

Obr. 1-2. pH. (Se svolením reprodukováno z: ALBERTS,

Voda



97,2% pozemské vody je v oceánech

2,15% sních a led

0,64% kapalná sladká voda

0,001% atmosféra



18 izotopových forem vody:

^1H , ^2H (D), ^3H (T)



^{16}O , ^{17}O , ^{18}O

výskyt v přírodě:

D – deuterium – stabilní izotop

T – tritium – radioaktivní izotop (12,3 r)

O – vše stabilní izotopy

H – ^{16}O – H

H – ^{16}O – D

D – ^{16}O – D

H – ^{16}O – T

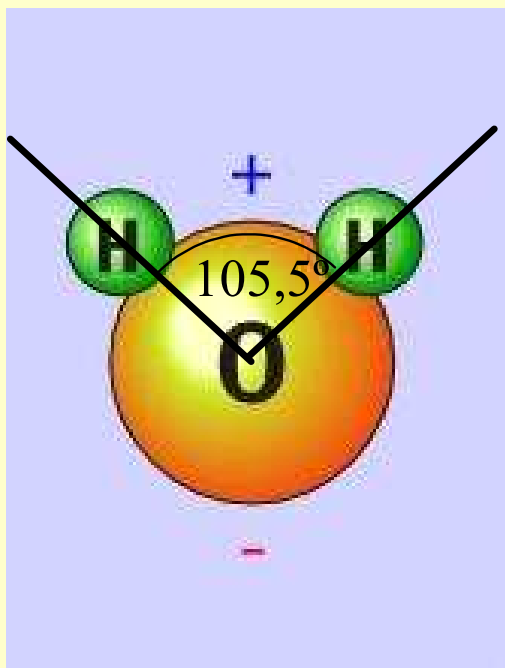
T – ^{16}O – T

D – ^{16}O – T

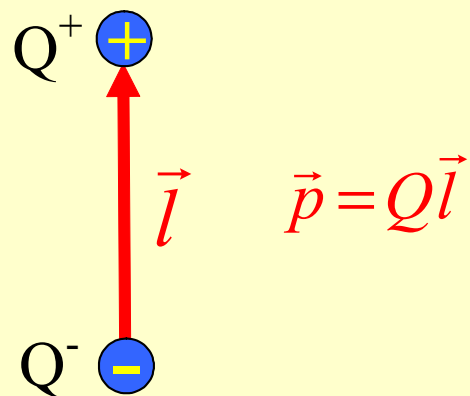
+ ^{17}O , ^{18}O

H_2^{16}O	99.7317 %	18.01056 g mol ⁻¹
H_2^{17}O	0.0372 %	19.01478 g mol ⁻¹
H_2^{18}O	0.199983 %	20.01481 g mol ⁻¹
HD^{16}O	0.031069 %	19.01684 g mol ⁻¹
HD^{17}O	0.0000116 %	20.02106 g mol ⁻¹
HD^{18}O	0.0000623 %	21.02109 g mol ⁻¹
D_2^{16}O	0.0000026 %	20.02312 g mol ⁻¹
HT^{16}O	stopy	20.01879 g mol ⁻¹
T_2^{16}O	0 %	22.02701 g mol ⁻¹

