

## Trochu podrobnější náměty na miniprojekty na Hraštica 2007

*Voda a jiné kapaliny*

(L. Dvořák, 1.-2. 5. 2007)

**1. To je ale hustý! (Měříme hustotu kapalin.)***Ověřte, zda nám různé tabulky hodnot nelžou!*

Změřte (alespoň přibližně) hustotu:

- a) Různých kapalin (voda, líh, jejich směs, olej, med, sirup, šampón, tekuté mýdlo, Cola, pivo, RedBull, ...)
- b) „Mořské vody“ – tedy vody různě slané
- c) Různě sladké vody (porovnejte též Colu a Colu Light)
- d) Vody v závislosti na teplotě (třeba i anomálii pod 4°C)
- e) Pěny (z mýdla, Jaru, piva, ...) – to sice není úplně kapalina ale přece jen ...

Jak měřit:

Hustotu zkuste měřit různými způsoby. Porovnejte výsledky. Zkuste např.:

- i) Vážít kapalinu známého objemu – v kádince, ve stříkačce, v brčku, ...  
(Pozn.: Z brčka by možná šly udělat netradiční „váhy na kapalinu“.)
- ii) Měřit hustoměrem, který vyrobíte z trubičky, brčka, kapátka, apod.  
(Vyrobený hustoměr samozřejmě musíte ocejchovat.)
- iii) Ponořit do kapaliny malé těleso a změříte sílu, kterou táhne za závěs.  
(Hustotu tedy opět určíme ze vztlakové síly. Tohle měření by mohlo být docela přesné; vhodné bude asi hlavně pro určování malých změn hustoty.)
- iv) Určit hustotu kapaliny z hydrostatického tlaku.  
(To by asi bylo jen hrubé a orientační měření. Zajímavé by ale mohlo být porovnat výšky sloupců dvou různých kapalin ve spojitých nádobách – relativní určení hustoty by pak mohlo být dost přesné.)

Pomůcky:

Kapaliny: voda, líh, olej, sirup, tekuté mýdlo, Jar, Cola, pivo, ...

Stříkačky, brčka, kapátko, skleněné trubičky, špendlíky, nit, plastelína, Izolepa, závažíčka (matičky), zvonkový drát ev. kancelářské sponky, hadičky (průhledné).

Měřítka (pravítka), malé digitální váhy, malý odměrný válec (lze nahradit stříkačkami).

**2. Led plovoucí na vodě, atd. (Archimédův zákon)***Udělejte v praxi o, o čem se ve škole často jen mluví!*

Pokusy, které stojí za to vyzkoušet:

- a) Nádobu s vodou, v níž plave led – že se po roztátí hladina nezmění.  
(Jaká část ledu je nad hladinou? S jakou přesností můžeme říci, že se hladina nezměnila?)
- b) Stejný pokus, ale když je v ledu zamrzlé závaží – že po roztátí hladina klesne.  
(Závaží, např. matičku, zvolte tak těžké, že led tak-tak plave)
- c) Nádobu s vodou, v níž plave led. Na vodu nalijeme olej (tak, aby led byl úplně ponořen). Co udělá po roztátí ledu hladina vody? A co hladina oleje?
- d) V nádobě s vodou plave dřevěný špalík. Na vodu nalijte vrstvu oleje tak, aby byl špalík úplně pod hladinou. (Zvolte dostatečně těžké dřevo nebo špalík zatíže, aby na samotném

oleji neplaval.) Olej tlačí na horní stranu špalíku – měl by ho tedy víc zatlačit do vody. Opravdu? A o kolik?

- e) Jak silný musí být alkoholický nápoj, aby v něm led neplaval?  
(Tedy jaký musí být poměr vody a lihu? Ověřte s technickým lihem. Směs nekonzumujte!)
- f) Jaký vztlak působí na těleso v pěně?  
(Z Jaru, z piva, ve vodě probublávané bublinkami vzduchu...)
- g) Pingpongový míček v hrdle láhve (plastové od mléka) neplave, i když je nad ním voda. (Pod ním není.) Po našroubování zátky míček vyplave. (Podrobněji vysvětlí L.D.)
- h) Archimédes prý určil, zda byla královská koruna z ryzího zlata. Zkuste to taky!  
(S prstýnkem apod. Nebo určete hustotu kusu cínu, kamene, skla, plastiku, buřtu, apod.)

