na proužcích filtračního papíru.
- Do jedné trubičky (o světlosti 3 cm) nasypeme zkpřenu zemi, do druhé trubičky ji upěchujeme. Postavíme obě trubičky se zemí do misky s vodou a pozorujeme v nich vzlínání vody.

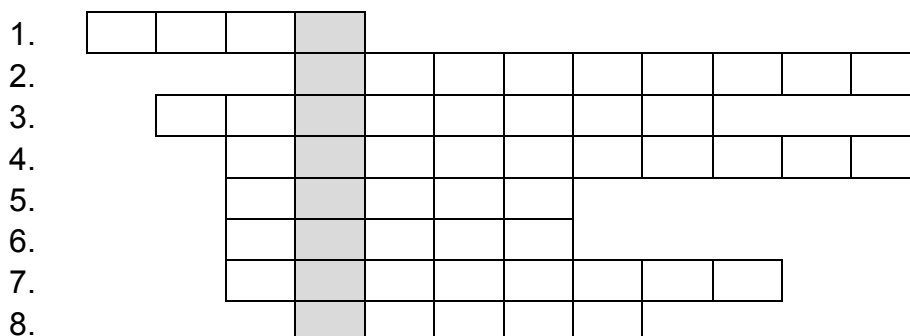
### 7.3 Závěr pozorování

Jak lze ovlivnit povrchové napětí?

Kde se v praktickém životě setkáváme se vzlínavostí vody?

**Doprovodné úkoly:**

- 1) Na hladinu studené vody v misce opatrně položte minci. Pozorujte hladinu vody v okolí mince. Druhou minci do vody pusťte kolmo.
- 2) Misku se studenou vodou umístěte nad kahan a opět na hladinu položte minci. Potom kahan zapalte, velmi pomalu zahřívejte a sledujte minci.
- 3) Na hladinu vody v misce opatrně položte dvě zápalky tak, aby byly rovnoběžné a vzdálenost mezi nimi byla si 1 cm. Pozorujte zápalky.
- 4) Položte na hladinu vody v misce dvě zápalky, aby byly vzdálené asi 1 cm, a dotkněte se hladiny mezi nimi další zápalkou, namočenou však v saponátu. Pozorujte pohyb zápalek.
- 5) Sklenku na víno naplňte až po okraj vodou. Potom do ní opatrně vhazujte špendlíky. Pozorujte přitom ze strany hladinu vody ve sklenice.
- 6) Na hladinu vody v nádobě položte několik zápalek. Vezměte špejli, navlhčete její konec a pak mokrý konec špejle ponořte do moučkového cukru. Tímto oslazeným koncem špejle se dotkněte hladiny mezi zápalkami. Pozorujte pohyb zápalek.
- 7) Hladinu vody v misce lehce posypte hladkou moukou. Pak do středu misky kápněte tekuté mýdlo. Pozorujte jev a vysvětlete jej.
- 8) Přes okraj misky s vodou přehněte kousek látky tak, aby vnitřní konec látky byl ve vodě a aby vnější konec sahal níže, než je hladina vody. Pozorujte a popište jev.
- 9) Dvě stejné sklenice postavte vedle sebe, jednu naplňte studenou vodou, druhou do stejné výšky vroucí vodou. Proužek tkaniny široký asi 1 cm přeložte v polovině napříč, položte přes sousedící okraje sklenic tak, aby oba konce ležely ve vodě stejně velkými plochami. Pozorujte oba konce tkaniny.
- 10) Opakujte tento pokus tak, že místo horké vody dáte do druhé nádoby studenou vodu a trochu jaru.
- 11) Kteří vodní živočichové využívají povrchové napětí k pohybu po vodní hladině? Co se s těmito živočichy stane, když někdo umývá auto u rybníka?
- 12) Na převrácený talířek nalijte trochu kávy, aby právě pokryla dno. Pak kápněte doprostřed několik kapek rumu nebo jiného silného alkoholického nápoje. Sledujte pohyb obou kapalin.
- 13) Do skleničky s bílými květinami přidejte trochu inkoustu (modrý nebo červený). Druhý den pozorujte květiny. Vysvětlete své pozorování.
- 14) Postavte bílou křidu do misky s obarvenou vodou. Pozorujte a vysvětlete jev.
- 15) Po zasetí osiva se pole často válčují. Zkuste vysvětlit proč.
- 16) K jakému účelu se provádí okopávání rostlin a orba půdy?
- 17) Jaký význam má použití saponátů při praní prádla?