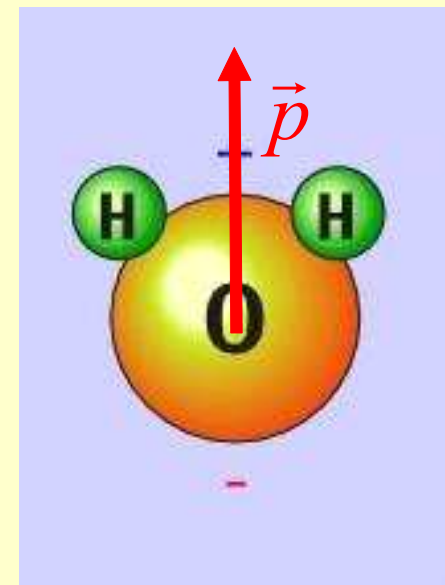
Molekula vody



elektrický dipól



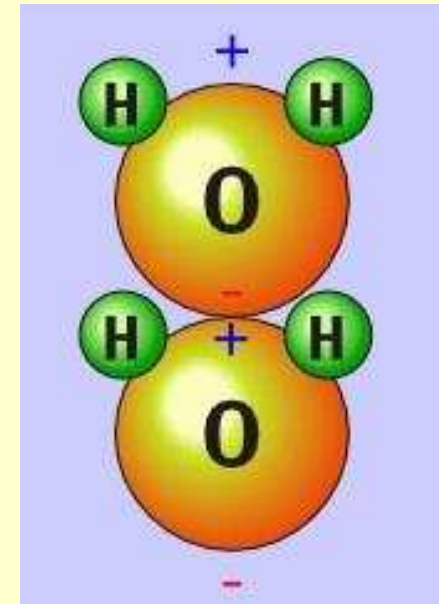
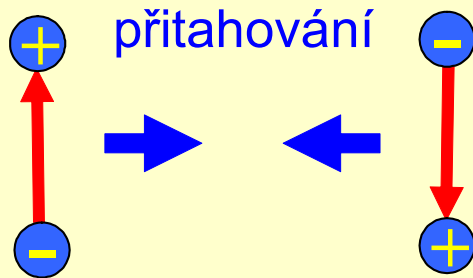
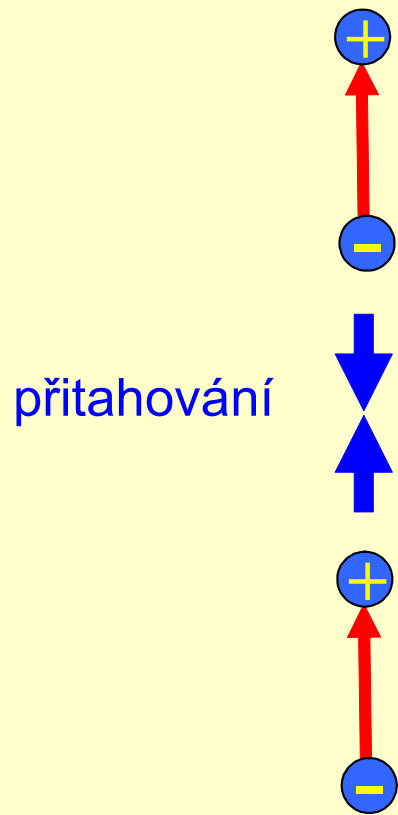
elektrický dipólový moment



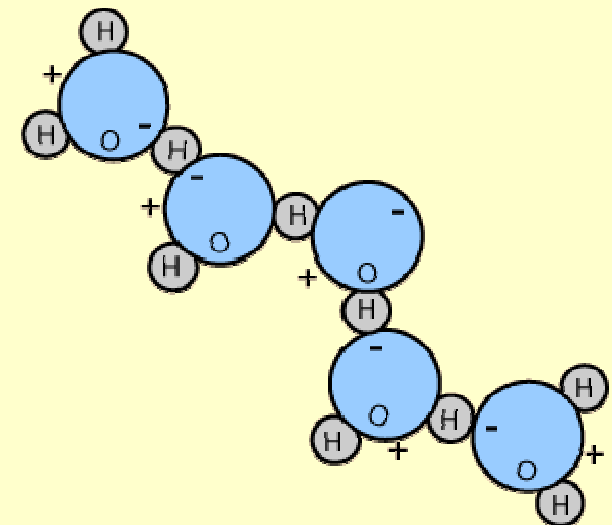
délka vazby H – O 0,991Å

vazebná energie vazby H – O 492 kJ/mol

Silná molekulární interakce van der Waalsovy síly (vodíková vazba)