Pomůcky:

Nádoba (kelímek, uříznutá PET láhev, kádinka apod.), dřevo, kovová matička nebo hřebík. Voda, líh, olej, led z ledničky. Královská koruna nebo prstýnek nebo něco jiného. Měřítka. Siloměr nebo váhy. (Ty si lze udělat.)

### 3. Kdy se převrhne loď? (stabilita plování těles)

*Švédská loď Vasa se kdysi převrhla při své první plavbě. Uměli byste poradit stavitelům?*

Spočítejte a vyzkoušejte, jak je to se stabilitou plování těles:

- a) Jak moc musíte naklonit plovoucí hranolek, aby se převrátil? Jak velká energie je potřeba k převrácení? Právě ta může být asi mírou stability...  
(Spodní podstavu hranolku můžeme držet nití na místě, horní podstavu tahat a měřit přítom sílu. Odvoďte si sílu i teoreticky – spočítejte, kde je při naklonění těžiště „vytlačené vody“ a kde je „metacentrum“ – viz skripta Havránek II, s.110-111.)
- b) Jak se stabilita změní, když „lodičce“ přidáme těžký kýl? Jaká je stabilita katamaranu?

Pomůcky:

Nádoba (kelímek, uříznutá PET láhev, kádinka apod.), hranolky dřevěné či z polystyrénu, hřebíčky, nitě, siloměr.

### 4. Jak nás strhává proud (odpor prostředí při pohybu v kapalině)

*Silný proud v řece nám může podrazit nohy. Jakou silou na nás působí?*

Změřte sílu, jakou proudící voda působí na těleso.

- a) Jakou silou působí proudící voda na kouli (míček, kuličku apod.)?  
Změřte, jak závisí odporová síla na rychlosti?  
(Můžete také táhnout kouli stojící vodou. Sílu můžete určit z úhlu, který svírá závěs se svislicí.)
- b) Jakou silou působí proudící voda na disk? Jak síla závisí na rychlosti?  
(Můžete např. sestavit mechanismus podobný váze na dopisy.)
- c) Pro malou rychlost ověřte vztah pro Stokesovu sílu. Pro vyšší rychlosti Newtonův vztah pro sílu. (Viz skripta Havránek II, s. 134 a dál.)
- d) Změřte pomocí výše uvedených způsobů rychlost vody v potoce.
- e) Zkoumejte odpor prostředí pro různé profily. (Polokoule, kapka atd.)
- f) Jak rychle stoupají bubliny v různě viskózních kapalinách? (Tekuté mýdlo atd.)

Pomůcky:

Kuličky různých průměrů, nit, laťky, závažíčka. Brčko. Rybník, potok. Tekuté mýdlo.

## 5. Vodoměrky a kapky deště (kapilarita)

*Vodoměrka běhá po hladině vody. Jak to dokáže?*

Co měřit a vyzkoušet:

- Změřte povrchové napětí vody. Jak závisí na příměsích? (mýdlo, Jar ev. další)  
Jak závisí na teplotě vody?
- Jak vysoko vystoupí voda mezi dvěma rovnými skly, která se jednou hranou dotýkají?  
Jaký tvar má rozhraní voda-vzduch?
- Jak to bude s kapilárními jevy na rozhraní voda-olej?
- Vytvořte kapku oleje vznášející se ve směsi vody a lihu. Bude kulová?
- Jaký je tlak v mýdlové bublině? Jaký je tlak v bublince v kapalině? (Změřte.)
- Jak velkou kapku udělá voda na skle? Jakou na teflonu? Jaký úhel svírá okraj kapky s podložkou? Jak závisí na přidání Jaru do vody?
- Vyfotografujte kapku odkapávající z pipety. Jaký má tvar? Jak je velká?
- Vyfotografujte kapku padající vzduchem. Jaký má tvar?

Jak měřit:

Metody měření povrchového napětí:

- Odtrháváním drátku, např. drátěného rámečku.
- Měřením výšky hladiny v kapiláře.
- Měřením odkapávajících kapek (z trubičky, brčka apod.).

Pomůcky:

Drátek, malý siloměr nebo vážky (ze špejlí apod.). Kapiláry.