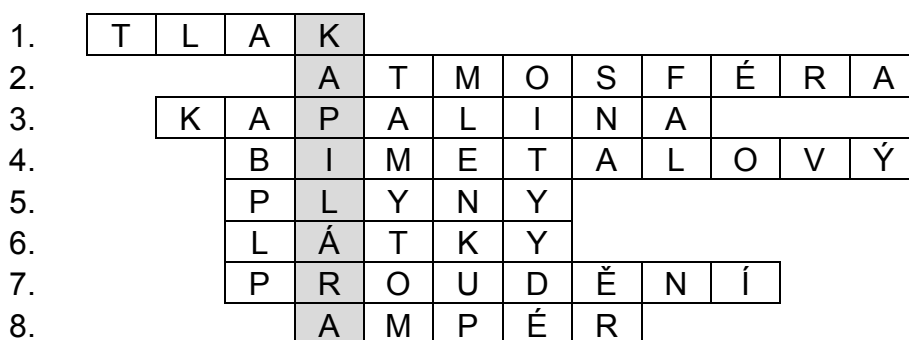
**Křížovka**


Tajenka: Úzká trubička ponořená do kapaliny

Legenda:

1. Fyzikální veličina, kterou vyjadřujeme v pascálech.
2. Vzdušný obal Země.
3. Zkrácený název pro kapalné látky.
4. Teploměr, jehož základem jsou dva různé kovy.
5. Látky, které jsou nejvíce stlačitelné.
6. Materiály, ze kterých jsou zhotovena tělesa.
7. Pohyb kapalin a plynů.
8. Jednotka elektrického obvodu.

Řešení:



## 8 Metodické poznámky

Doporučuje se používat různé druhy experimentů s blánami - bublifuky, vztlínání vody v textilních látkách, v savém papíru, vztlínání vody v půdě, vztlínání vody do stěn domů při špatné izolaci, používání zábran proti vlhkosti, nasávání kapalin do knotů, vztlínání roztavené pájky pro vytvoření dokonalého spoje apod.

# Energie vody, vodní kola, vodní turbíny

Mgr. Jaroslava Kepková

## 1 Úkol

### 1.1 Zhotovte model vodního kola.

## 2 Časová dotace

2 vyučovací hodiny

## 3 Pomůcky a materiál

Dřevěná lišta, korková zátka, plastová fólie, špejle, nýt, těsnění, pilka na železo, tavná pistole, vrták, lehký předmět (o známé hmotnosti), pevná nit, délkové měřidlo, stopky, kalkulačka

## 4 Hlavní a dílčí cíle

### 4.1 Základní cíle

4.1.1 Pochopení přeměněné energie.

### 4.2 Vedlejší cíle

4.2.1 Nácvik a využití manuální zručnosti při práci s různými druhy materiálů (dřevo, plast).

## 5 Mezipředmětové vztahy a přesahy

Zeměpis, biologie, chemie, matematika, pracovní vyučování

## 6 Obecný úvod k tématu

**Energie vody (vodní energie)** vzniká při koloběhu vody na Zemi působením sluneční energie a gravitační síly Země. Vodní energie je využívána pro výrobu elektřiny ve vodních elektrárnách. Vodní energie je druhý nejvyužívanější obnovitelný zdroj energie, patří k nejekologičtějším typům energie (přetransformovaná energie sluneční).

