



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Digitální učební materiál

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0802
Název projektu	Zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Číslo a název šablony klíčové aktivity	III/2 – Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Příjemce podpory	Gymnázium, Jevíčko, A. K. Vitáka 452

Název DUMu	<b>Struktura a vlastnosti kapalin</b>
Název dokumentu	VY_32_INOVACE_16_18
Pořadí DUMu v sadě	18
Vedoucí skupiny/sady	<b>Mgr. Petr Mikulášek</b>
Datum vytvoření	14. 1. 2013
Jméno autora	Mgr. Jiří Janeček
e-mailový kontakt na autora	janecek@gymjev.cz
Ročník studia	<b>2.</b>
Předmět nebo tematická oblast	<b>Fyzika</b>
Výstižný popis způsobu využití materiálu ve výuce	<b>Shrnutí a procvičování učiva. Inovace: využití ICT, netradiční úlohy, mezipředmětové vztahy - matematika</b>

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

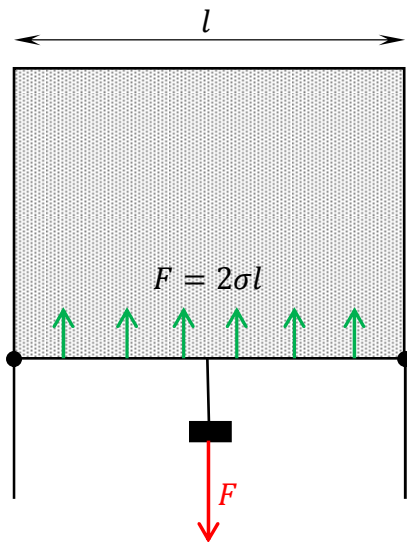
### 1. Základní pojmy

**Povrchová vrstva kapalin** je vrstva molekul, jejichž vzdálenost od volného povrchu kapaliny je menší než poloměr **sféry molekulového působení**. Na všechny tyto molekuly působí sousední molekuly přitažlivou silou, která má směr dovnitř kapaliny (Bartuška, K. & Svoboda, E., 1993). Výslednice **normálních složek sil** vyvolávají v kapalině vysoký **kohezní tlak**, kterým jsou molekuly k sobě tlačeny, vlivem těchto sil vzniká **povrchová blána** (Hlavička, A. et al., 1978). Projde-li molekula „zevnitř“ kapaliny do její povrchové vrstvy, musí vykonat práci proti této síle, tedy potenciální vrstva molekul povrchové vrstvy má vyšší potenciální energii – **povrchová energie** (Bartuška, K. & Svoboda, E., 1993).

Kapalina má snahu zaujímat tvar tak, aby její povrchová energie byla minimální (povrch kapaliny byl minimální).

*Aplikace: tvar kapek rosy – koule, pohyb jepice po vodě, plovoucí mince, zrnka písku, ...*

**Povrchová síla a napětí** – pokus: rámeček s pohyblivým ramenem délky  $l$  s vytvořenou mýdlovou blánou (Obrázek 1):



Obrázek 1.

Vyrovnaní síly blány stahující drát délky  $l$  lze vyrovnat tíhou drátku a tíhovou silou závažíčka. Pro sílu platí vztah

$$F = 2\sigma l \quad (1)$$

Blána má dva povrchy – tudíž 2,  $\sigma$  je **povrchové napětí kapaliny**.

Posuneme-li příčku o dráhu  $\Delta s$ , vykoná síla (1) práci

$$\Delta W = F \cdot \Delta s = 2\sigma l \Delta s = \sigma \Delta S \quad (2)$$

Odtud je zřejmé, že v povrchu je nahromaděna jistá energie – **povrchová energie**.

**Jevy na rozhraní kapaliny a pevného tělesa.** Mohou nastat 2 případy

- Kapalina **smáčí stěny** – vytváří **dutý povrch** – voda+sklo, líh+sklo, ...
- Kapalina **nesmáčí stěny** – vytváří **vypuklý povrch** – sklo+rtuť, ...

Toto zakřivení vytváří v kapalině přídavný – **kapilární tlak** (u stěn nádoby, kapiláry, bubliny, kapky, lze ho u kapaliny s povrchem tvaru kulového vrchlíku vyjádřit vztahem

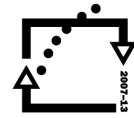
$$p_K = \frac{2\sigma}{R} \quad (3)$$



evropský  
sociální  
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

U kulové bubliny se 2 povrchy vztahem

$$p_K = \frac{4\sigma}{R} \quad (4)$$

Kde  $R$  jsou v případě (3) poloměr kulového povrchu a v případě (4) poloměr bubliny.

Při ponoření trubice velmi úzkého průměru – kapilára – do kapaliny pozorujeme dle tvaru povrchu následující jevy:

- dutý povrch – **kapilární elevace** – vystoupení kapaliny
- vypuklý povrch – **kapilární deprese** – pokles kapaliny

Má-li kapalina hustotu  $\rho$ , kapilára poloměr  $R$  a vystoupá-li kapalina do výšky  $h$  je kapilární tlak (3) v rovnováze s tlakem hydrostatickým vyvolaným vystoupaným sloupcem kapaliny, tedy

$$p_K = p_H \Rightarrow \frac{2\sigma}{R} = h\rho g \quad (5)$$

*Aplikace: vzlínávanost v půdě, kořenech, izolace staveb*

Kapaliny většinou s rostoucí teplotou zvětšují svůj objem, experimentálně je odvozen vztah

$$V \doteq V_1(1 + \beta\Delta t) \quad (6)$$

Kde  $V_1$  je počáteční objem kapaliny při počáteční teplotě  $t_1$ ,  $V$  je koncový objem při koncové teplotě  $t$  a tedy  $\Delta t = t - t_1$ .  $\beta$  je **teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny**. Hustota kapaliny se mění podle vztahu (zmenšuje se)

$$\rho \doteq \rho_1(1 - \beta\Delta t). \quad (7)$$

**Anomálie vody** – je stav, kdy voda svůj objem při zahřívání mezi 0°C a 4°C zvětšuje, zmenšuje se až při teplotách nad 4°C.