Měřítka, jehla, digitální posuvné měřítka. Digitální fotoaparát.

Literatura:

Svoboda, Bakule: *Molekulová fyzika*

De Gennes et al.: *Capilarity and Wetting Phenomena. Drops, Bubbles, Pearls, Waves.*

## 6. Vlnky, vlny, tsunami... (vlny na vodě)

*Vlny se po hladině pohybují různě rychle. Proč? Jak?*

Co měřit a vyzkoušet:

- Zkuste změřit rychlost vln (na hluboké vodě) v závislosti na frekvenci pro dlouhé vlny („gravitační“).
- Zkuste změřit rychlost vln v závislosti na frekvenci pro krátké vlny (kapilární).

Jak měřit rychlost vln:

- Přímo z šíření vlnoploch.
- Z frekvence a vlnové délky.

Pomůcky:

Rybník, něco na rozkmitání vody (destička, možná nějaký excentr), stopky, měřítka.

Literatura:

Feynman: *Feynmanovy přednášky z fyziky I*, s.694-698

Brdička: *Mechanika kontinua*

## 7. Jak moc vodí voda?

*Destilovaná voda prý skoro nevede. Voda z kohoutku zase vede až až. Jak moc?*

Zkuste změřit:

- Vodivost destilované vody (např. destilované vody do chladiče).  
(Použijte elektrody o velikosti až 10x10 cm např. 1 mm od sebe.)
- Vodivost vody z kohoutku, různých minerálek, Coca-Coly apod.
- Jak vodivost vody ovlivňuje sůl, slabé kyseliny (ocet, citron), cukr?  
(Cukr asi disociuje málo, vodivost by ovlivňovat neměl. U soli by měla být jasná závislost na koncentraci roztoku.)
- Odpor mezi elektrodami zaraženými do země: - suché, - vlhké.  
(Jak závisí odpor na velikosti elektrod a na jejich vzdálenosti?)

Pomůcky:

Plechy, přírodní dráty, multimetr. Případně zdroj střídavého napětí.

## 8. Z čeho je voda? (elektrolýza vody)

*Elektrolýzou rozložíme vodu na vodík a kyslík. Opravdu platí, co o tom vyzkoumal už Faraday?*

Zkuste:

- Rozložit vodu elektrickým proudem. Zapálenou špejlí pak ukázat, že u anody se uvolnil kyslík. Vodík uvolněný u katody by zase měl hořet.
- Ověřit, že množství uvolněných plynů je úměrné náboji, který obvodem protekl.
- Souhlasí výsledek s hodnotami Avogadrova čísla, elementárního náboje atd.?

Pomůcky:

Elektrody, zkumavky, nádoba, zdroj el. proudu, ampérmetr (multimetr). Měřítka, zápalky. Voda a něco na okyselení pro lepší vodivost.

## 8. Magnet odpuzuje vodu (voda je diamagnetická)

*V silném magnetickém poli se může vznášet kapka vody i malá žabka.*

To nezvládneme, ale zkuste:

- Udělat malé torzní váhy (ze špejlí) a ukázat, že neodymový magnet odpuzuje vodu.  
(Voda může být v malé plastové zkumavce, možná i v plastovém sáčku.)
- Ověřit, že hladina vody nad neodymován magnetem je mírně snížena.  
(Je nepatrně vidět při pohledu ze strany. Magnet musí být těsně pod povrchem vody.)

Poznámka: Pozor na příměsi ve vodě, ty nejspíš nebudou diamagnetické. Zřejmě bude lepší použít destilovanou vodu.

Pomůcky:

Špejle, nitě, plastová zkumavka, talíř, neodymový magnet. Destilovaná voda.

## 8 a. Voda v elektrickém poli (permitivita vody)

Náměty, jak změřit permitivitu vody:

- Změřit, jak prochází střídavý proud kondenzátorem s dielektrikem z destilované vody.
- Zkusit změřit vtahování vody mezi elektrody kondenzátoru. (Pro malá napětí ale asi nebude měřitelné.)