Vodní motor je stroj, který slouží k přeměně vodní energie na mechanickou práci. Způsobů, jak to realizovat, je několik:

- přímo využít potenciální energii vody na konkrétním spádu (vodní kola)
- přeměnit potenciální energii na kinetickou a tu následně přeměnit na mechanickou práci (vodní turbíny)

Podle působení vodního proudu rozlišujeme tři typy vodních kol:

- kola na spodní vodu
- kola na svrchní vodu
- kola na střední vodu

Využití kol: pohon pil, čerpání vody, pohon mlýnů

Účinnost vodních kol – asi 30 %

Účinnost turbín – až 90 %

**Rozdělení turbín:**

- |                          |                                                                                                          |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) podle způsobu práce   | – rovnotlaké turbíny, přetlakové turbíny                                                                 |
| b) podle způsobu využití | – horizontální turbíny (malý výkon na malých spádech)<br>– vertikální turbíny (malé spády a velký výkon) |
| c) podle konstruktérů    | – Francisova turbína<br>– Kaplanova turbína<br>– Peltonova turbína<br>– další, méně známé druhy turbín   |



Kaplanova turbína



Francisova turbína





Peltonova turbína

## Vodní elektrárny

Voda roztáčí turbíny, točící turbína pohání rotor elektrického generátoru, výsledkem je vyrobená elektrická energie.

Vodní elektrárny se dělí na:

- akumulční elektrárny
- přečerpávací elektrárny
- malé vodní elektrárny

Při výrobě elektrické energie z vody nespotřebovávají vodní elektrárny žádné suroviny, nevzniká žádný odpad, elektřina se vyrábí ekologicky. Nádrže vodních elektráren zlepšují kvalitu vody, slouží jako zdroj pro odběr průmyslové a pitné vody, snižují nebezpečí povodní, zvyšují minimální průtok, zlepšují plavební podmínky, umožňují závlahy, jsou využívány pro rekreaci.

## Vodní elektrárny

| Název           | Celkový instalovaný výkon [MW] | Typ elektrárny | Výroba elektřiny v roce 2009 [GWh] | Rok uvedení do provozu (poslední blok) | Vodní tok    | Provozovatel |
|-----------------|--------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------------|--------------|--------------|
| Dlouhé Stráně I | 650                            | přečerpávací   | 314                                | 1996                                   | Divoká Desná | ČEZ          |
| Dalešice        | 480                            | přečerpávací   | 190                                | 1978                                   | Jihlava      | Skupina ČEZ  |
| Orlík           | 364                            | akumulační     | 474                                | 1962                                   | Vltava       | ČEZ          |
| Slapy           | 144                            | akumulační     | 360                                | 1955                                   | Vltava       | ČEZ          |

|               |       |              |     |      |        |             |
|---------------|-------|--------------|-----|------|--------|-------------|
| Lipno I       | 120   | akumulační   | 147 | 1959 | Vltava | ČEZ         |
| Štěchovice II | 45    | přečerpávací | 46  | 1948 | Vltava | ČEZ         |
| Kamýk         | 40    | akumulační   | 84  | 1961 | Vltava | ČEZ         |
| Štěchovice I  | 22,5  | akumulační   | 98  | 1944 | Vltava | ČEZ         |
| Střekov       | 19,5  | průtočná     | 90  | 1936 | Labe   | ČEZ         |
| Vrané         | 13,88 | akumulační   | 53  | 1936 | Vltava | ČEZ         |
| Vranov        | 18,9  | akumulační   | 39  | 1933 | Dyje   | E.ON Trend  |
| Nechranice    | 10    | akumulační   | 66  | 1968 | Ohře   | Povodí Ohře |