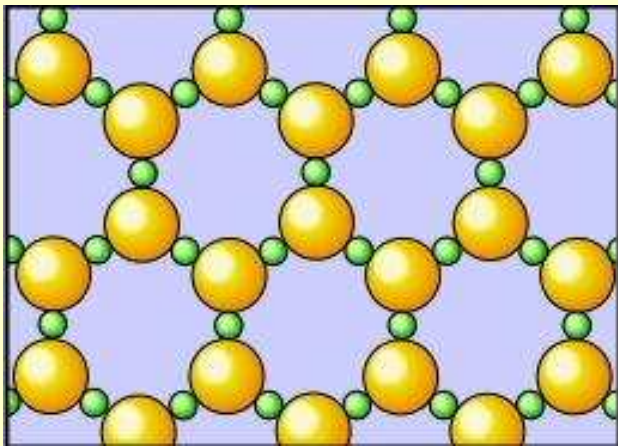


- anomálie vody
- vysoké povrchové napětí
- vysoké měrné teplo
- rozpouštědlo

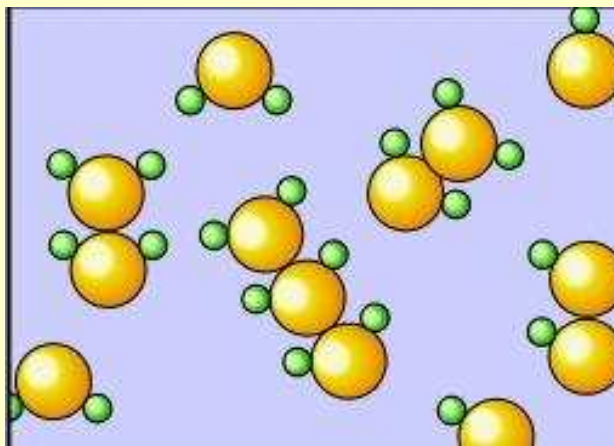


Skupenství vody

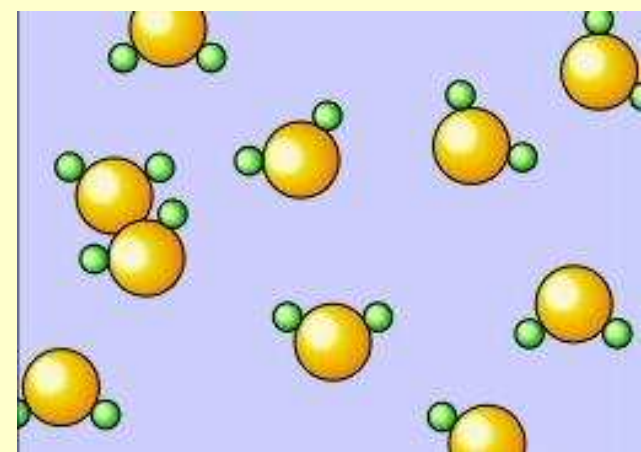
led



kapalina

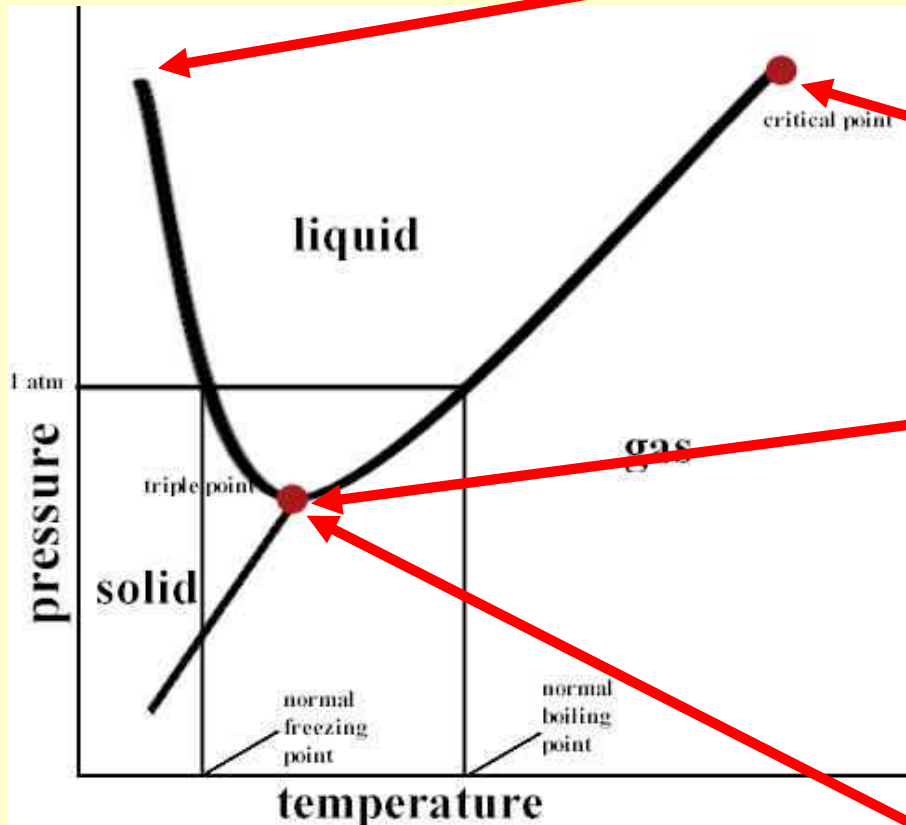


pára



voda je jediná látka, která se na Zemi vyskytuje současně ve všech třech skupenstvích

Změny skupenství, fázový (pT) diagram



nejnižší teplota kapalné vody
-22°C při 207.5 MPa

nejvyšší teplota kapalné vody
373.946°C, >22.064 MPa

nejnižší tlak kapalné vody
611.657 Pa při 0.01°C

nejvyšší tlak kapalné vody
~12 GPa při 373.946°C

trojný bod vody 0.01°C (273.16 K
přesně definitivně), 611.657 Pa,

kritický bod 647.096 K, 22.064
MPa, 322 kg m⁻³

anomálie vody

led má menší hustotu než kapalná voda

hustota ledu při 0 °C: 916,7 kg/m³

voda má největší hustotu pro teplotu 4°C

hustota vody při 3,984 °C: 999,972 kg/m³

kondenzované fáze vody s největší a nejmenší hustotou jsou od sebe vzdáleny 4°C

v oblasti 0 – 4°C má voda záporný koeficient teplotní roztažnosti, pro T= 4°C je koef. teplotní roztažnosti nulový

zvyšování tlaku **snižuje** bod tání – regelace ledu

vysoké měrné teplo

$$c_{\text{voda}} = 4\,189 \text{ J/kgK}$$

jiné příklady:

železo: 452 J/kgK

vzduch: 1000 J/kgK

cihla: 900 J/kgK

stabilizace teploty na Zemi, přenos tepla na velkou vzdálenost
– mořské proudy, ústřední topení

Za jak dlouho by člověk „vychladnul“ o 1°C?

$$c_{\text{tělo}} = 3500 \text{ J/kgK}$$

$$mc\Delta T = Pt \quad \Rightarrow \quad t = \frac{mc\Delta T}{P}$$

$$t = \frac{80 \cdot 3500 \cdot 1}{80} = 3500 \text{ s}$$

Příklad: akumulace tepla

Jaké množství vody 80°C teplé by uschovalo energii potřebnou na celoroční vytápění rodinného domu?