## 9. Voda studená, horká i vařící (voda a teplo, fázové přeměny)

*Voda prý má anomálně vysokou tepelnou kapacitu.*

Zkuste proměřit různé věci, související s vodou a teplem:

- a) Měrnou tepelnou kapacitu vody.  
(Kalorimetr by šlo udělat z polystyrénového kelímku. Topit v něm by šlo třeba malou žárovkou...)
- b) Měrnou tepelnou kapacitu vody varnou konvicí.  
(Alespoň přibližně to musí jít z údajů na varné konvici. Zkuste konvici zapnout vždy na chvíli, např. na půl minuty, pak vody promíchat a změřit teplotu. Hodnoty vynesete do grafu.)
- c) Měrnou tepelnou kapacitu oleje a lihu.  
(Je opravdu menší, než tepelná kapacita vody? V kalorimetru z kelímku by to mělo jít proměřit. Olej by možná bylo dobře dát do mikrotenového sáčku, aby nezamastil celý kelímeček.)
- d) Jak led ochladí nápoj ve sklenici?  
(Tedy měrné skupenské teplo tání.)
- e) Jak ovlivňuje množství soli ve vodě teplotu mrznutí?  
(Můžete také z ledu a soli vyrobit chladicí směs.)
- f) Jak rychle chladne voda díky vypařování?  
(Porovnejte chladnutí horké vody v zakrytém a odkrytém polystyrénovém kelímku. Půjde změřit úbytek hmotnosti vody?)
- g) Jak se zahřeje kus plechu, když na něm kondenzuje vodní pára?  
(Pod plechem budeme vařit vodu, ideální by bylo měřit také množství vody, které z kondenzuje na plechu. Pokus ilustruje, že horká pára je nebezpečná...)
- h) Jak je to s varem za sníženého tlaku? Co pozorujeme ve stříkačce naplněné vodou, když ji ucpeme a vytáhneme píst – je to uvolňování bublin rozpuštěných plynů nebo var?  
(Zkuste pokus udělat s vodou, kterou jste předtím vařili, aby se z ní plyny uvolnily.)

Pomůcky:

Polystyrenový kelímeček, žárovka, baterie nebo zdroj napětí, vodiče, multimetry, teploměr. Hodinky nebo stopky. Odměrný válec (nebo stříkačky nebo váhy na stanovení množství vody). Olej, líh. Lednička. Váhy. Sůl. Injekční stříkačky.

## 10. Voda ve vzduchu (vlhkoměry)

*Ve vzduchu je voda, i když se to někdy nezdá.*

Zkuste:

- a) Sestrojit a ocejchovat vlasový vlhkoměr.
- b) Měřit relativní vlhkost v průběhu dne.  
(K dispozici je digitální vlhkoměr.)
- c) Změřte rosný bod.  
(Vnější stěny plechovky od konzervy, do níž dáme studenou vodu event. vodu s ledem, se orosí, je-li teplota plechovky nižší, než rosný bod. Porovnejte zjištěnou hodnotu s hodnotou získanou digitálním vlhkoměrem.)
- d) Zkuste získat vodu ze země pomocí jámy, nad níž je napnutá plachta.  
(Údajně to má fungovat i v poušti – ve dne se jáma ohřeje, voda se ze země vypaří, v noci pára z kondenzuje na plachtě a steče resp. nakape do skleničky postavené pod středem plachty.)

Pomůcky:

Digitální vlhkoměr, vlasy, plechovka, teploměr, další drobnosti, plachta, kelímeček...

## Další náměty:

### 11. „Patlavost není hustota“ (o viskozitě)

Zkuste změřit viskozitu:

- Vody – a to i v závislosti na teplotě.
- Oleje
- Tekutého mýdla

Možnosti měření:

- Průtokem hadičkou. (Z Poiseuilleova zákona.)
- Z momentu sil, jímž musíme otáčet disk u stěny.
- Pro hodně viskózní látky možná i z rychlosti, jakou tečou po šikmé ploše...

### 12. Co rozpustí Coca-Cola?

*Říká se, že rozpustí kde co. (Možná včetně našich zubů...)*

Zkuste dát do lahvíček s Coca-Colou hřebík, padesátník event. jiné věci. Co s nimi udělá?