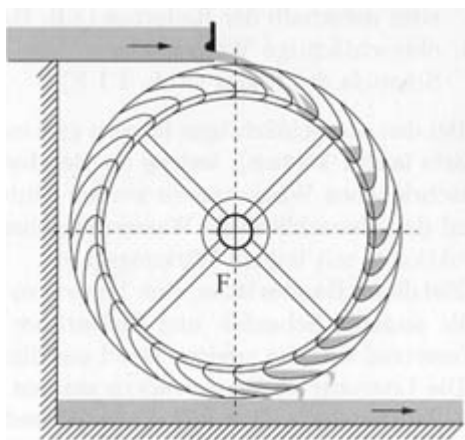
## 7 Pracovní postup

### 7.1 Vodní kolo

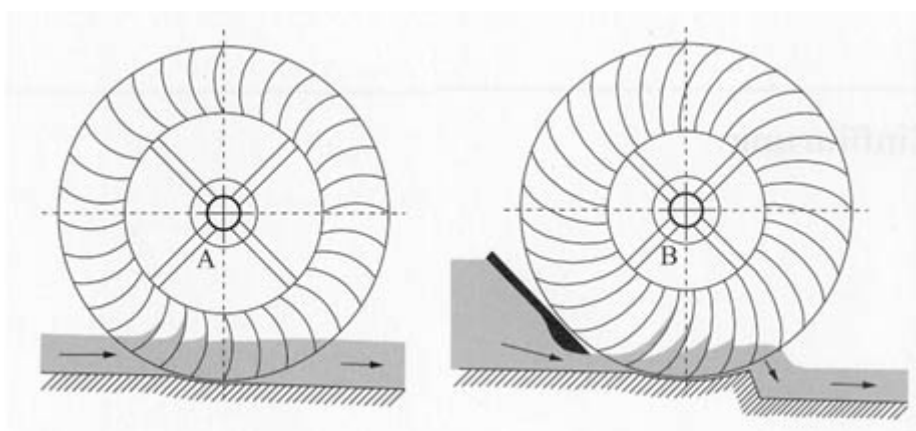
- Ve větší korkové zátce (průměr asi 3,5 cm) uděláme pilkou na železo 6 zářezů pro lopatky, uprostřed vyvrtáme otvor a do něj vlepíme jako osu silnější špejli.
- Vystříháme z tužší plastové fólie obdélníkové lopatky 3 cm x 2 cm a přilepíme je tavnou pistolí do zářezů v zátce.
- Do dřevěné lišty vyvrtáme otvor a do něj zasuneme dutý hliníkový nebo měděný nýt délky 30 mm jako ložisko osy vodního kola.
- Na osu nasuneme zarážku z gumového vodovodního těsnění, zasuneme ji s vodním kolem do otvoru nýtku a z druhé strany zajistíme další zarážkou.
- Hotové vodní kolo vložíme do proudu vody z vodovodu.
- Zkusíme určit výkon kola:
- Do zářezu v ose vlepíme nit a na její konec přivážeme nějaký lehký předmět. Voda z vodovodu roztočí kolo, nit se namotává na osu a zátěž stoupá vzhůru. Výkon určíme, jestliže budeme znát hmotnost předmětu, dráhu a dobu zvedání, použijeme vzorec:  $P = mgh / t$ .

**Doprovodné úkoly:**

- 1) Vyhledejte v literatuře pojmy „korečník“ a „lopatník“ a pokuste se vysvětlit, co znamenají.



Korečník



Lopatník

- 2) Zjistěte, jak vypadal vodní mlýn.
- 3) Proč se stavěl náhon?
- 4) Co je „kolesový parník“?
- 5) Znáte ve svém okolí nějaké vodní dílo?
- 6) Porovnejte přeměnu energie u vodních kol a u vodních turbín.
- 7) Podle čeho se asi volí typ turbíny pro konkrétní přehradu?
- 8) Jak přehrada zabraňuje povodni?
- 9) Najděte některé údaje o přehradách v naší republice.
- 10) Proč se vodní elektrárna uvádí do provozu jen několik hodin denně?
- 11) Vyhledejte v encyklopedii nebo historické publikaci zmínku o prvním využití vodního kola.

## 8 Metodické poznámky

Doporučujeme spolupráci s vyučujícím pracovních činností. Bude-li skupina žáků méně zručná, zvolit raději exkurzi do nejbližší malé vodní elektrárny.

## Pracovní list - Vodní energie

1. Co všechno víte o vodě? Kde a v jakých formách ji můžete v přírodě najít?

.....

.....

.....

2. Namalujte a popište koloběh vody v přírodě. Co tento koloběh pohání?

3. Ve vodě se skrývá mnoho energie. Jak ji můžeme využít? Vypište některé možnosti:

.....

.....

.....

4. V současných vodních elektrárnách se používají tři typy turbín. Dokážete vypsát jejich názvy a uvést způsob použití?

.....

.....

.....

5. Popište podrobně přeměny energie, které nastávají v průtočné vodní elektrárně:

.....

.....

.....