běžný dům cca 10 000kWh/rok = 36GJ

pasivní dům cca 2 000kWh/rok = 7,2GJ

$$Q = mc\Delta T \quad \Rightarrow \quad m = \frac{Q}{c\Delta T}$$

$$m = \frac{36 \cdot 10^9}{4200 \cdot 50} = 170\text{m}^3, \quad 5,5 \times 5,5 \times 5,5\text{m}$$

pasivní dům 15kWh/m² rok

vysoká měrná tepla skupenských přeměn

tání: $3,3 \times 10^5$ J/kg

vypařování: $2,50 \times 10^6$ J/kg

sublimace: $2,83 \times 10^6$ J/kg

měrné teplo

$c = 4\,189$ J/kgK

1 kg ledu 0°C + 1 kg vody 80°C = 2 kg vody 0°C

Příklad: pocení maratónce

kolik vypočí maratónec za jeden závod?

Předpoklady:

- rovnovážný výkon 80W (tepelný výkon v klidu je roven chlazení)
- mechanický výkon při běhu = 300W
- účinnost svalové práce = 20 – 25%

$$Q = \frac{P \cdot t}{\eta} = m \cdot l_{\text{vyp}} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{P \cdot t}{\eta \cdot l_{\text{vyp}}}$$

$$m = \frac{300 \cdot 3600 \cdot 2,25}{0,2 \cdot 2,5 \cdot 10^6} = 5\text{kg}$$

udávaná hodnota 4 – 6 litrů

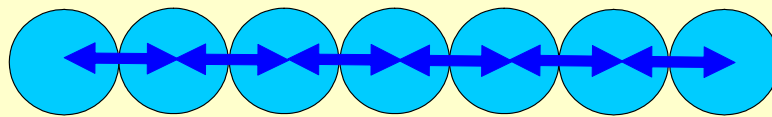
Povrchové napětí



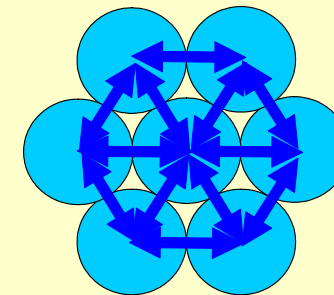
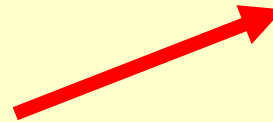
povrchové napětí