*Aplikace: teploměry*

### 2. Řešený příklad (Hlavička, A., et al., 1978)

Kolikrát se zvětší celková povrchová energie, rozprášíme-li vodní kapku poloměru  $r_1 = 0,2\text{cm}$  na drobné kapičky o poloměrech  $r_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{m}$ ? Jaká bude hodnota celkové povrchové energie po rozprášení, je-li povrchové napětí vody za daných podmínek  $\sigma = 73 \cdot 10^{-3}\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ?

Plošná hustota energie je rovna povrchovému napětí. Počet drobných kapiček  $x$  vzniklých rozprášením velké dostaneme

$$\frac{4}{3}\pi \cdot r_1^3 = x \frac{4}{3}\pi \cdot r_2^3$$

$$x = \frac{r_1^3}{r_2^3} = \left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-6}}\right)^3 = 1,25 \cdot 10^8.$$

Povrchová energie  $W_1$  původní kapky je  $4 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot \sigma$ .

Celková povrchová energie  $W_2$  všech rozprášených kapek je  $x \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot \sigma$ .

Abychom zjistili, kolikrát se celková povrchová energie zvětší, určíme poměr

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 4 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot \sigma}{4 \cdot \pi \cdot r_1^2 \cdot \sigma} = \frac{r_1}{r_2} = 5 \cdot 10^2$$

$$W_2 = 500 \cdot W_1$$

### 3. Příklady k řešení (3.1 - Hlavička, A., et al., 1978, 3.2 – 3.9 - Lepil, O., Bednařík, M., & Šíroková, M. 1995)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 3.1 Kulová bublina má počáteční poloměr 4cm. Jakou práci vykonáme, zvětšíme-li přívodem vzduchu poloměr bubliny o 2cm, je-li povrchové napětí mýdlové vody  $25 \cdot 10^{-3} \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ? ( $W=2000 \pi 10^{-7} \text{J}$ )
- 3.2 Na obdélníkovém drátěném rámečku s pohyblivou příčkou o délce 6cm je napnuta mýdlová blána. Povrchové napětí mýdlového roztoku je  $0,04 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ .
  - a) Jak velkou silou udržíme příčku v rovnováze? ( $4,8 \cdot 10^{-3} \text{N}$ )
  - b) Jaký je přírůstek povrchové energie obou stran blány, posuneme-li příčku o 5cm? ( $2,4 \cdot 10^{-4} \text{J}$ )
- 3.3 Na hladině vody je položen hliníkový drát. Jaký smí být největší průměr drátu, aby jej povrchová vrstva vody udržela? Hustota materiálu drátu je  $2700 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , povrchové napětí vody je  $0,073 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Předpokládáme stejný průměr drátu v celé jeho délce. ( $2,61 \cdot 10^{-3} \text{m}$ )
- 3.4 Jaký je přetlak uvnitř mýdlové bubliny o poloměru 4cm, je-li povrchové napětí mýdlového roztoku  $0,040 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ? ( $4 \text{Pa}$ )
- 3.5 Jaká práce je třeba k vyfouknutí mýdlové bubliny o průměru 5cm, je-li povrchové napětí mýdlového roztoku  $0,040 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ? ( $6,3 \cdot 10^{-4} \text{J}$ )
- 3.6 Tlustostěnnou trubicí vykapalo 50 kapek vody o celkové hmotnosti 5g. Etylalkoholu vykapalo též trubicí 100 kapek o celkové hmotnosti 3g. Urči povrchové napětí etylalkoholu, je-li povrchové napětí vody  $0,072 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ? ( $0,022 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ )
- 3.7 V kapiláře o vnitřním průměru 1mm vystoupil petrolej do výšky 13mm. Hustota petroleje je  $820 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Urči povrchové napětí petroleje za předpokladu, že zcela smáčí stěny kapiláry. ( $0,027 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ )
- 3.8 Do vody jsou svisle ponořeny dvě skleněné kapiláry o vnitřních poloměrech 0,5mm a 0,25mm. Urči povrchové napětí vody, je-li rozdíl hladin v kapilárách 2,9cm. ( $0,072 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ )
- 3.9 Do hrnce o objemu 30l byla nalita až po okraj voda o teplotě  $20^\circ \text{C}$ . Jaký objem vody vyteče, zahřejeme-li ji na teplotu  $70^\circ \text{C}$ ? Hodnoty vyčtěte z tabulek, změnu objemu nádoby zanedbejte. ( $0,27 \text{l}$ )

#### 4. Použitá literatura

- Bartuška, K., & Svoboda, E. (1993). *Fyzika pro gymnázia – molekulová fyzika a termika*. Praha: Galaxie
- Hlavička, A., et al. (1978). *Fyzika pro pedagogické fakulty, 1*. Praha: SPN, ISBN80-85204-22-3
- Lepil, O., Bednařík, M., & Šíroková, M. (1995). *Fyzika – sbírka úloh pro střední školy*. Praha: Prometheus, ISBN 80-7196-048-9

#### Obrázky

Obrázek 1 - Janeček, J. (2012) (Vytvořen v programu Microsoft Office Word 2007)

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu. Dílo smí být dále šířeno pod licencí CC BY-SA ([www.creativecommons.cz](http://www.creativecommons.cz))