6. Zjistěte, jak je chráněno, aby se do turbín vodní elektrárny nedostaly ryby, větve a jiné překážky plovoucí po vodě.

.....

.....

.....

7. Jak se jmenuje největší přečerpávací vodní elektrárna v ČR?

.....

8. Jaké jsou další funkce vodní přehrady kromě výroby elektřiny?

.....

.....

# Hustota – Experimenty a měření pro SŠ

PhDr. Jitka Soukupová

## 1 Úkol

### 1.1 Seznámení se s pojmem hustota

### 1.2 Porovnání hustoty kapalin

### 1.3 Využití Archimédova zákona pro porovnání hustot

### 1.4 Experimentální porovnání hustot nesterodných látek

## 2 Časová dotace

2 vyučovací hodiny

## 3 Hlavní a dílčí cíle

- 3.1.1 seznámení se s pojmem hustota na základě experimentu
- 3.1.2 porovnávání hustoty kapaliny s využitím Archimédova zákona
- 3.1.3 aplikovat teoretické poznatky do praxe
- 3.1.4 systematizace teoretických poznatků na základě experimentu
- 3.1.5 schopnost realizovat a prezentovat experiment před publikem
- 3.1.6 řešení problémových úkolů a situací na základě experimentu
- 3.1.7 uvědomit si možnosti změny hustoty nesterodných látek

## 4 Mezipředmětové vztahy a přesahy

matematika – výpočet objemu, hmotnosti a hustoty, aplikace Archimédova zákona

chemie – hustota kapalin, stejnorodá a nesterodná látka

biologie a ekologie – vliv hustoty na chování kapalin v přírodě, ekologické havárie, oxid uhličitý, chemické reakce

## 5 Klíčové kompetence

Kompetence k učení – žák je efektivně využívá v procesu učení, plánuje a organizuje vlastní učení, vyhledává a třídí informace a na základě jejich pochopení, samostatně pozoruje a experimentuje, získané výsledky porovnává a vyvozuje z nich závěry pro další využití.

Kompetence k řešení problémů - žák rozpozná a pochopí problém, přemýšlí o nesrovnalostech a jejich příčinách, promýšlí a plánuje způsob řešení problémů, ke kterým využívá vlastních úsudků a zkušeností, je schopen vyhledat informace vhodné k řešení problémů, využívá získané vědomosti a dovednosti, samostatně řeší problémy a vhodně volí způsoby řešení.

Kompetence komunikativní - žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory, účinně se zapojuje do diskuze, obhájí svůj názor, toleruje názor druhých lidí, avšak umí i vhodně argumentovat využívá informační a komunikační prostředky.

Kompetence sociální a personální – žák spolupracuje ve skupině, zapojuje se do diskuze v malé skupině i v celé třídě, obhájí svoje myšlenky a názory.

Kompetence pracovní – žák používá bezpečně a účinně pomůcky, materiály a nástroje, dodržuje jasně vymezená pravidla, dokáže se adaptovat na změněné nebo nové pracovní podmínky, využívá nabyté znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech v zájmu vlastního rozvoje.

## 6 Materiály pro výuku

### 6.1 experiment - Barevná voda třikrát jinak

#### Anotace:

Pohrajme si s obarvenou vodou různé teploty. Co se stane, když sklenici s teplou vodou překlopíte na sklenici s vodou studenou? Jak to bude vypadat naopak? A co když vodu osolíte? A jak to dobře zviditelnit? K tomu vám pomohou právě potravinářské barvy. Pusťte se do toho a experimentujte.

#### Téma:

Hustota látek, proudění kapalin

#### Trocha teorie:

Hustota látky je fyzikální veličina, která určuje, jaká je hmotnost jednotkového objemu látky.