### 13. Voda, cukr a světlo

*Cukerný roztok stáčí polarizační rovinu světla. Ale optických jevů souvisejících s vodou je mnohem víc.*

- Zkuste proměřit stočení polarizační roviny světla cukerným roztokem různých koncentrací.  
(Použijte světlo laseru – je polarizované – a polarizační filtr.)
- Změřte index lomu vody event. jiných kapalin (líh, olej...).  
(Možnosti: z mezního úhlu, z Brewsterova úhlu...)
- Jak moc světla odráží vodní hladina?

### 14. Stříkačky, turbíny, díry v nádrži, vodní hodiny...

- Jak vysoko dostříkne voda z plastové injekční stříkačky?  
(Jakou stříká rychlostí?)
- Jakou silou působí stříkající voda na plochu, na níž dopadá?  
(Na rovnou desku nebo na lopatku turbíny.)
- Jak rychle vytéká voda dírou v nádrži? Jaká je rychlost výtoku.
- Sestrojte Mariottovu láhev, z níž bude voda vytékat stálou rychlostí. Ta by mohla sloužit jako vodní hodiny s rovnoměrnou stupnicí...

### 15. Kmity vody

- Jak kmitá voda v hadicové rovnováze? Jak závisí perioda kmitů na parametrech vodováhy?
- Jaký je útlum kmitů v hadicové vodováze?
- Jak kmitá voda v akváriu, ve vaničce, v dlouhém kanále?

## Dodatek: Přehled námětů na téma Voda a jiné kapaliny

(2. verze, L. Dvořák, 18. 4. 2007 – zahrnuje i náměty uvedené výše)

### Hustota, tlak, hydrostatika:

- Hustota – závislost na slanosti, na teplotě, anomálie mezi 0-4 °C, hustota Coly....
- Tlak:
  - Pascalův zákon – hydrostatický lis, ...
  - Hydrostatický tlak – měření, hydrostatické paradoxon (vyražení dna sudu), Torricelliho pokus, tlak vody a hladina vody v rotující nádobě, v padající nádobě není hydrostatický tlak; Mariottova láhev
  - Spojité nádoby – hadicová vodováha
  - Archimédův zákon – plování těles, karteziánky, vznášení kapek v kapalině stejné hustoty (kulový tvar kapek)
- Stlačitelnost – je ovlivněna bublinkami plynu?; stlačitelnost pěny...

### Hydrodynamika:

- Rovnice kontinuity – tvar praménku vody vytékající z kohoutku
- Bernoulliho rovnice – ověřit pokles tlaku, vodní vývěva, kavitace...
- Rychlost toku v různých místech trubky
- Hybnost pohybující se vody – zkusit ověřovat Eulerovu rovnici?
- Viskozita – měřit v hadičce, mezi disky, mezi válečky, závislost na teplotě... , porovnat s jinými kapalinami (olej, glycerin, med...),
  - Pohyb bublinek vzduchu v kapalině (=pohyb v odporujícím prostředí), Stokesova síla

### Vlny

- Rychlost zvuku ve vodě – a souvislost se stlačitelností
- Vlny na povrchu vody – gravitační a kapilární, rychlost vln, závislost na vlnové délce, vlny na mělké vodě

### Kapilarita, povrchové napětí, bubliny, kapky atd.:

- Povrchové napětí – závislost na příměsích (mýdlo, Jar,...), povrch.napětí různých tekutin
- Tlak ve vzduchových bublinách ve vodě, tlak v mýdlových bublinách
- Opravdu vytvářejí mýdlové bubliny plochy s minimálním povrchem?
- Voda a jiné kapaliny v kapilárách (z různých materiálů)
- „Vodoměrky“ (malé předměty na hladině), „lodička“ poháněná povrchovým napětím
- Tvar různě velkých kapek (na různých površích – např. na plastiku, olej na teflonu...)
  - Měřit úhel styku kapky s podložkou
  - Do jak velké kapky či louže se rozlije dané množství vody? (viz deGennes, s.37)
- Ověřit tvar vody u svislé stěny (opravdu exponenciálně klesá? Možná by šlo měřit odrazem světla či koukáním na mřížku pod hladinou – pozor, délky jsou malé!)  
Zkusit měření pro různá povrchová napětí (voda s Jarem).
- Opravdu voda smáčí vyčištěné sklo a kovy?