příčina vzniku: interakce mezi molekulami

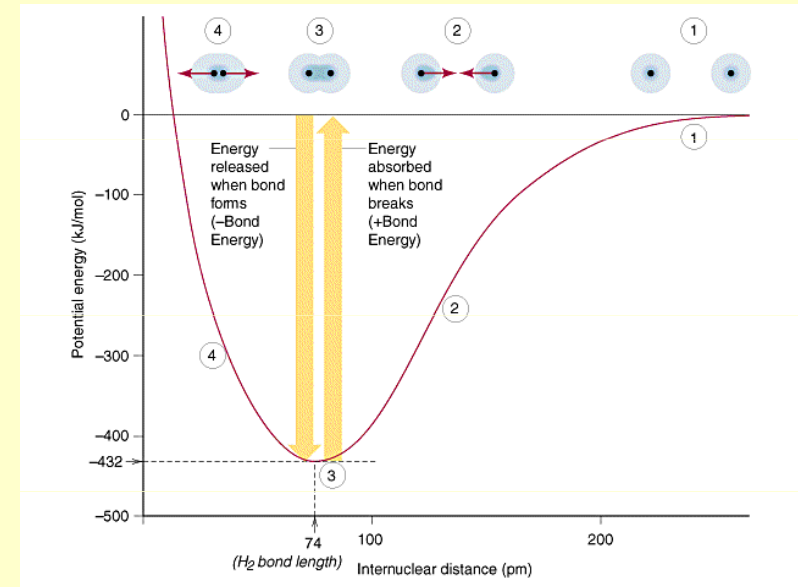
vytvoření každé vazby – snížení energie



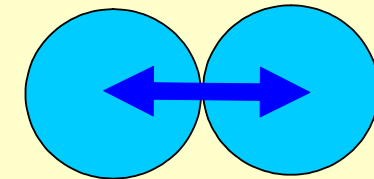
výhodnější konfigurace



vazebná energie

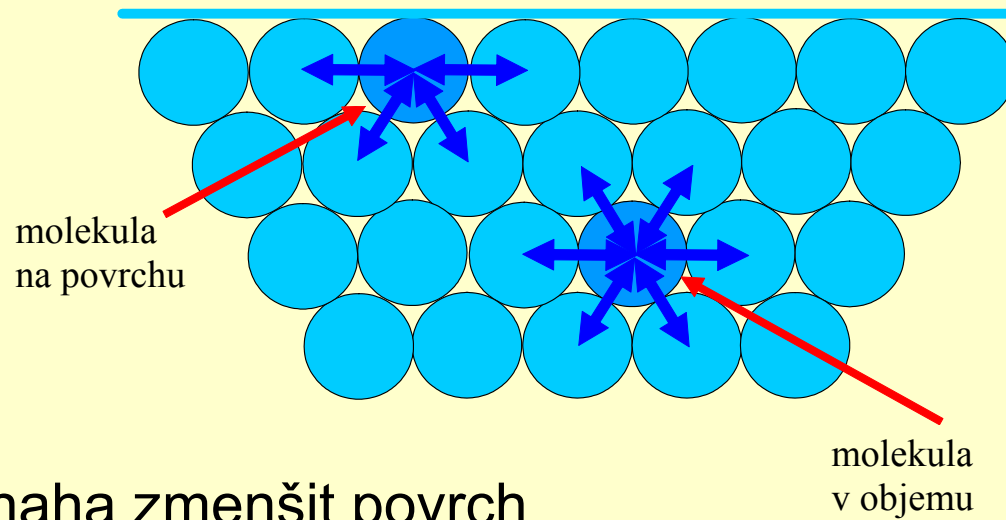


vazba



povrch kapaliny

rozhraní kapalina – stěna nádoby