Značka veličiny:  $\rho$  (ró) , jednotka:  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (kilogram na metr krychlový)

Jestliže se jedná o hmotnost látky v jednotkovém objemu, znamená to, že budeme při

výpočtech vycházet ze vztahu  $\rho = \frac{m}{V}$  . [1]

#### Víte, že:

Voda v Mrtvém moři obsahuje z více než 27% sůl, zatímco v ostatních mořích a oceánech je sůl zastoupena 2–3%, takže má výrazně větší hustotu. 2]

#### Pomůcky:

šest průhledných sklenic se silnějšími stěnami, studená a teplá voda, potravinářské barvivo (vhodné jsou kombinace modrá + červená, žlutá + zelená, žlutá + červená atp.), sůl, hrací nebo platební karta

#### Provedení:

Do tří sklenic nalijte teplou a do tří studenou vodu. Teplou vodu obarvěte jednou barvou, studenou vodu druhou. V jedné sklenici teplou vodu důkladně osolte. Sklenice pomocí karty obraťte vždy dvě a dvě na sebe tak, aby jednou byla teplá voda ve spodní lánvi a studená nahoře, podruhé naopak a potřetí aby byla dole studená a nahoře osolená teplá voda. Kartu opatrně vyjměte a sledujte, co se v jednotlivých případech děje. (Viz obr. 2)



**Vysvětlení:**

V případě, že je ve spodní sklenici studená a v horní sklenici teplá voda, se obarvené kapaliny nesmísí a barvy zůstanou oddělené.

Pokud je ve spodní sklenici voda teplá a nahoře studená, dojde k promísení barev a vzniku fialové, modré či oranžové tekutiny podle kombinací použitých barev.

Jestliže je v horní sklenici slaná teplá voda a ve spodní sklenici voda studená, opět dojde k promísení barev. (Viz obr. 1)

Teplá voda má menší hustotu než voda studená, proto se v prvním případě drží nahoře na svém původním místě a ve druhém případě se dostává nahoru a studená voda klesá ke dnu a barviva se prouděním smísí. Ve třetím případě má roztok slané teplé vody větší hustotu než voda studená, proto se opět kapaliny promísí, protože studená voda s menší hustotou jde vzhůru a teplá slaná voda s větší hustotou dolů.

**Možné obměny:**

- pokud se nám sklenice špatně obrací, použijeme tvrdé plastové láhve s širokými víčky a do víček uděláme větší otvory horkým hřebíkem
- dále můžeme opatrně ponořovat malou skleničku od přesnídávky s malým otvorem ve víčku do velké sklenice od okurek - ve velké nádobě je jedna teplota kapaliny, v malé nádobě druhá, kapalinu v malé nádobě pro zviditelnění situace obarvíme
- místo obarvené teplé a studené vody lze použít vodu a červené víno, kdy kartu nevytáhneme úplně, ale pouze nepatrně, nebo olej a červené víno, případně vodu a olej - v tom případě se kapaliny nesmísí, ale vymění si svoje místo, protože jejich viskozita jim mísení neumožňuje

**Praxe:**

Tento jev je možné pozorovat v přírodě – voda s nejvyšší hustotou se drží u dna – jedná se o vodu o teplotě cca 4 stupně Celsia. Umožňuje život vodní fauny a flóry v zimě v zamrzlých řekách a rybnících. Stejně tak mořské proudy teplé se nacházejí při hladině moří a oceánů, studené naopak u dna.

**Čas:**

|                                                     |          |
|-----------------------------------------------------|----------|
| Příprava pokusu a příprava všech pomůcek            | 5 minut  |
| Realizace pokusu                                    | 5 minut  |
| Úklid                                               | 5 minut  |
| Celkem                                              | 15 minut |
| Dále je možná diskuse nad pokusem a jeho modifikace | 10 minut |

Fotodokumentace:



**Obr. 1** Mísení kapalin – voda a slaná voda, voda teplá a studená a naopak (Foto: J. Soukupová)



**Obr. 2** Mísení kapalin – příprava a realizace experimentu (Foto: J. Soukupová)

**Úkoly k experimentu (20 minut):**

1. Porovnejte hustotu teplé a studené vody a hustotu sladké a slané vody téže teploty s využitím tabulkových hodnot
2. Porovnejte hustotu teplé a studené vody a hustotu sladké a slané vody téže teploty měřením hustoměrem
3. Navrhněte, jakým způsobem lze snížit (zvýšit) hustotu kapaliny
4. Co je anomálie vody a jak se z hlediska hustoty vody projevuje, jaký má praktický význam?