### Teplné vlastnosti, fázové přechody, molekulová fyzika

- Měrné teplo – porovnat různé kapaliny (voda, olej, slivovice...)
- Kalorimetrie
- Teplotní roztažnost – kapalinové teploměry
- Tepelná vodivost – a porovnat s efektivitou předávání tepla prouděním
- Skupenské teplo vypařování – a zkoumat vypařování vody z misky, z prádla, z tabule,...
- Skupenské teplo tání
- Var – závislost teploty varu na tlaku (Papinův hrnec, var za sníženého tlaku)
  - Závislost teploty varu na příměsích (soli, alkohol),
  - Jevy předcházející varu (bublinky na dně – tlak v bublinkách, kolaps bublinek – jak voda šumí před varem, spektrum tohoto zvuku...), blánový var atd.,
  - Leydenfrostův jev
- Přehřátá a podchlazená kapalina

- Mrznutí vody – zvětšování objemu, trhání lahví; regelace ledu, ledové krystalky, sníh, rampouchy
- Jak co rozpouští – plyny i pevné látky, závislost rozpustnosti plynů na teplotě a tlaku, uvolňování bublinek při poklesu tlaku (sodovka, potápěč – kesonová nemoc), chlazení při rozpouštění látek – chladicí směsi
- Pára – tlak par, tlak sytých par, absolutní a relativní vlhkost vzduchu, vlhkoměry, kondenzace vody, rosný bod, mlha, rosa, jinovatka
- Osmóza

#### Elektrické a magnetické vlastnosti

- Permittivita – zkusit měřit přes kapacitu kondenzátoru
  - Změřit závislost na teplotě
- Vtahování kapalného dielektrika mezi desky kondenzátoru (voda, možná olej,...)
- Permeabilita – ověřit, že voda je diamagnetikum (na torzních vážkách)
  - Vliv magnetu těsně pod hladinou na tvar hladiny,... (vznášení vody v mag.poli asi neuděláme...)
- Voda a elektrický náboj – rozstříkávání kapiček, vodní indukční elektrika, ? princip vzniku el. náboje v mracích?

#### „Elektrochemie“

- Vodivost vody – závislost na příměsích (sůl, citrón, ocet...);
  - Jak moc „nevodivá“ může být destilovaná voda?
- Kontaktní potenciály kovů ve vodě – galvanické články
- Elektrolýza vody – Faradayův zákon,
  - Energie spotřebovaná na elektrolýzu, vznik vody spalováním vodíku a kyslíku

#### Optické věci:

- Index lomu – měření, disperze, vodní čočka, vodní hranol, ohyb a odraz světla na kulové kapce (model duhy)
- Odraz světla na povrchu vody (ověřit, co plyne z Fresnelových vzorců)
- Rozptyl světla – rozptyl na bublinkách, kapičkách tuku (Měření koncentrace tuku v mléce Zkusit měřit fototranzistorem – a svítit nějakou frekvencí odlišnou od 50 Hz?)
- Absorpce světla (v čaji apod.)
  - „Zákalometr“ (lze měřit znečištění vody?)
- Stáčení polarizační roviny cukerným roztokem.

#### Různá zařízení:

- Pumpy, čerpadla (odstředivé...)
- Stříkačka, vodotrysk
- Heronova fontána
- Heronova baňka
- Segnerovo kolo; „antiSegnerovo kolo“
- Vodní kola a turbíny
- Vodovod, kohouty, těsnění
- Vodojemy a přehrady
- Topení (proudění vody díky rozdílu teplot, tok tepla...)
- Parní turbína a parní stroj; Newcombův atmosférický stroj
- Získávání vody ze zemní vlhkosti (díra s plachtou).

#### Další otázky:

- Nasáklivost látek – a vliv vlhkosti na vlastnosti látek
- Jak rychle padají dešťové kapky? Jaký mají tvar?
- Jak rychle teče voda v potoce (či korytě) o daném spádu? Co má na rychlost vliv? Jaký spád má mít akvadukt? (A jaký kanalizace?)
- Liší se nějak (fyzikálně) vlastnosti různých balených vod a minerálek? Lze rozdíly (např. ve vodivosti, v povrchovém napětí...) poznat jednoduchými přístroji?
- Kolik vody je v běžných věcech? (Třeba v pečivu?)