snaha zmenšit energii = snaha zmenšit povrch

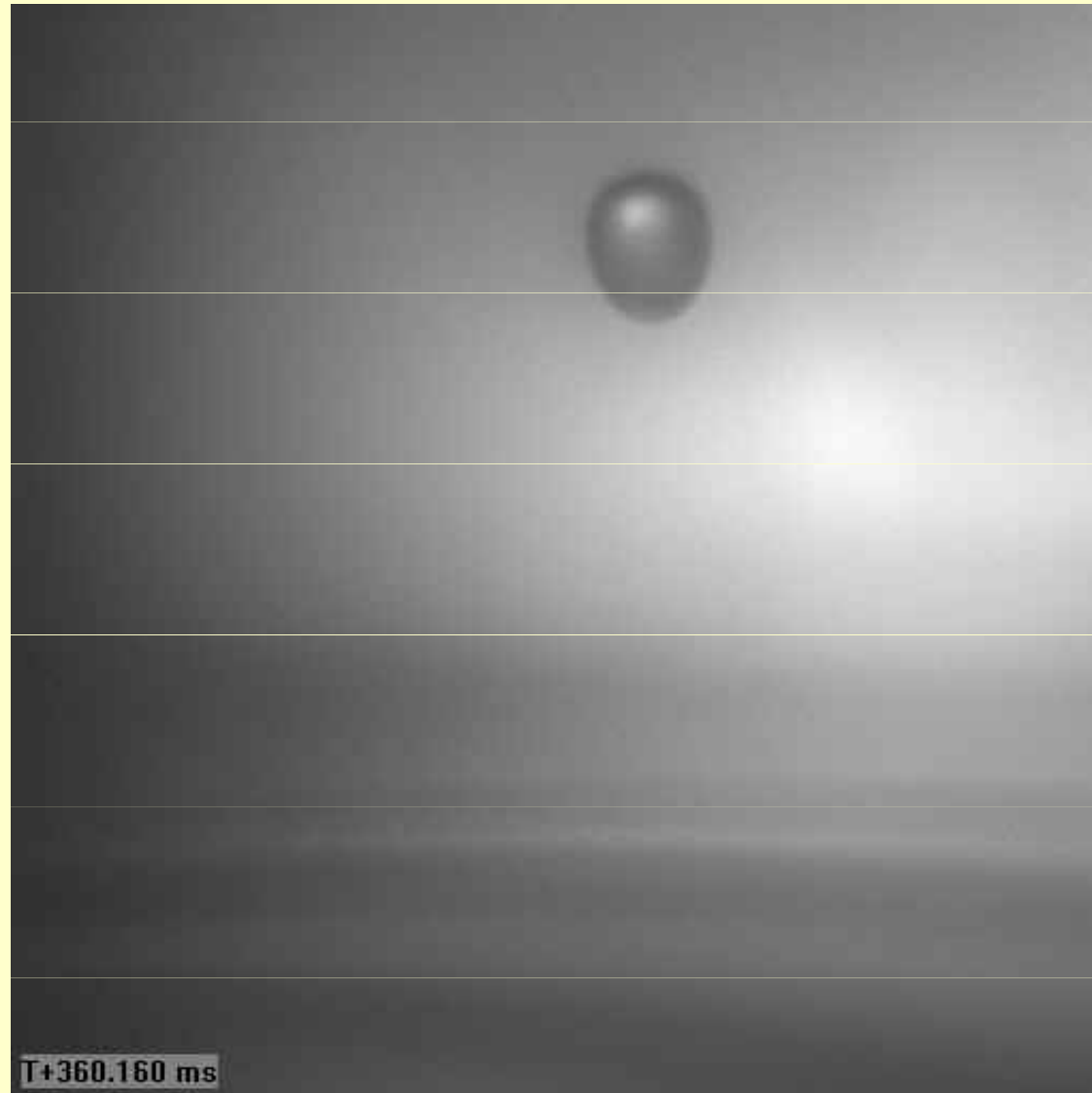
povrchové napětí => povrchová energie

$$E_p = \sigma \cdot S$$

látka	σ [J/m ²]
voda	$76 \cdot 10^{-3}$
etanol	$22 \cdot 10^{-3}$
rtuť	$476 \cdot 10^{-3}$

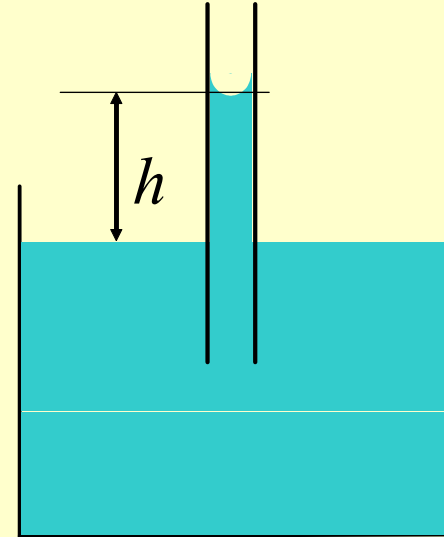
tvar vodní kapky?