**6.2 experiment – Hustota nestejnorodých látek****Anotace:**

Využijte různé možnosti chování těles v kapalině na základě Archimédova zákona a porovnejte látky podle hustoty. Jak ovlivňuje fyzikálně-chemické složení hustotu látky? Experimentujte a vyvodte závěry.

**Téma:**

Hustota látek, Archimédův zákon

Trocha teorie:

Hustota látky je fyzikální veličina, která určuje, jaká je hmotnost jednotkového objemu látky.

Značka veličiny:  $\rho$  (ró), jednotka:  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (kilogram na metr krychlový)

Jestliže se jedná o hmotnost látky v jednotkovém objemu, znamená to, že budeme při

výpočtech vycházet ze vztahu  $\rho = \frac{m}{V}$ .

Archimédův zákon: Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno hydrostatickou vztlakovou silou, která je rovna tíze kapaliny tělesem vytlačené.

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

Chování těles v kapalině: plavání –  $F_{vz} > F_g, \rho_{kap} > \rho_t$

vznášení se –  $F_{vz} = F_g, \rho_{kap} = \rho_t$

klesání ke dnu –  $F_{vz} < F_g, \rho_{kap} < \rho_t$  [1]

**Víte, že:**

Přírodní kyselky se již ve středověku stávaly oblíbeným nápojem zámožných vrstev, takže už v 16. století se rozšířilo jejich stáčení a rozvoz i na velké vzdálenosti. Vzhledem k této popularitě se řada podnikatelů nezávisle na sobě pokusila v polovině 18. století o jejich nápodobu umělým sycením vody  $\text{CO}_2$ .

**Pomůcky:**

velká průhledná kyveta s vodou, shodné 0,33 l plechovky s různými sycenými nápoji včetně light verzí, oloupané a neoloupané citrusy

**Provedení:**

Do kyvety s vodou ponořte několik plechovek se sycenými nápoji, pokud všechny klesnou ke dnu, vodu osolte tak, abyste odlišili polohu jednotlivých plechovek v kyvetě vůči dnu. Totéž pozorování proveďte s neoloupanými i oloupanými citrusy.

**Vysvětlení:**

Nápoje v plechovce se v kyvetě vznášejí různou měrou. Hustota plechovky s nápojem jako nestejnorodého tělesa je srovnatelná s hustotou vody. Objem každé plechovky je stejný a plechovky se liší průměrnou hmotností. Ta se snižuje v případě, že nápoj je více sycený oxidem uhličitým a cukr je nahrazen umělými sladidly. V těchto případech je hustota menší a plechovka se více vznáší nebo plove, zatímco u nápojů slazených cukrem a méně sycených oxidem uhličitým je hustota větší než hustota vody a plechovka klesá ke dnu. (Viz Obr. 3)

Citrusy zbavené kůry ve vodě klesají ke dnu, citrusy s kůrou plovou, což opět souvisí s odlišnou průměrnou hustotou oloupaných a neoloupaných citrusů. V kůře citrusů je velké množství vzduchu, jež má za normálních podmínek hustotu  $1,29 \text{ kg/m}^3$  a tak celkovou průměrnou hustotu citrusového plodu výrazně snižuje, a proto citrusy s kůrou ve vodě plovou, zatímco oloupané klesají ke dnu. [3]

**Možné obměny:**

- plechovky s nápoji můžeme nahradit krabičkami od filmů naplněnými různými nápoji sycenými  $\text{CO}_2$  pomocí sifonové láhve nebo Sodastreamu s různou mírou sycení nápoje oxidem uhličitým
- dále můžeme porovnat obdobným způsobem hustoty různě cukrem nebo solí nasycené vody

**Praxe:**

Archimédův zákon platí nejen pro kapaliny, ale i pro plyny. Vznášení těles v plynech využívají horkovzdušné a heliové balóny, kde hustota helia i horkého vzduchu je menší než hustota vzduchu za normálních podmínek, a tím je průměrná hustota balónu s košem i posádkou menší než hustota vzduchu a balón může mířit vzhůru.

**Čas:**

|                                                     |          |
|-----------------------------------------------------|----------|
| Příprava pokusu a příprava všech pomůcek            | 5 minut  |
| Realizace pokusu                                    | 5 minut  |
| Úklid                                               | 5 minut  |
| Celkem                                              | 15 minut |
| Dále je možná diskuse nad pokusem a jeho modifikace | 10 minut |



## Fotodokumentace:



Obr. 3 Hustota nestejnorodého tělesa (Foto: J. Soukupová)



Obr. 4 Určení hmotnosti tělesa (Foto: J. Soukupová)

**Úkoly k experimentu (20 minut):**

1. S využitím digitálních vah s přesností minimálně 0,5 g určete hmotnost a z hmotnosti a daného objemu vypočtete hustotu jednotlivých sycených nápojů v plechovkách, které jste použili v experimentu (viz obr. 4)
2. Změřte pomocí odměrného válce nebo kádinky objem citrusů s kůrou i bez kůry a jejich hmotnost, vypočtete ze získaných hodnot hustotu
3. Navrhněte, jakým způsobem lze měnit chování tělesa v kapalině – plování, vznášení se a klesání ke dnu, navržená řešení zdůvodněte
4. S využitím informačních zdrojů – odborná literatura, internet – informujte spolužáky například o principu činnosti ponorky, pohybu ryb v různé hloubce, ponoru lodí, ...

**7 Použitá odborná literatura a informační zdroje:**

- [1] Svoboda Emanuel, Přehled středoškolské fyziky, Praha, Prométheus 1998
- [2] Soukupová Jitka, Rigorózní práce, Školní a volnočasové aktivity vedoucí ke zvyšování zájmu žáků o fyziku, ŽČU Plzeň, Pedagogická fakulta 2008
- [3] <http://www.stevespanglerscience.com/experiments/>

**fotografie:**

vlastní zdroj autora – J. Soukupová

## Pracovní list

### 1. Doplňte chybějící informace:

Hustota je fyzikální \_\_\_\_\_. Její značka je \_\_\_\_\_ a jednotkou jsou \_\_\_\_\_ nebo \_\_\_\_\_. Hustotu pevných látek určujeme výpočtem ze zjištěné \_\_\_\_\_ a objemu dané látky. U kapalných látek můžeme hustotu určit nejen výpočtem, ale také pomocí \_\_\_\_\_. Čím má kapalina \_\_\_\_\_ hustotu, tím se hustoměr méně ponoří. Jedná se o praktické využití \_\_\_\_\_ zákona.

**2. Do barevného koktejlu (experiment č. 3)** jsme vhodili kostku ledu o objemu  $10 \text{ cm}^3$  a hmotnosti 9,2 g.

Určete hustotu ledu, zjistěte, pod které kapaliny se potopil a na kterých plave.

Svůj výpočet a výsledek experimentu porovnejte s tabulkovými hodnotami kapalin, na jejichž rozhraní se led zastavil.

**3. Archimédův zákon**

Těleso je zavěšené na siloměru a ponořené v nádobě s vodou. Na stupnici siloměru odečteme 7,2 N. Jakou hodnotu odečteme na siloměru, pokud totéž těleso bude ponořené v oleji? Situaci řešte výpočtem a následně ověřte experimentálně s využitím závaží nebo plastelíny.

**4. Podobným způsobem, jako se chová teplá a studená voda (experiment č. 2), se chová teplý a studený vzduch.**

Vyhledejte v odborné literatuře nebo na internetu základní informace o historii a principu horkovzdušného balónu.

Využijte malířskou fólii různých velikostí, izolepu a fén a vyrobte horkovzdušný balón.

Vysvětlete jeho chování ve vzduchu a rozdílné chování balónů různých velikostí.





## **Enviroexperiment – biologie pro 2. stupeň ZŠ**

editoři: RNDr. Zdeňka Chocholoušková  
Mgr. Veronika Kaufnerová

autoři: Mgr. Jaroslava Kepková  
Mgr. Josef Veselý  
PhDr. Jitka Soukupová

obálka: Mgr. Denis Mainz

jazyková korektura: PaedDr. Jitka Málková

vydavatel: Západočeská univerzita v Plzni

tisk: Typos, Tiskařské závody, s.r.o, Plzeň

1. vydání

Plzeň 2012

**ISBN 978-80-261-0179-6**