kapilární elevace

$$h = \frac{2\sigma}{r\rho g}$$



příklad

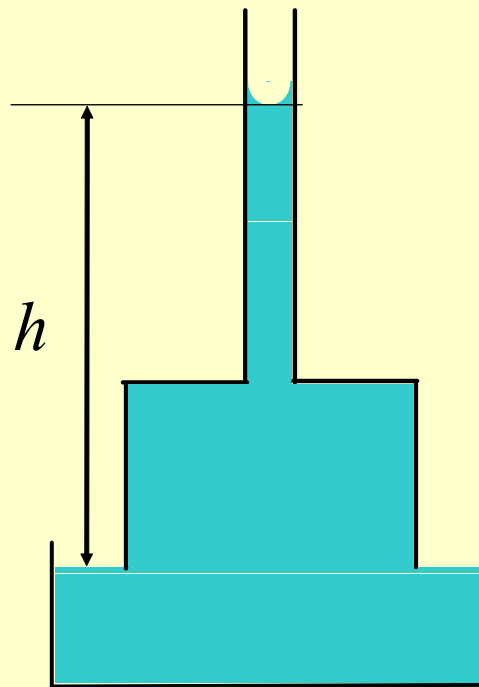
$$r = 0,5\text{mm} \Rightarrow h = \frac{2 \cdot 76 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 10} = 3\text{cm}$$

$$r = 0,5\mu\text{m} \Rightarrow h = \frac{2 \cdot 76 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 10} = 30\text{m}$$

Jak se dostane voda na vrchol 100m stromu?

kapilární elevace

$$h = \frac{2\sigma}{r\rho g}$$



$$r = 0,15\mu\text{m} \Rightarrow h = \frac{2 \cdot 76 \cdot 10^{-3}}{0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 10} = 100\text{m}$$

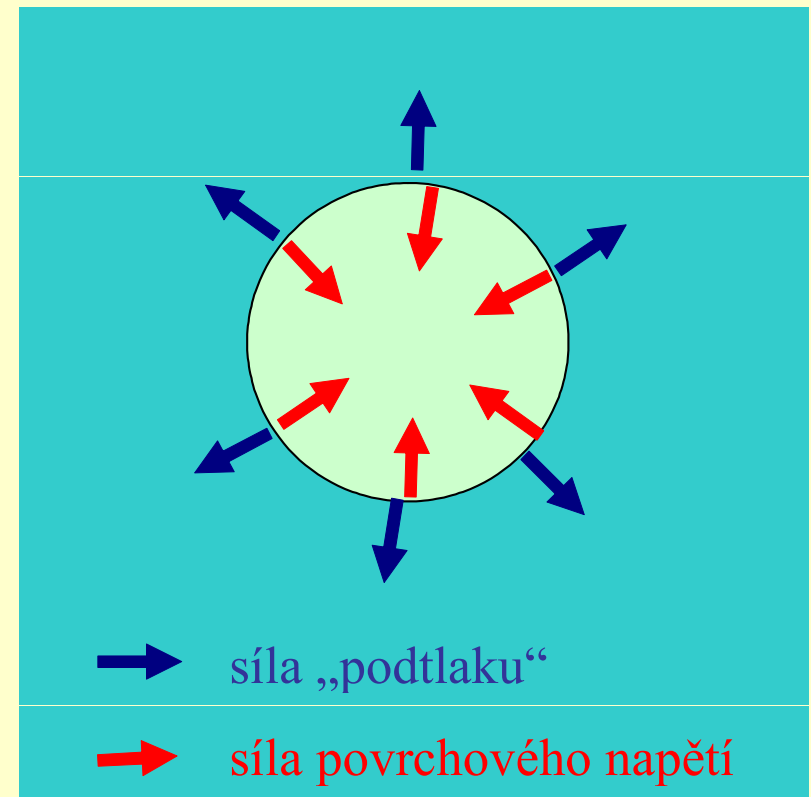
Příklad: $r = 0,15\mu\text{m}$

$$p = \frac{2 \cdot 76 \cdot 10^{-3}}{0,15 \cdot 10^{-6}} = 10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

hydrostatický tlak 100m sloupce vody

Povrchové napětí zajišťuje sání vody dvěma způsoby:

- kapilární vztlak zvedá vodu vzhůru
- povrchová energie zabraňuje vzniku varu (v tenkých kapilárách nemůže vzniknout bublinka nadkritické velikosti)



Proudění vody:

