



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FYZIKA PRO II. ROČNÍK GYMNÁZIA

6. STRUKTURA A VLASTNOSTI KAPALIN

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

Tato prezentace vznikla na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo: CZ.1.07/1.1.24/01.0114
s názvem

„PODPORA CHEMICKÉHO A FYZIKÁLNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ NA GYMNÁZIU KOMENSKÉHO V HAVÍŘOVĚ“

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

- 1. povrchová vrstva kapaliny**
- 2. povrchová síla**
- 3. povrchové napětí**
- 4. jevy na rozhraní pevného tělesa a kapaliny**
- 5. kapilární jevy**
- 6. teplotní objemová roztažnosti kapalin**

Vlastnosti kapalin:

- nemají stálý tvar
- jsou tekuté
- molekuly kmitají kolem rovnovážných poloh, které se mění
- přitažlivé síly jsou velké
- uspořádání molekul je krátkodosahové

6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

Povrch kapaliny se chová jako tenká pružná blána.

- střední vzdálenost mezi částicemi kapaliny
0,2 – 0,3 nm
- přitažlivé síly působí do 1 nm
- každá molekula je přitahována jen nejbližšími částicemi ve svém okolí

6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

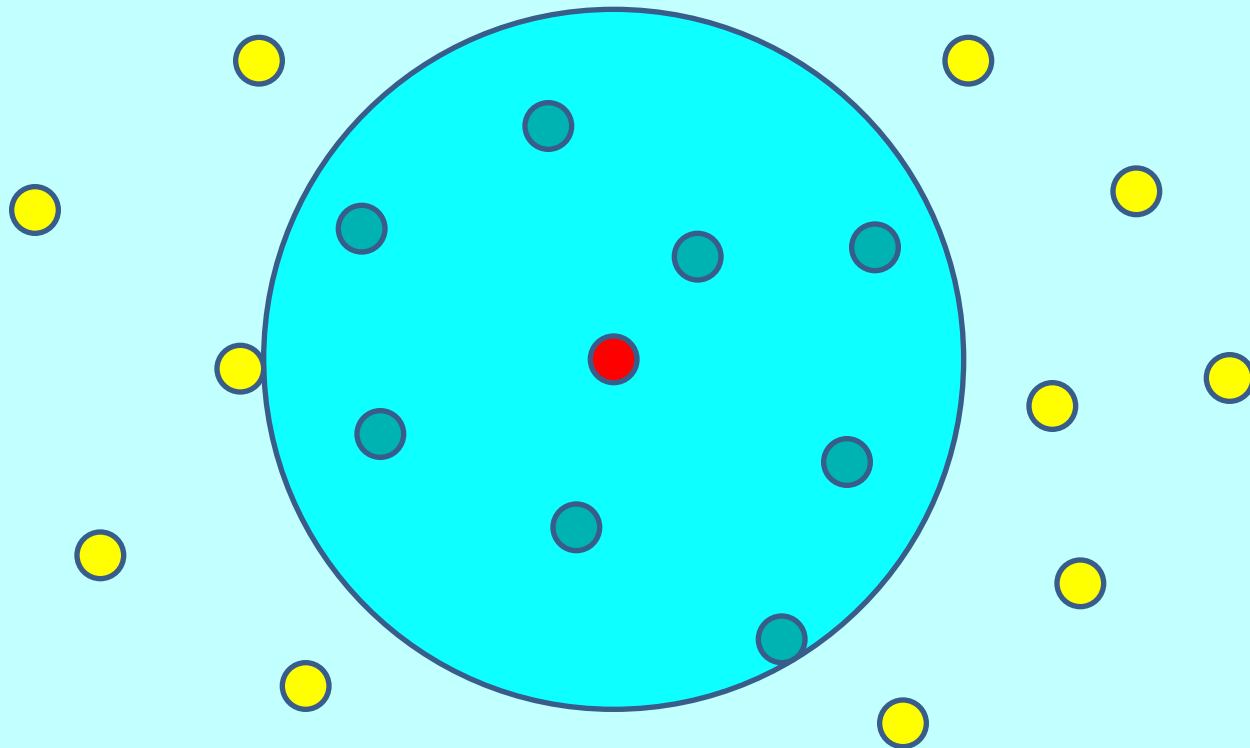
**Povrch kapaliny se chová jako
tenká pružná blána.**



Obr.: 1

6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

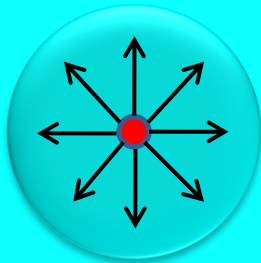
- **sféra molekulového působení** je myšlená koule o poloměru r_m kolem molekuly (Na uvažovanou molekulu silově působí pouze ostatní molekuly uvnitř sféry molekulového působení.)



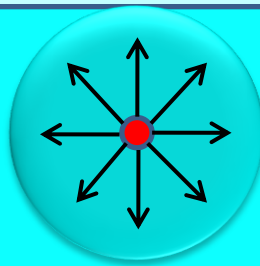
6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

A) B) síly působící na molekulu se ruší

A)

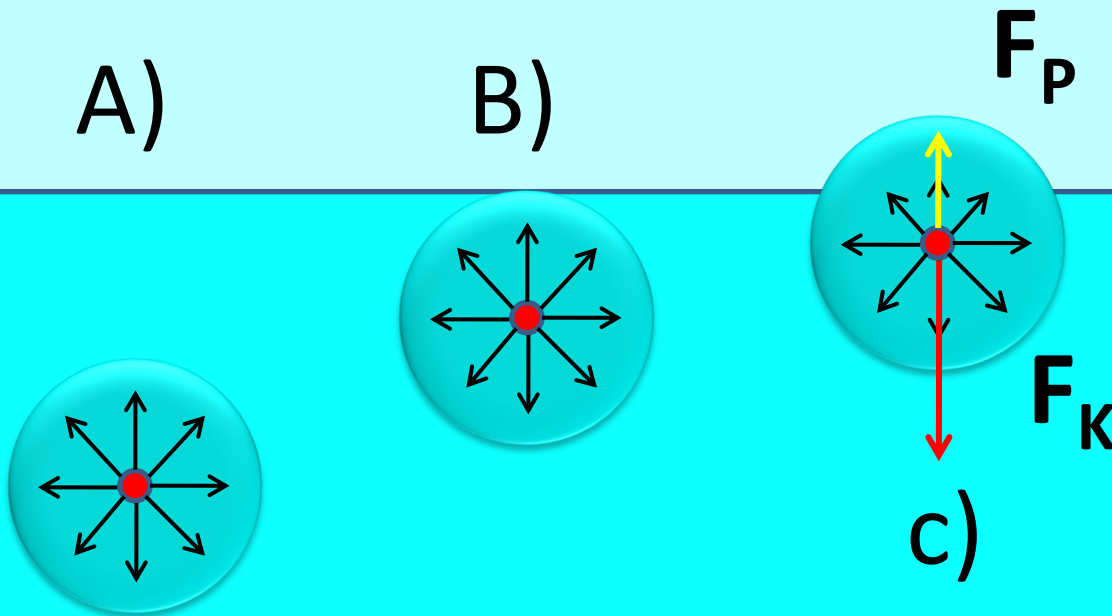


B)



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

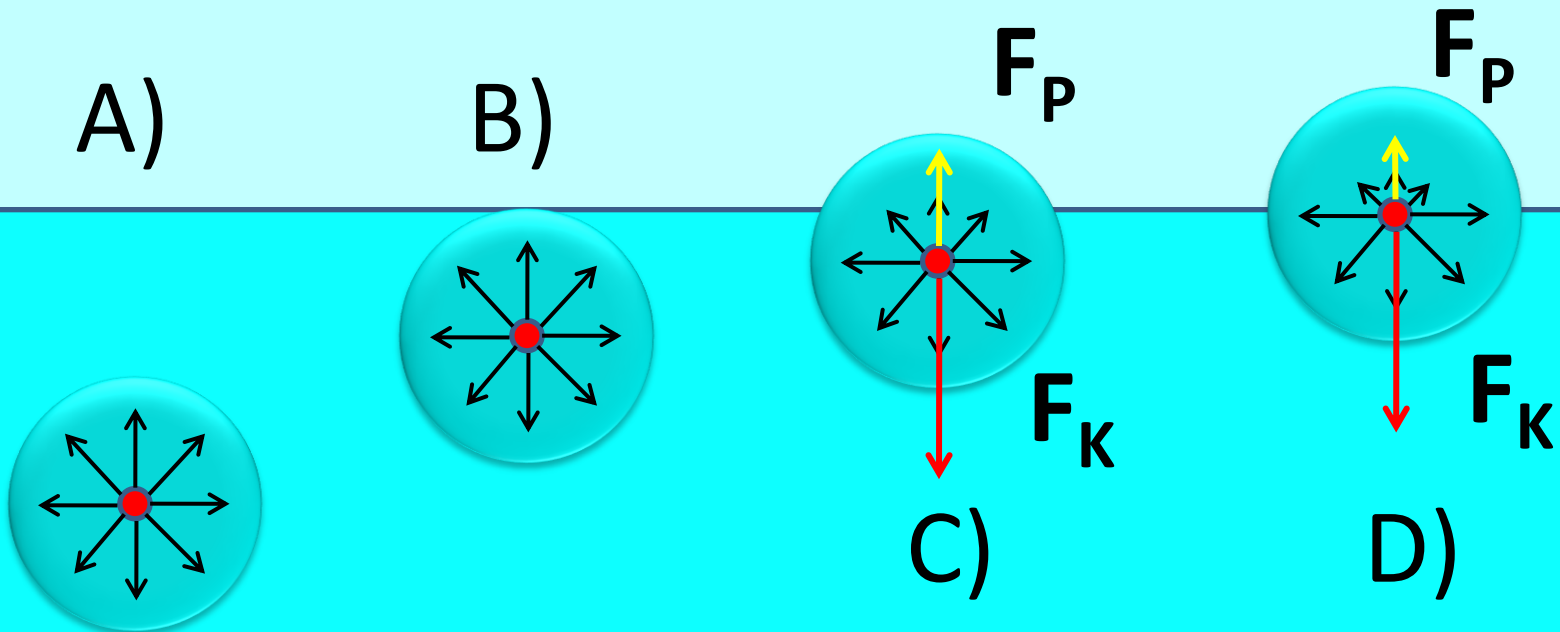
- A) B) síly působící na molekulu se ruší
C) D) F_K – výslednice přitažlivých sil kapaliny
 F_P – výslednice přitažlivých sil páry
(vzduchu) nad volným povrchem kapaliny



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

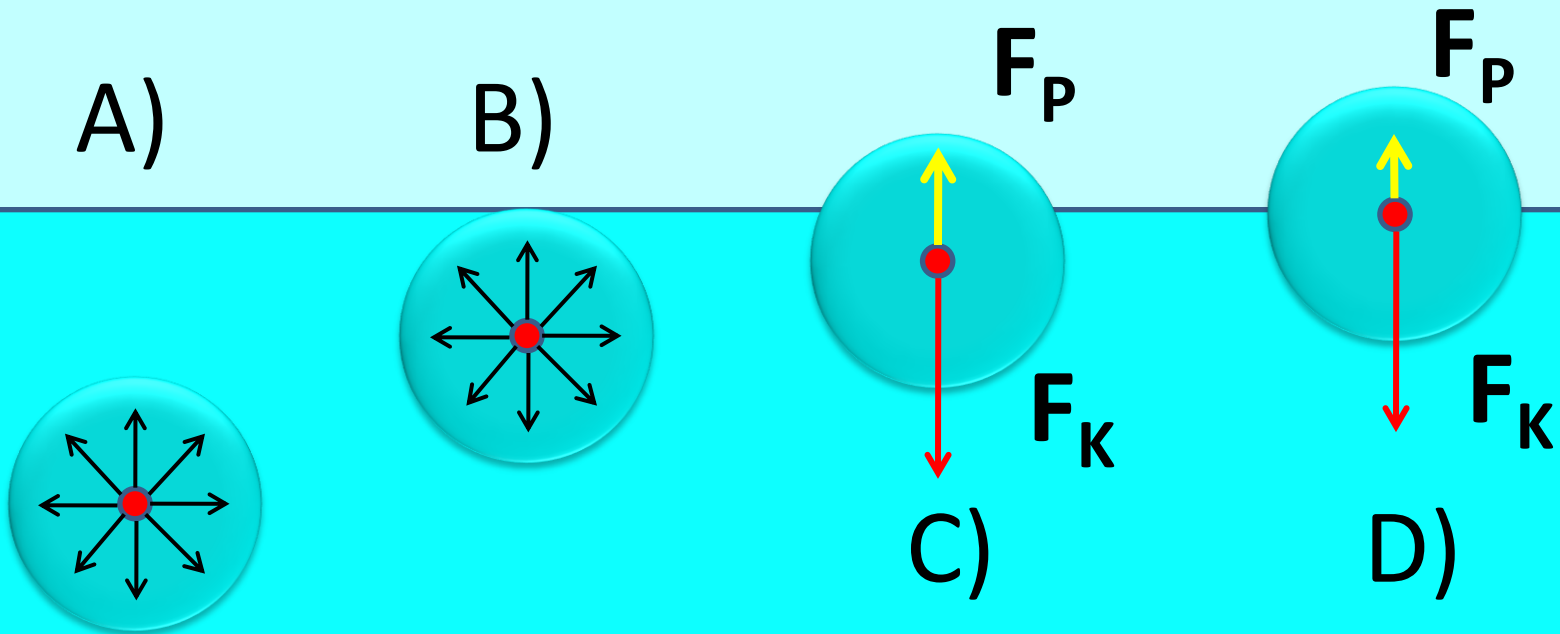
- A) B) síly působící na molekulu se ruší
C) D) F_K – výslednice přitažlivých sil kapaliny
 F_P – výslednice přitažlivých sil páry
(vzduchu) nad volným povrchem kapaliny

$$\rho_{\text{vzduchu}} < \rho_{\text{kapaliny}} \rightarrow F_P < F_K$$



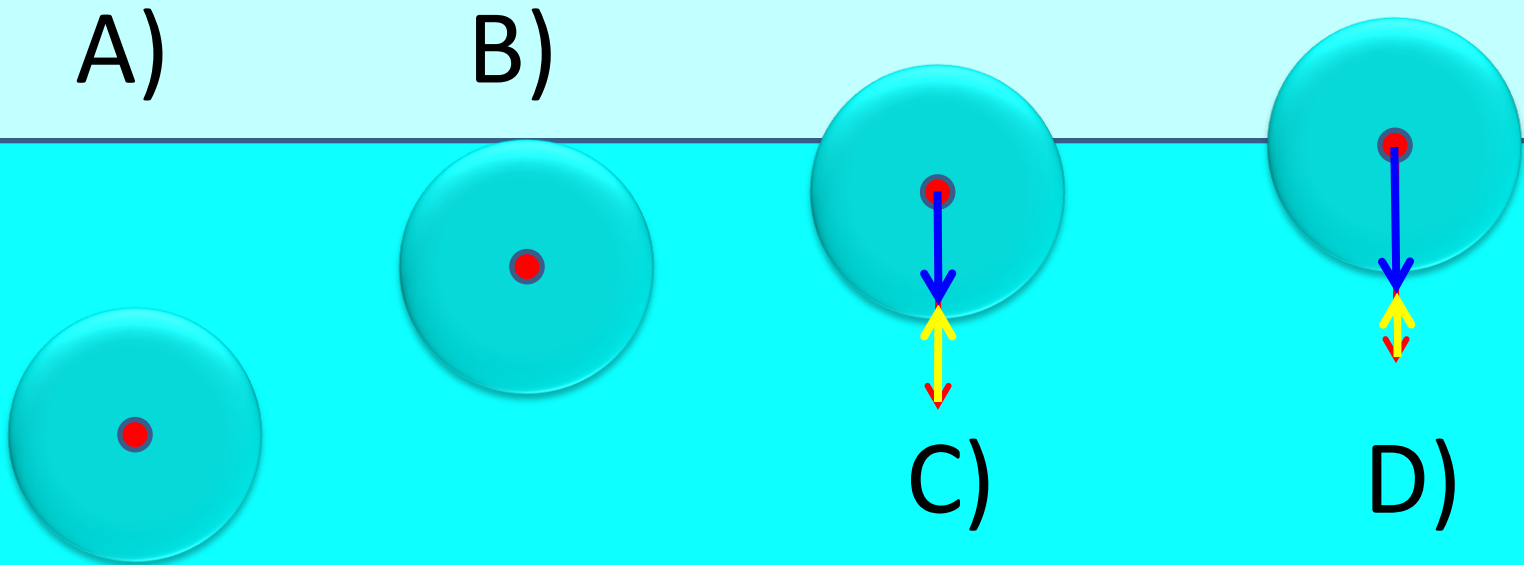
6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

- A) B) síly působící na molekulu se ruší
C) D) F_K – výslednice přitažlivých sil kapaliny
 F_P – výslednice přitažlivých sil páry
(vzduchu) nad volným povrchem kapaliny



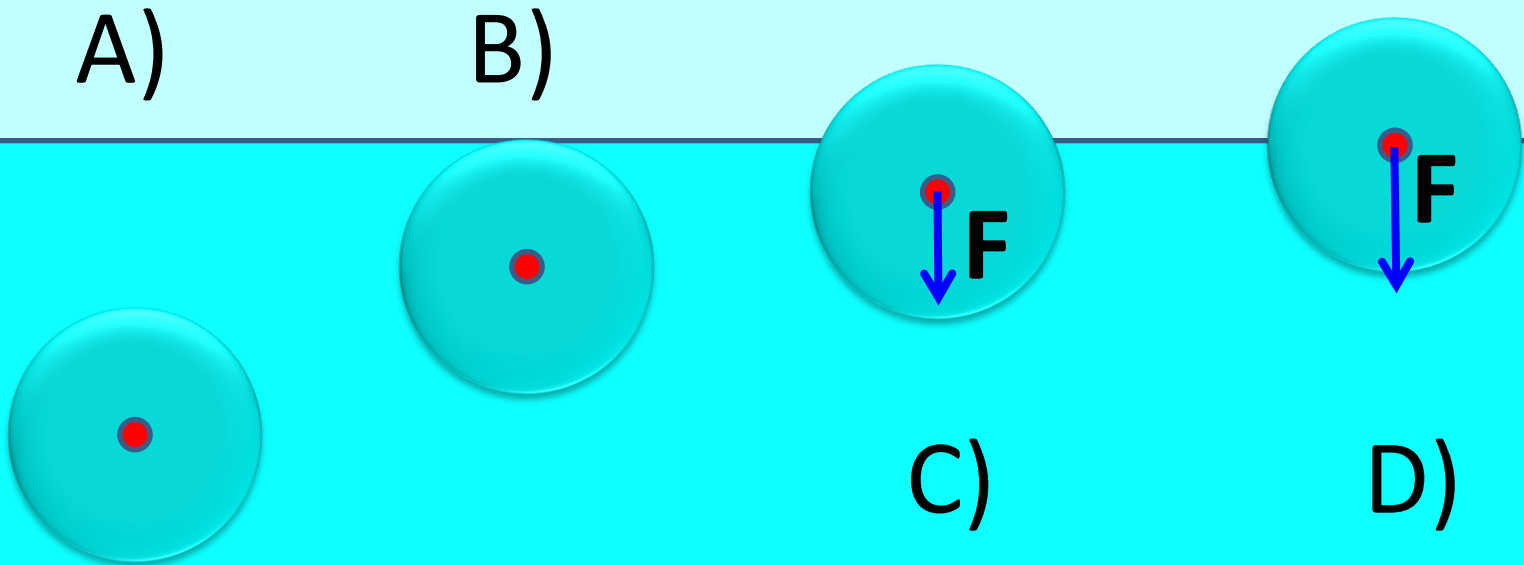
6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

- A) B) síly působící na molekulu se ruší
C) D) F_K – výslednice přitažlivých sil kapaliny
 F_P – výslednice přitažlivých sil páry
(vzduchu) nad volným povrchem kapaliny



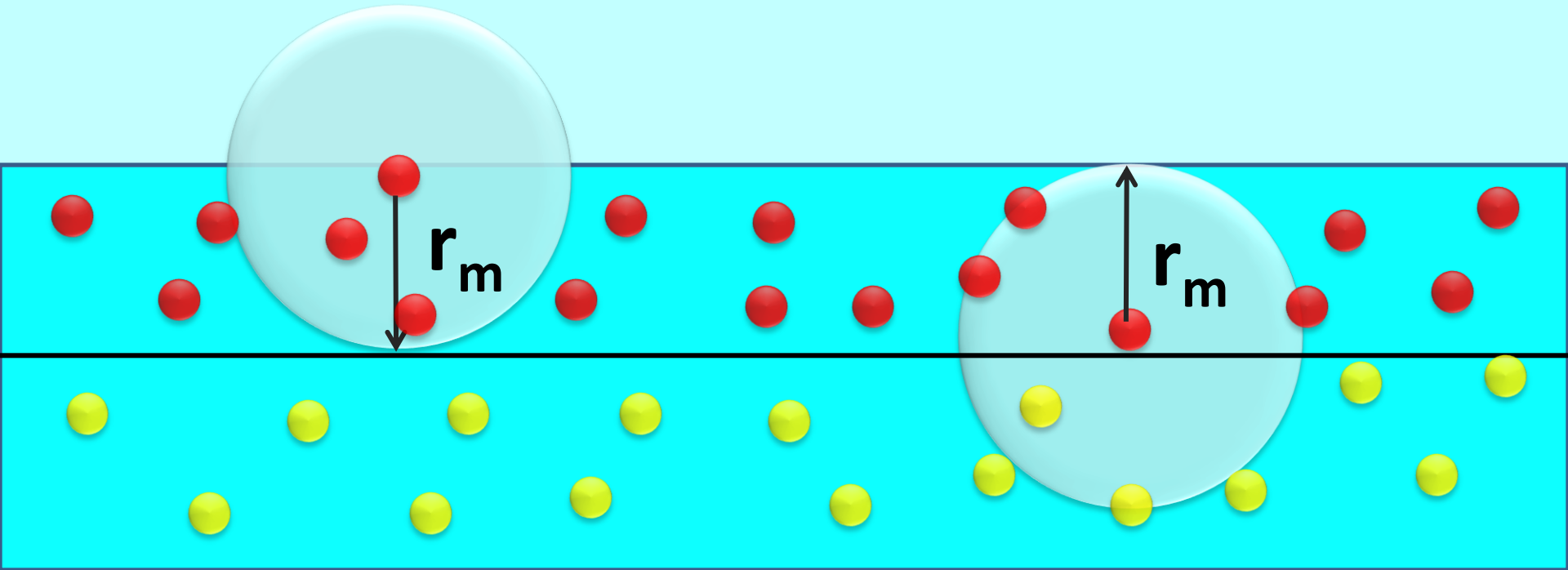
6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

- A) B) síly působící na molekulu se ruší
- C) D) F_K – výslednice přitažlivých sil kapaliny
 F_p – výslednice přitažlivých sil páry
(vzduchu) nad volným povrchem kapaliny
 F – výslednice sil působících na molekulu



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

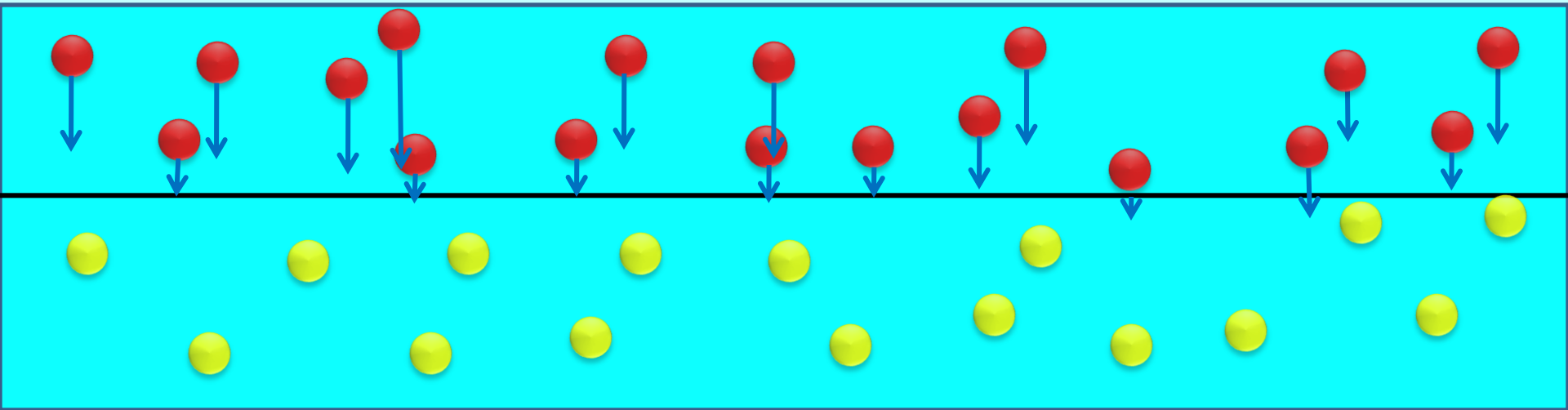
povrchová vrstva je vrstva molekul, jejichž vzdálenost od volného povrchu je menší než r_m



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

povrchová vrstva je vrstva molekul, jejichž vzdálenost od volného povrchu je menší než r_m

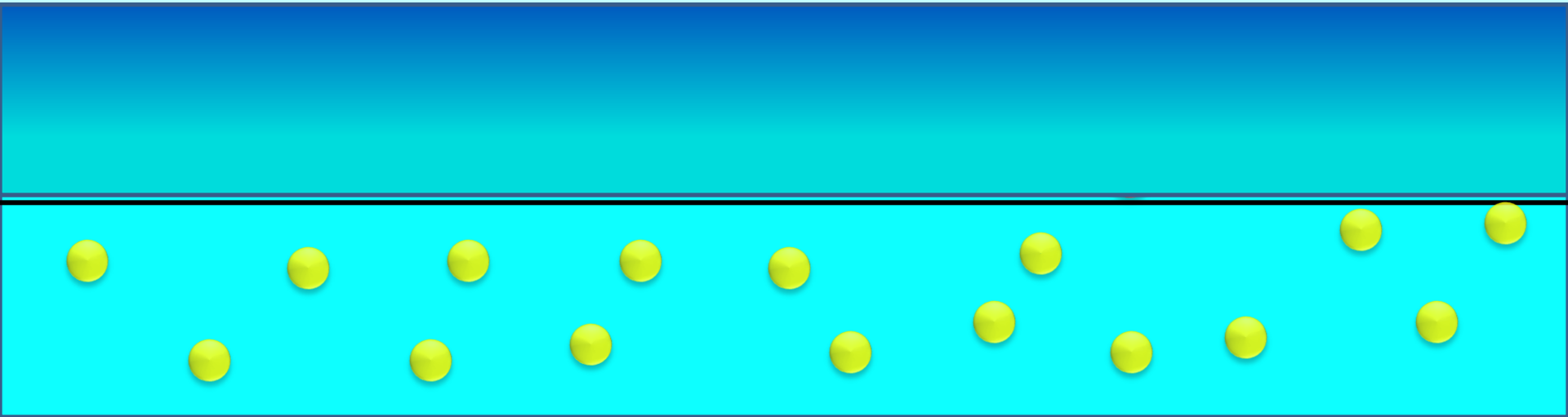
Na každou molekulu ležící v povrchové vrstvě kapaliny působí sousední molekuly výslednou přitažlivou silou směřující do kapaliny.



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

povrchová vrstva je vrstva molekul, jejichž vzdálenost od volného povrchu je menší než r_m

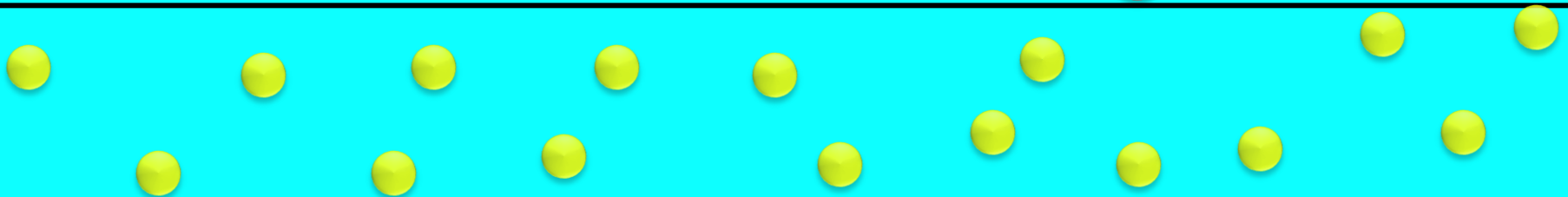
Na každou molekulu ležící v povrchové vrstvě kapaliny působí sousední molekuly výslednou přitažlivou silou směřující do kapaliny.



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

povrchová energie – je rozdíl potenciální energie molekul v povrchové vrstvě a uvnitř kapaliny

povrchová vrstva je vrstva molekul, jejichž vzdálenost od volného povrchu je menší než r_m



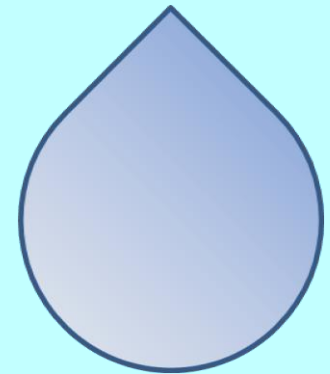
6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

Tvar kapaliny je takový, aby povrch byl co nejmenší
(pak je i E_p nejmenší.)

(Koule – nejmenší obsah povrchu)

(Kapky jsou deformované tíhovou silou a podložkou.)

- Sléváním kapek do jedné se zmenšuje povrchová energie a roste teplota.



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN

Obr.: 2



6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN



Obr.: 3

6. 1. POVRCHOVÁ VRSTVA KAPALIN



Obr.: 4

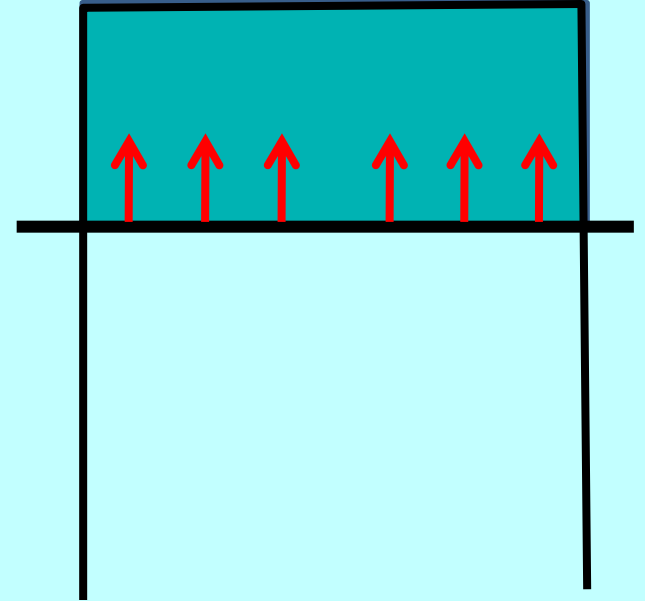
6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA

Př.: Mýdlová blána v rámečku.

(má dvě strany \rightarrow 2 povrchy \rightarrow $2F$)

F – povrchová síla kolmá na příčku

- má směr tečny k povrchu kapaliny v daném bodě.



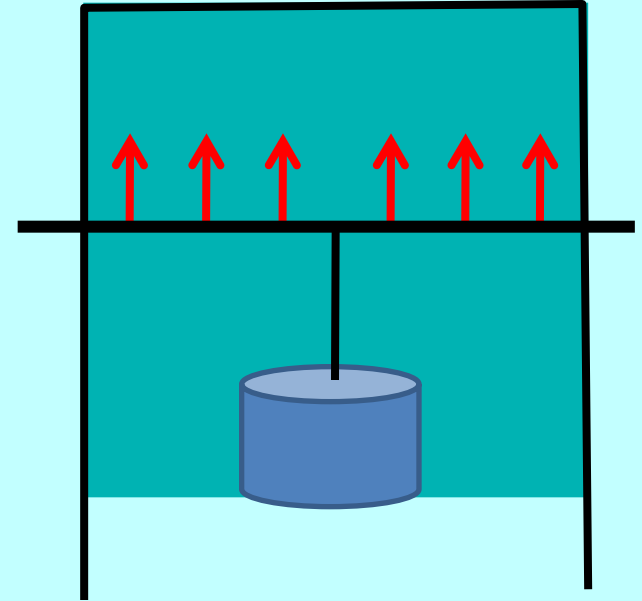
6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA

Př.: Mýdlová blána v rámečku.

(má dvě strany \rightarrow 2 povrchy \rightarrow $2F$)

F – povrchová síla kolmá na příčku

- má směr tečny k povrchu kapaliny v daném bodě.
- velikost určíme experimentálně:



6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA

Př.: Mýdlová blána v rámečku.

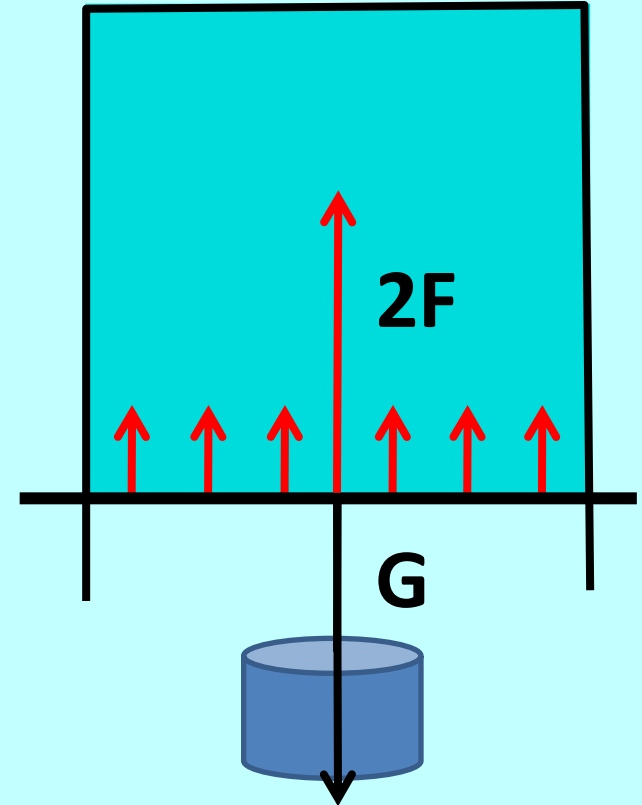
(má dvě strany \rightarrow 2 povrchy \rightarrow 2F)

F – povrchová síla kolmá na příčce

- má směr tečny k povrchu kapaliny v daném bodě.
- velikost určíme experimentálně: je-li příčka v klidu, pak

$$G = 2F \Rightarrow F = \frac{G}{2}$$

- G – tíha závaží
- povrchová síla působí všude.



6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA

Př.: nit...



pn.AVI

6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA



Povrchové síly lze experimentálně určit
kapkovou metodou



Kapka odpadne tehdy,
jestliže se tíhová síla rovná povrchové

$$F_G = F_p$$

6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA



Obr.: 6

6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA



Obr.: 7

6. 2. POVRCHOVÁ SÍLA



Obr.: 8

6. 3. POVRCHOVÉ NAPĚTÍ σ

σ se rovná podílu velikosti povrchové síly F a délky l okraje povrchové blány, na který povrchová síla působí kolmo v povrchu kapaliny.

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

Závisí na

1. druhu kapaliny
2. prostředí nad povrchem
3. teplotě - s rostoucí teplotou klesá

6. 3. POVRCHOVÉ NAPĚTÍ

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

$$[\sigma] = \text{N.m}^{-1}$$

MFCHT při 20° C na rozhraní dvou prostředí

$$\sigma_{\text{VODA-VZDUCH}} = 73 \text{ mN.m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{VODA-OLEJ}} = 38 \text{ mN.m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{VZDUCH-ETHANOL}} = 22 \text{ mN.m}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{SAPONÁTU}} < \sigma_{\text{VODA}} \rightarrow \text{praní}$$

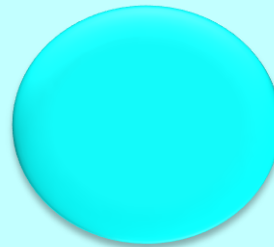
6. 4. JEVY NA ROZHHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

kapilární tlak vzniká jako přídavný tlak

- pod zakřiveným povrchem kapaliny při stěnách nádoby,
- v kapilárách
- u kapek a bublin

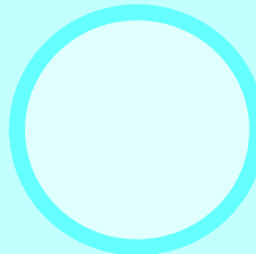
Je způsoben pružností povrchové vrstvy.

U kapek:



$$p_k = \frac{2\sigma}{R}$$

U bublin:



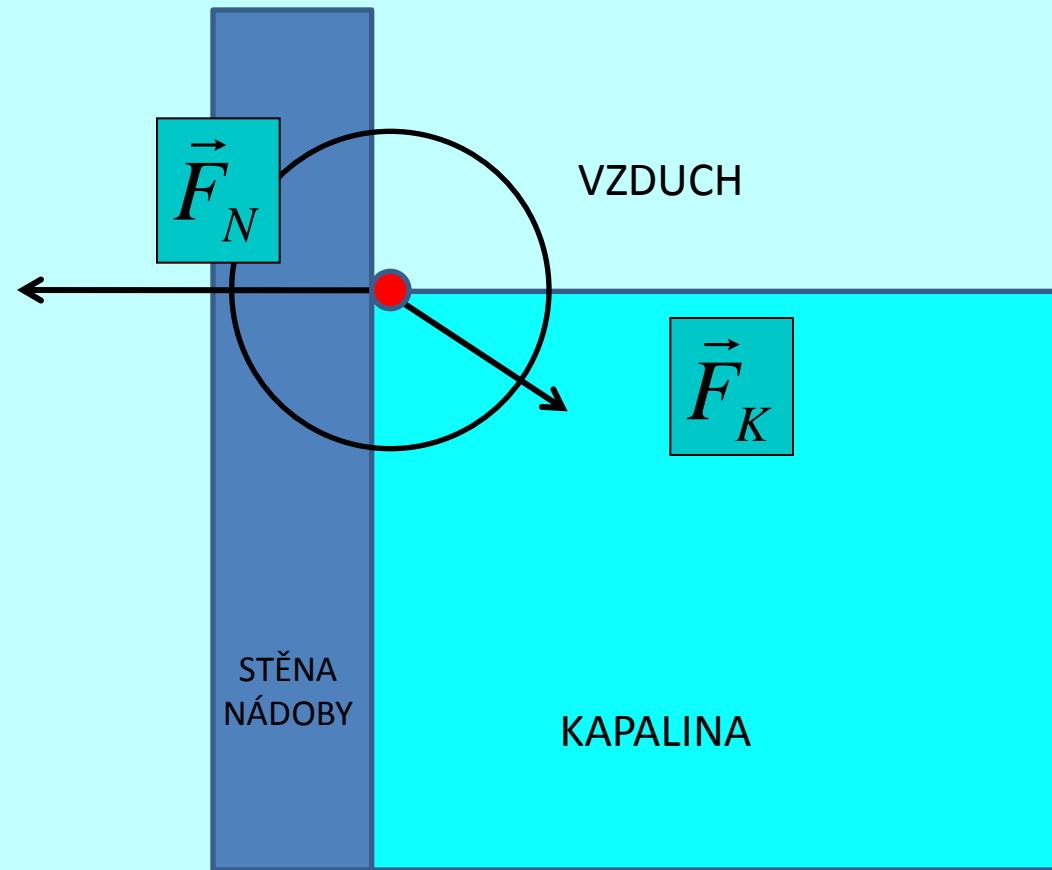
$$p_k = \frac{4\sigma}{R}$$

6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

F_K – přitažlivá síla molekul kapaliny

F_N – přitažlivá síla částic stěny nádoby

(přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné)

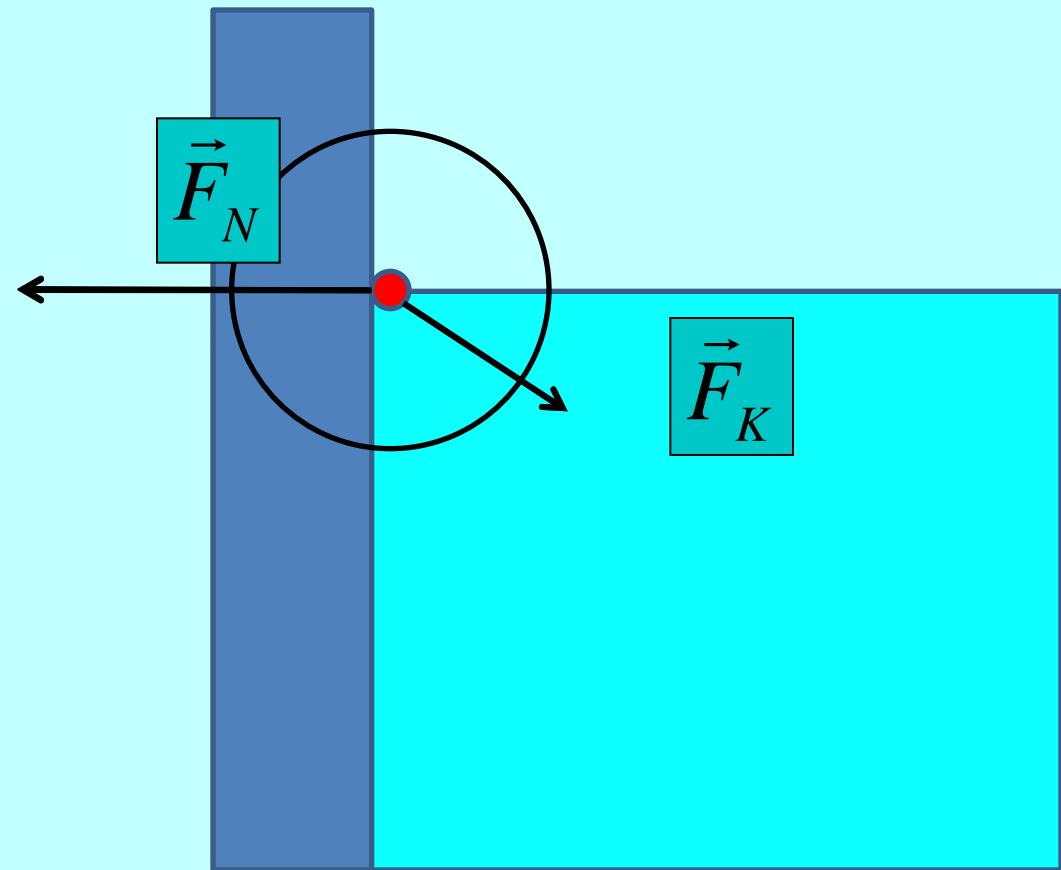


6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

F_K – přitažlivá síla molekul kapaliny

F_N – přitažlivá síla částic stěny nádoby

(přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné)



6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

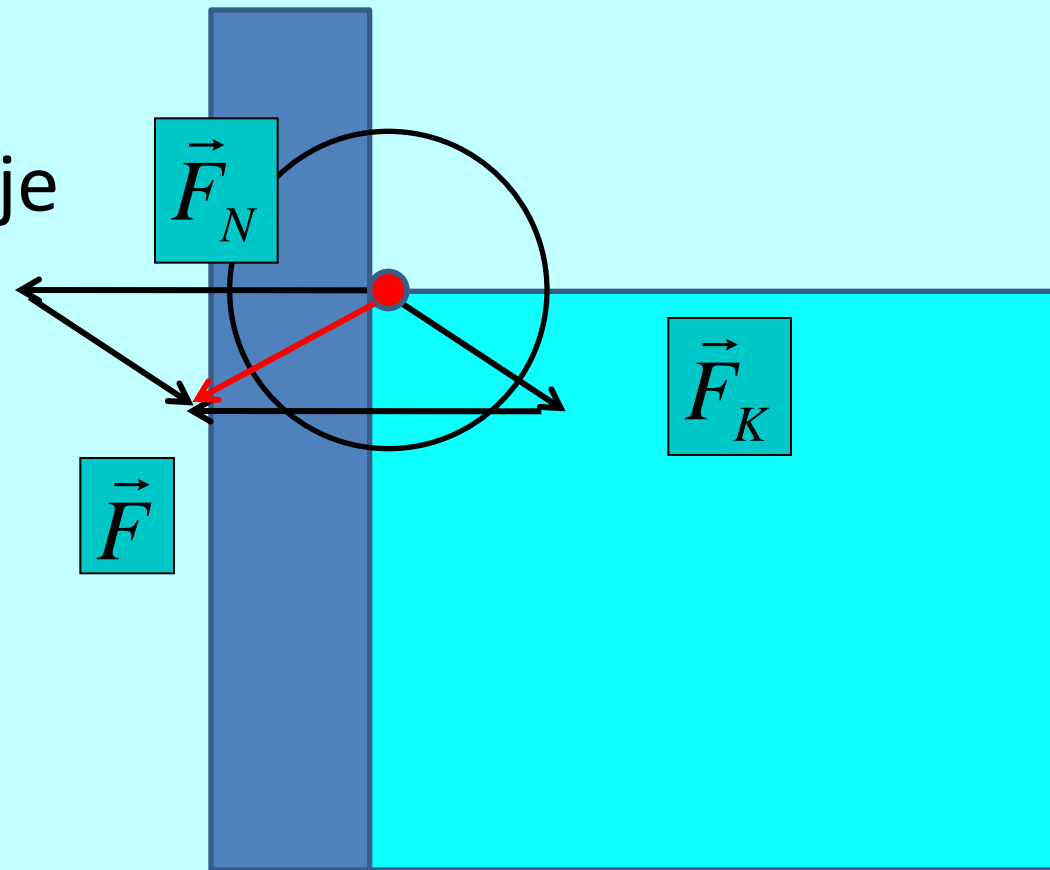
F_K – přitažlivá síla molekul kapaliny

F_N – přitažlivá síla částic stěny nádoby

(přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné)

A. Výslednice sil směřuje ven z kapaliny.

Kapalina **smáčí** stěny nádoby.

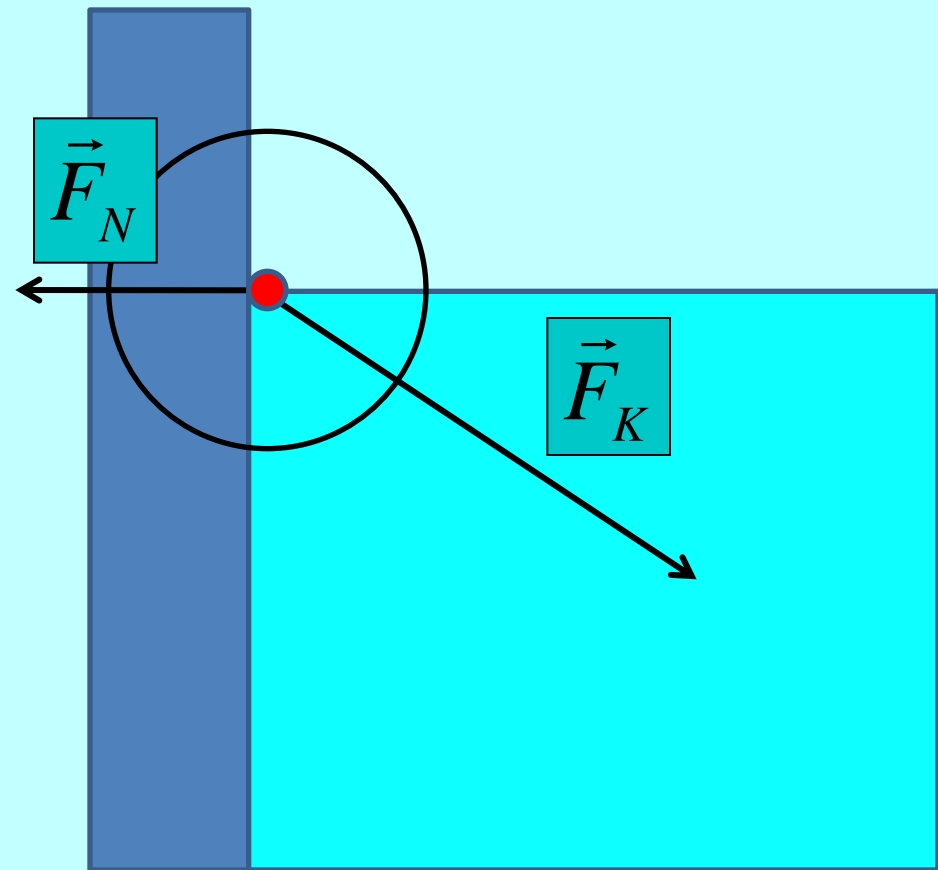


6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

F_K – přitažlivá síla molekul kapaliny

F_N – přitažlivá síla částic stěny nádoby

(přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné)

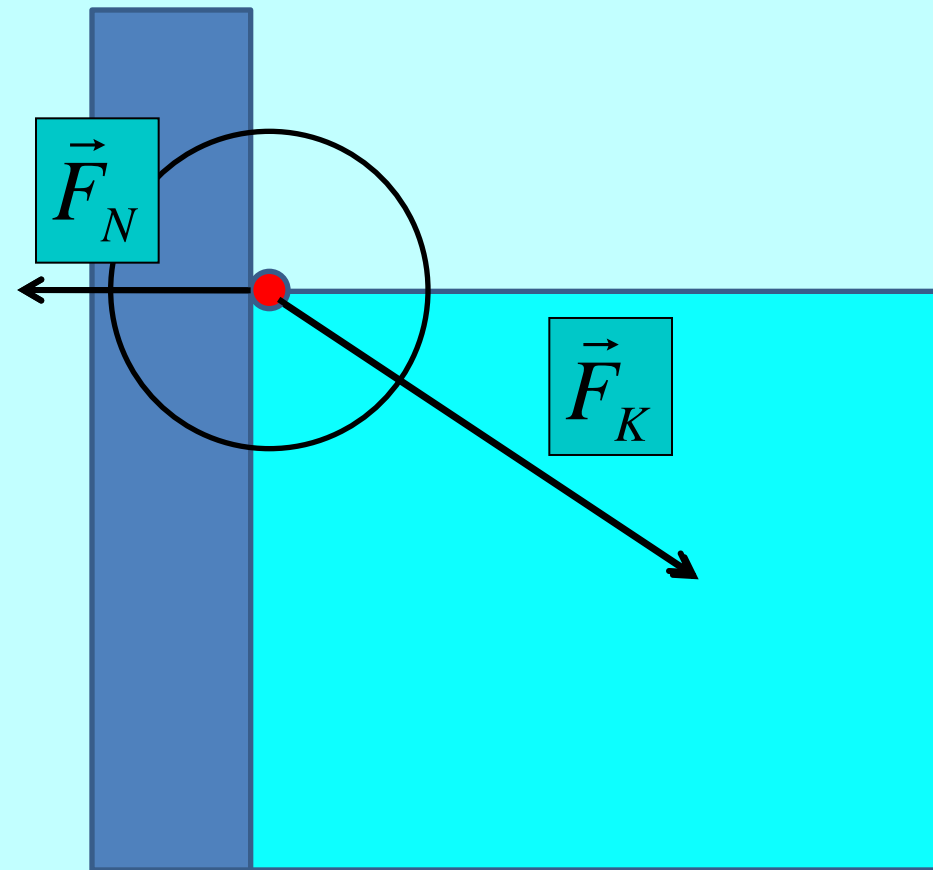


6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

F_K – přitažlivá síla molekul kapaliny

F_N – přitažlivá síla částic stěny nádoby

(přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné)



6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

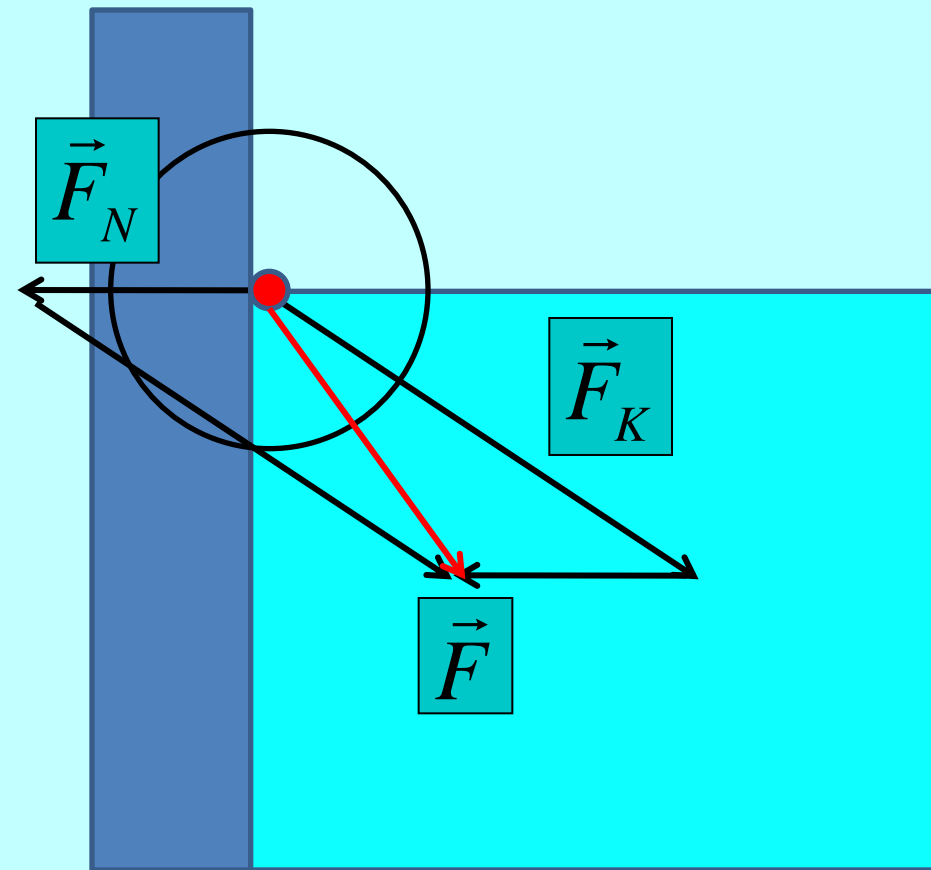
F_K – přitažlivá síla molekul kapaliny

F_N – přitažlivá síla částic stěny nádoby

(přitažlivá síla molekul vzduchu a tíhová síla jsou zanedbatelné)

B. Výslednice sil směřuje do kapaliny.

Kapalina **nesmáčí**
stěny nádoby.

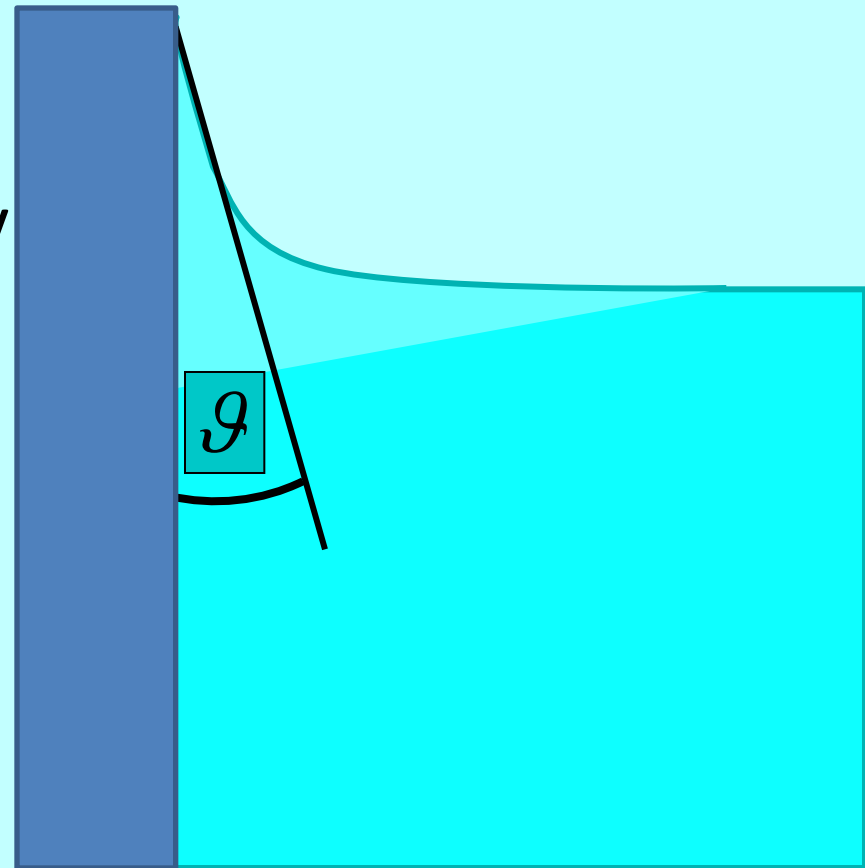


6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

stykový úhel ϑ mezi stěnou nádoby a povrchovou vrstvou

A. kapalina smáčí stěny nádoby

- dutý povrch
- $0^\circ \leq \vartheta < 90^\circ$
- $\vartheta = 0^\circ$ dokonale smáčí stěny
- vnitřní tlak je menší
o kapilární tlak ve srovnání
s vodorovnou hladinou
- voda ve skle $\vartheta = 8^\circ$

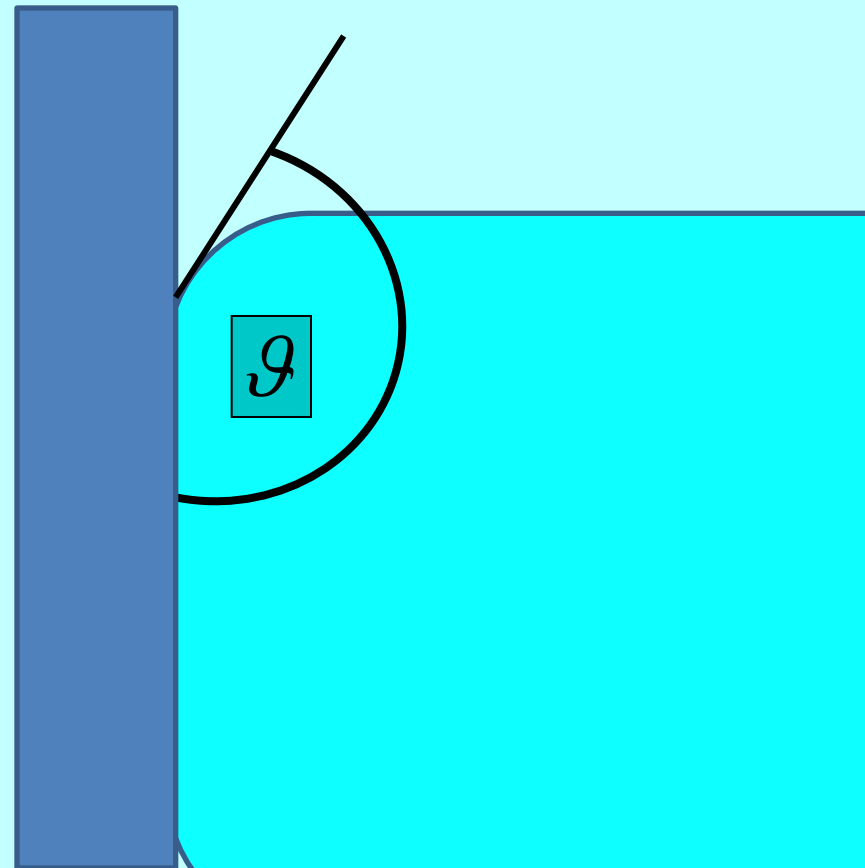


6. 4. JEVY NA ROZHRANÍ PEVNÉHO TĚLESA A KAPALINY

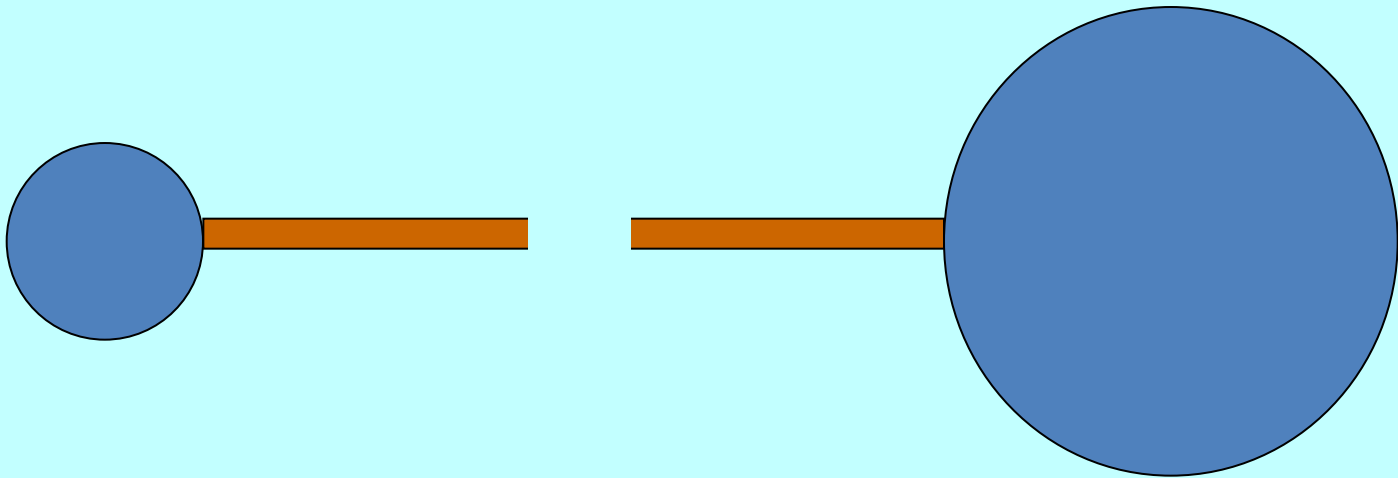
stykový úhel ϑ mezi stěnou nádoby a povrchovou vrstvou

B. kapalina nesmáčí stěny nádoby

- vypouklý povrch
- $90^\circ < \vartheta \leq 180^\circ$
- $\vartheta = 180^\circ$ dokonale nesmáčí stěny
- vnitřní tlak je větší o kapilární tlak
- př.: rtuť ve skle $\vartheta = 128^\circ$

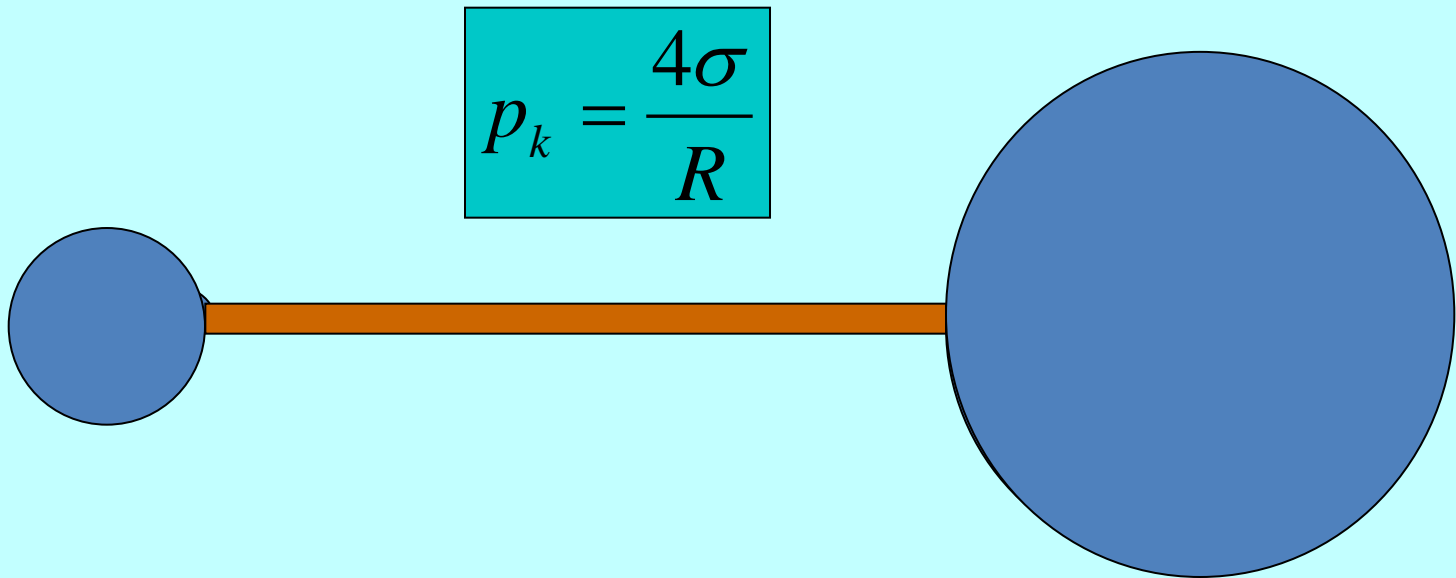


Pokus s balónky



Pokus s balónky

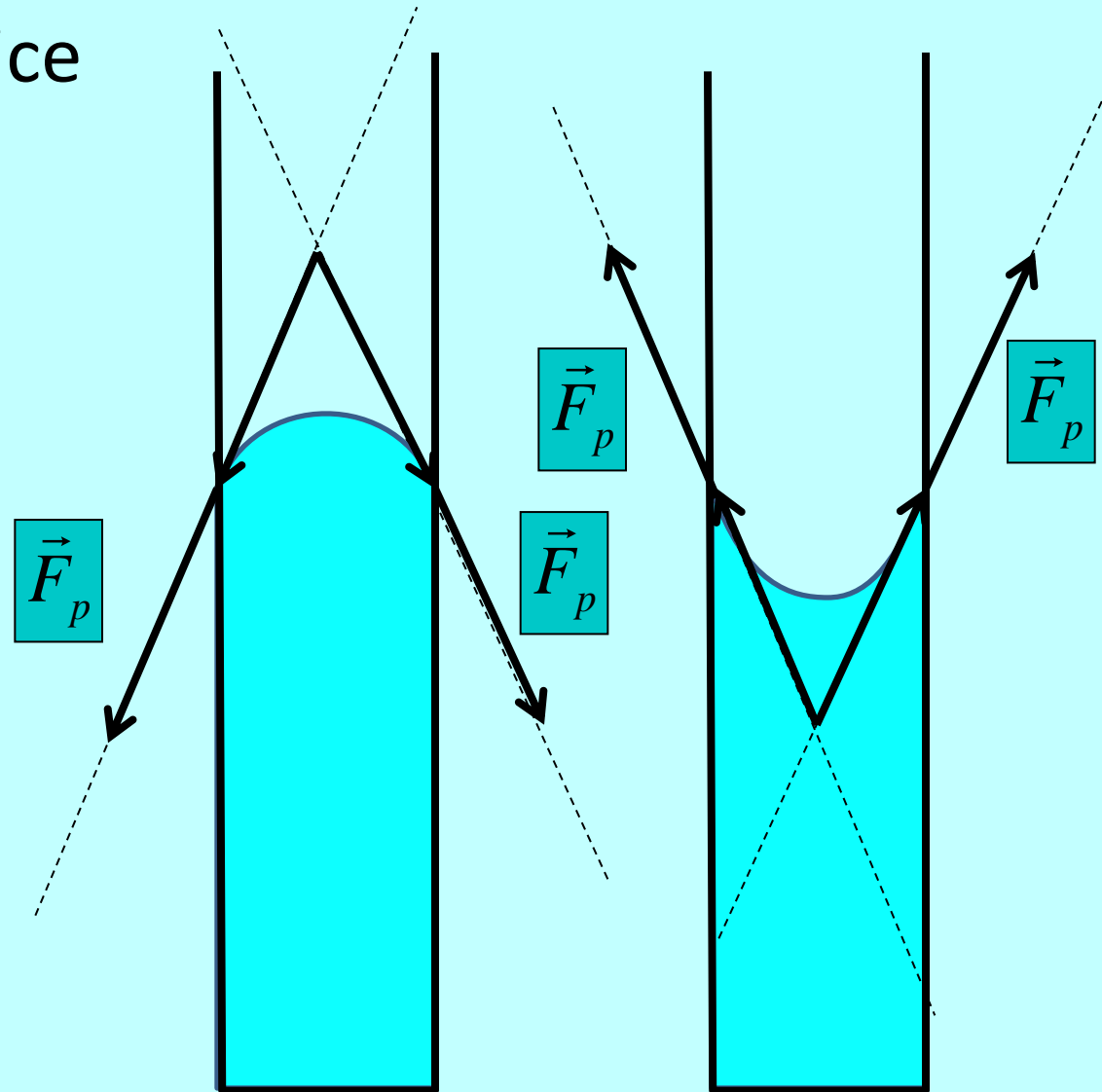
- po spojení balónků trubičkou se menší bublina zmenšuje, až zanikne
- kapilární tlak s klesajícím poloměrem roste



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

kapilára – úzká trubice

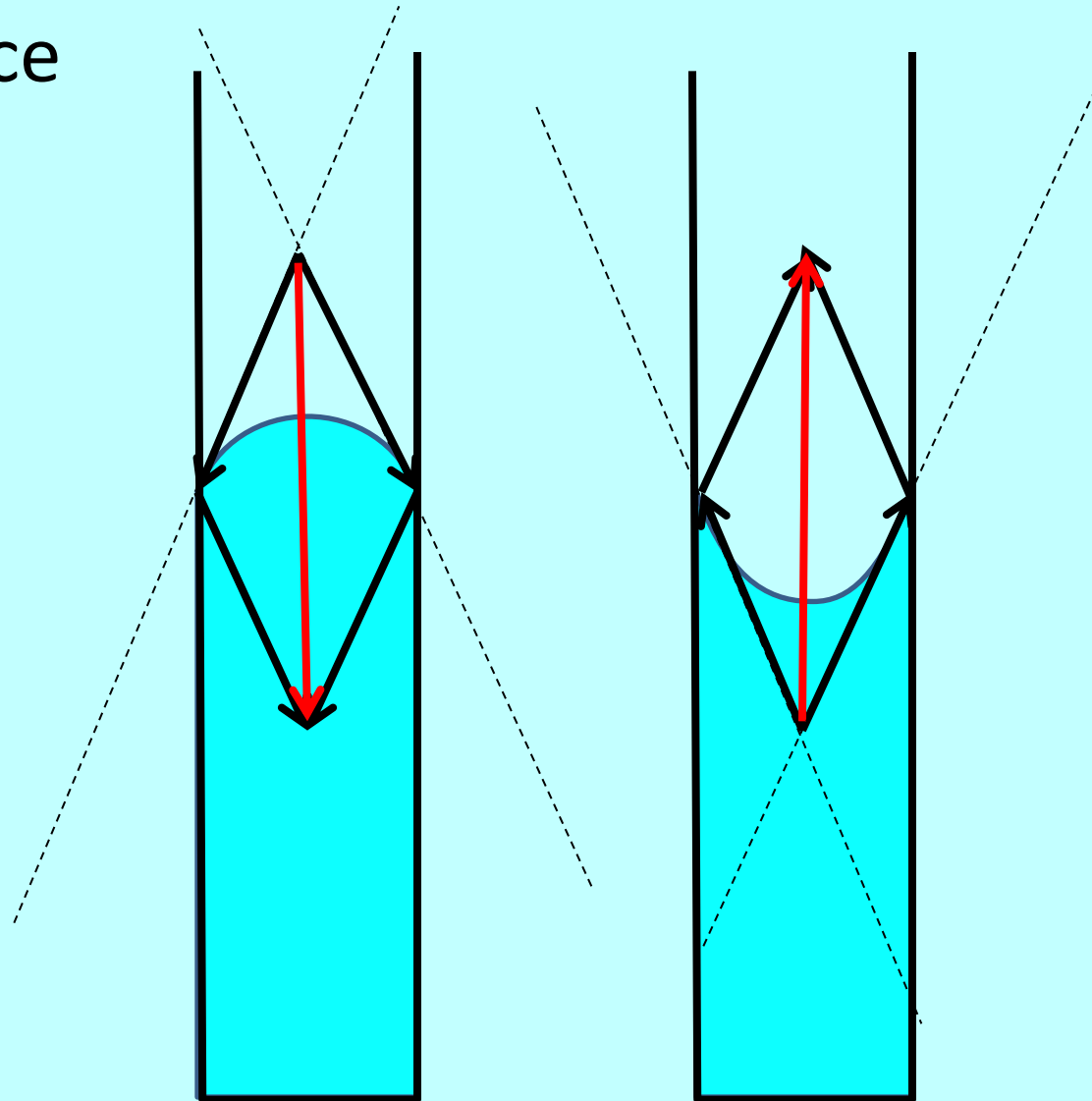
V kapiláře vytvoří
povrch kapaliny
prohnutou plochu
(meniskus).



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

kapilára – úzká trubice

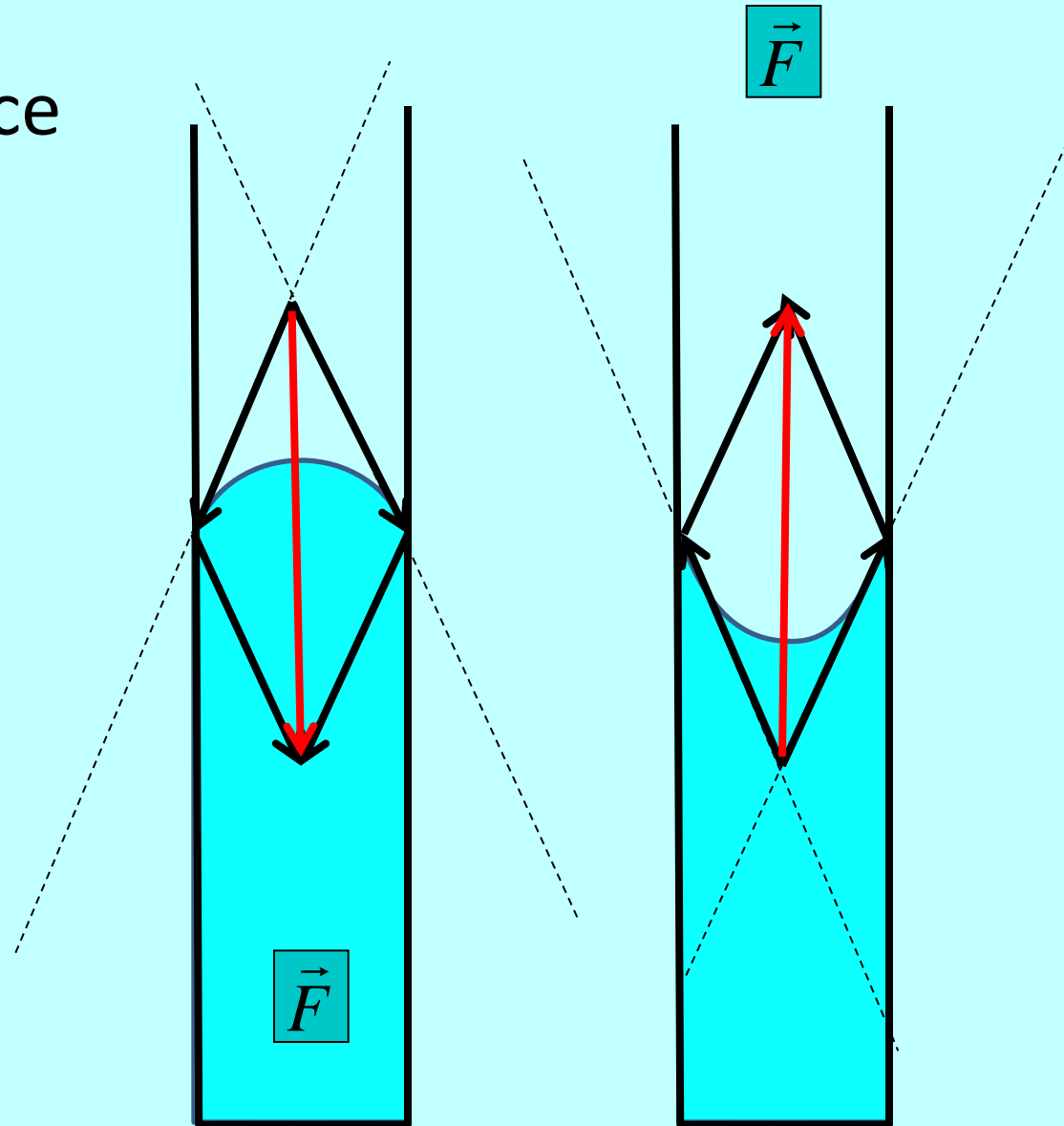
V kapiláře vytvoří
povrch kapaliny
prohnutou plochu
(meniskus).



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

kapilára – úzká trubice

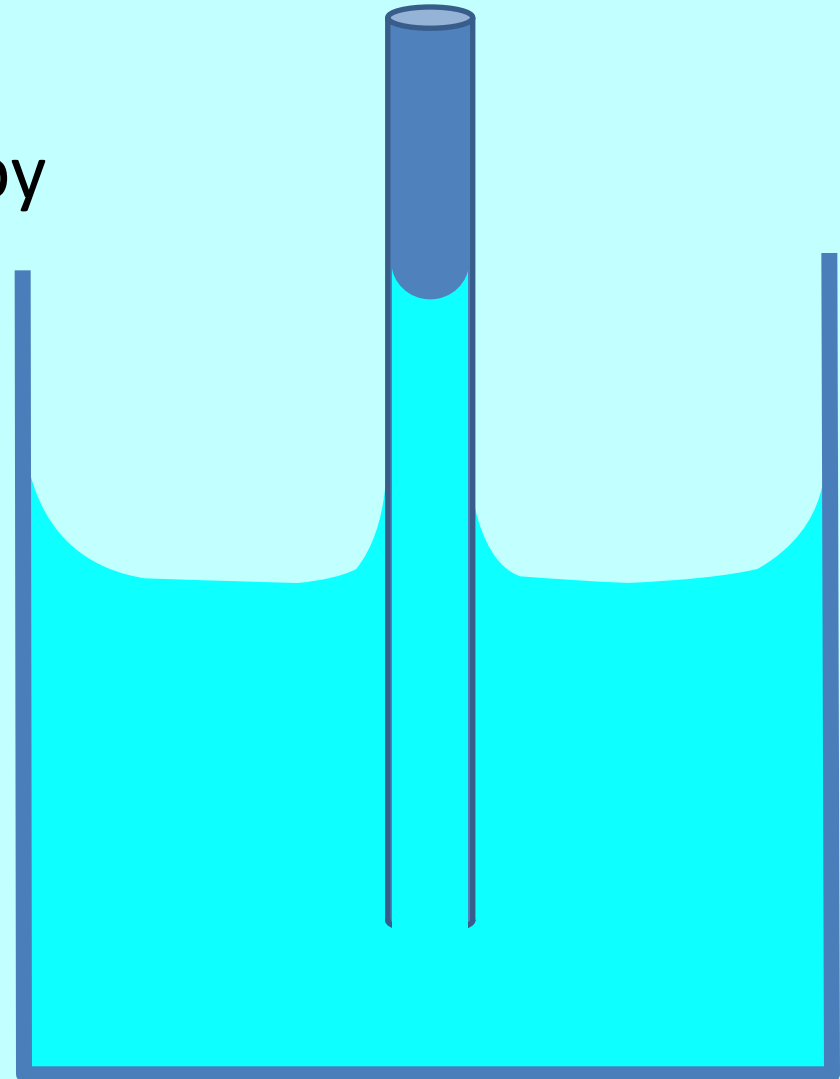
V kapiláře vytvoří
povrch kapaliny
prohnutou plochu
(meniskus).



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

A. kapilární elevace

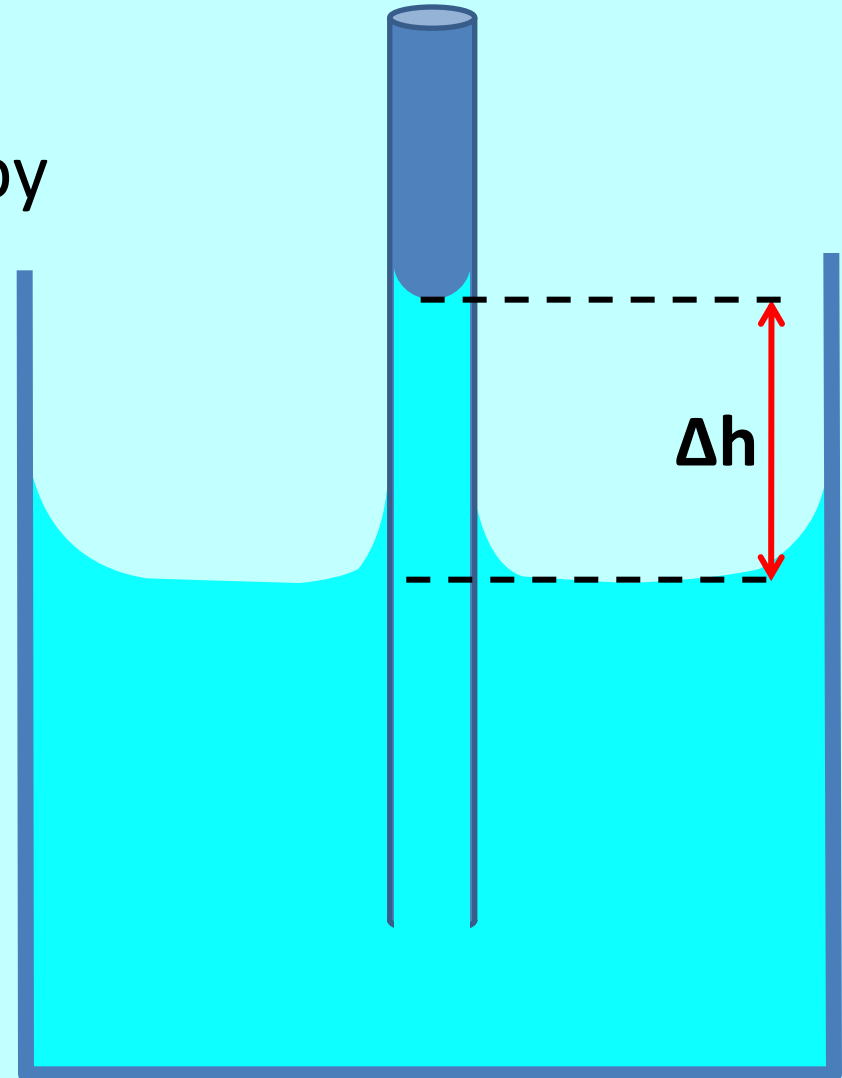
- kapalina smáčí stěny nádoby
- v kapiláře nastane vzestup hladiny vzhledem k okolní hladině díky nižšímu tlaku
- vznikne **dutý** vrchlík



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

A. kapilární elevace

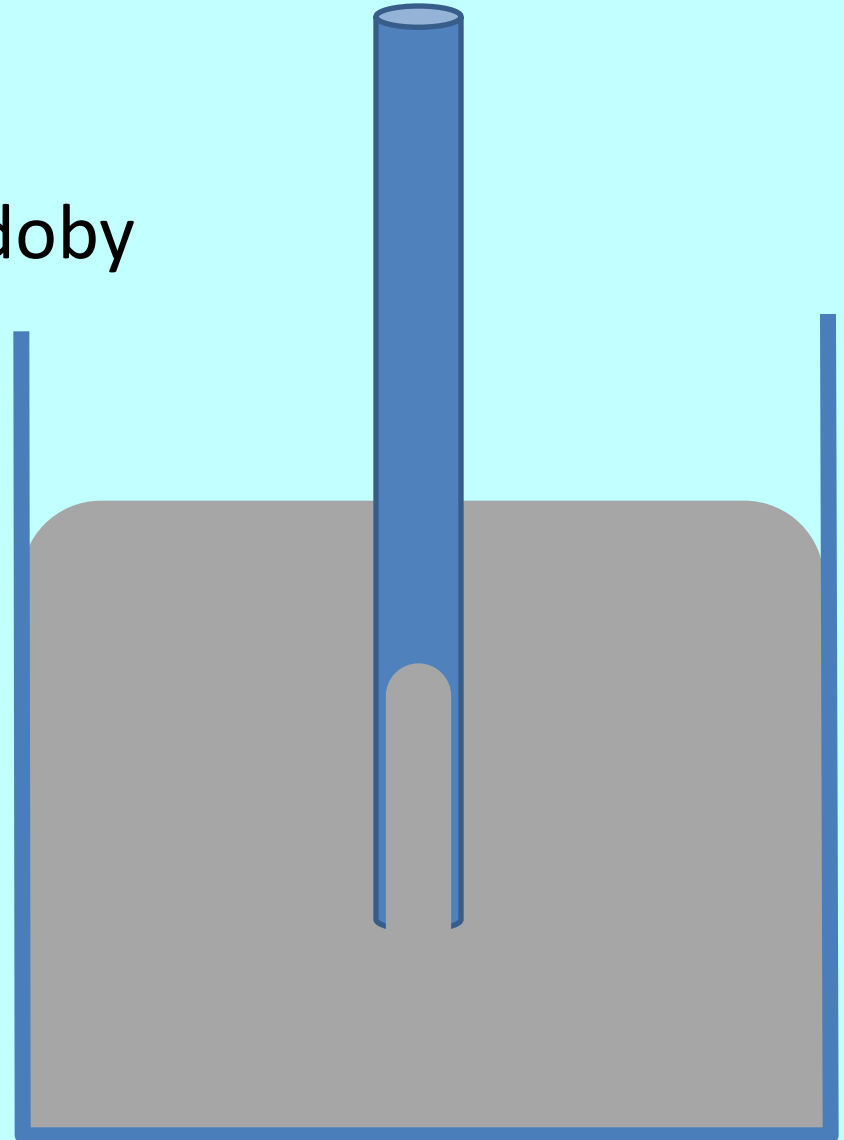
- kapalina smáčí stěny nádoby
- v kapiláře nastane vzestup hladiny vzhledem k okolní hladině díky nižšímu tlaku
- vznikne **dutý** vrchlík



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

B. kapilární deprese

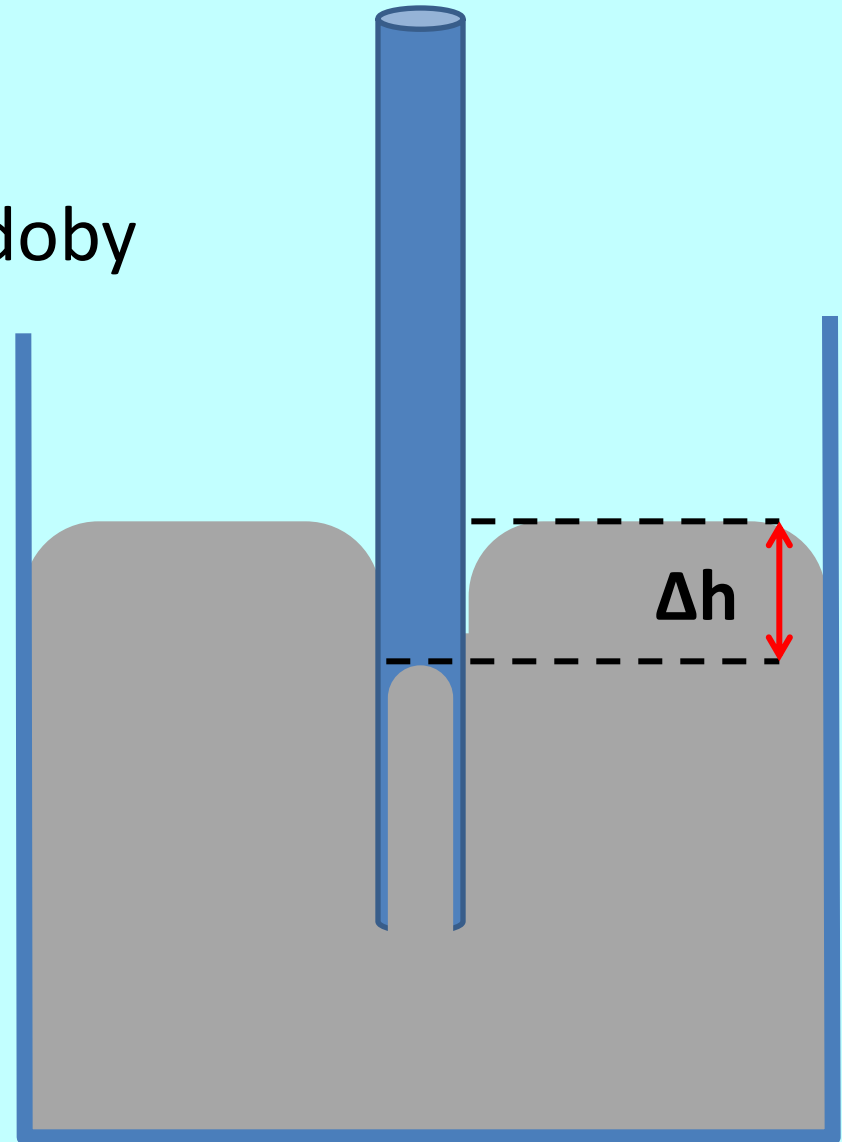
- kapalina nesmáčí stěny nádoby
- v kapiláře nastane snížení hladiny vzhledem k okolní hladině díky vyššímu tlaku
- vznikne **vypuklý** vrchlík



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

B. kapilární deprese

- kapalina nesmáčí stěny nádoby
- v kapiláře nastane snížení hladiny vzhledem k okolní hladině díky vyššímu tlaku
- vznikne **vypuklý** vrchlík



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

R – poloměr kapiláry

ρ – hustota kapaliny

h – výška hladiny v kapiláře

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

$$l = 2\pi R$$

$$F = \sigma 2\pi R$$

$$F_h = p \cdot S$$

$$S = \pi R^2$$

$$p = h\rho g$$

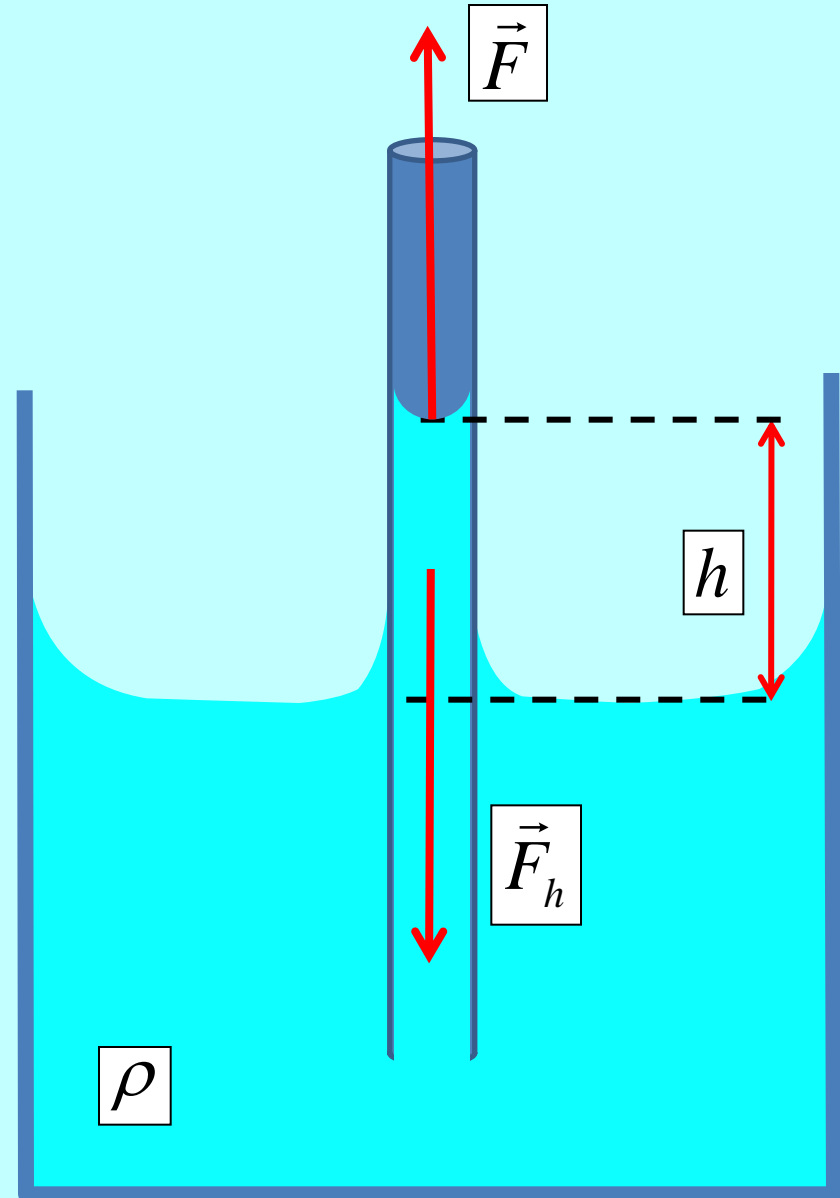
$$F_h = h\rho g \cdot \pi R^2$$

$$F = F_h$$

$$\sigma \cdot 2\pi \cdot R = h\rho g \cdot \pi \cdot R^2$$

$$2\sigma = h\rho g \cdot R$$

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



6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

Při odvození vztahu pro výpočet výšky hladiny v kapiláře můžeme použít i rovnost kapilárního a hydrostatického tlaku.

$$p_h = p_k$$
$$h\rho g = \frac{2\sigma}{R}$$

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

$$R_1 < R_2 \rightarrow h_1 > h_2$$

Vztah platí pro kapilární elevaci i depresi.

6. 5. KAPILÁRNÍ JEVY

1. vysvětlují schopnost vstřebávat vlhkost
2. vzlínavost v cévách rostlin
3. izolace budov zabrání vzlínání vlhkosti
4. pájení – dokonalé spojení

Problémové úlohy:

1) Proč je třeba okopávat zeleninu?

Rozruší se kapiláry, vláhá nestoupá vzhůru a zem se nevysušuje.

2) Proč se po zasetí trávy hlína válcuje?

Půdní částice se k sobě přiblíží, vytvoří se tak úzké kapiláry a voda stoupá do povrchové vrstvy.

3) Proč se obtížně svléká mokré oblečení?

Oddělením oblečení od těla vzniknou dva povrchy vody...

Problémové úlohy:

4) Jak zaoblíte ostré skleněné okraje?

Ohněm. Nejmenší povrchová energie...

5) Stanová celtovina nepropouští vodu, ale dotkneme-li se jí, už vodu nezastavíme. Proč?

Celtovina je impregnovaná, voda ji nesmáčí, po dotyku smáčí a pak už působí tíhová síla.

6) Proč používáme při mytí nádobí saponát, při praní prášek a při koupání mýdlo?

Vše snižuje povrchové napětí, více smáčí vlákna i nečistotu, lépe proniká do skulin a odděluje tak špínu...

Problémové úlohy:

7) Po vybudování vltavské kaskády přehrad voda Vltavy v zimě nezamrzá a v létě je na koupání studená. Proč?

Voda se vypouští ze dna. V zimě je nejteplejší má 4 °C a v létě naopak nejstudenější.

8) Proč praská mýdlová bublina? Ve kterém místě?

Kapalina v bláně stéká dolů, bublina se od vrcholu postupně ztenčuje, až u vrcholu praskne.

6. 6. TEPLOTNÍ OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST KAPALIN

Objem kapaliny s rostoucí teplotou roste.

1. pro malé teplotní rozdíly $\Delta t \rightarrow$ $V = V_1(1 + \beta \cdot \Delta t)$

β – teplotní součinitel objemové roztažnosti kapalin

$$[\beta] = K^{-1}$$

(MFCHT)

voda $\beta = 1,8 \cdot 10^{-4} K^{-1}$

petrolej $\beta = 9,6 \cdot 10^{-4} K^{-1}$

líh $\beta = 11 \cdot 10^{-4} K^{-1}$

β kapalin $>$ β pevných látek

6. 6. TEPLOTNÍ OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST KAPALIN

2. pro větší teplotní rozdíly $\Delta t \rightarrow$

$$V = V_1 \left(1 + \beta_1 \cdot \Delta t + \beta_2 \cdot (\Delta t)^2 \right)$$

př.: rtuť $\beta_1 = 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

$\beta_2 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ K}^{-1}$

Využití

- kapalinové teploměry
- termostatické ventily

Se změnou teploty se mění i hustota

$$\rho = \rho_1 (1 - \beta \cdot \Delta t)$$

6. 6. TEPLOTNÍ OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST KAPALIN

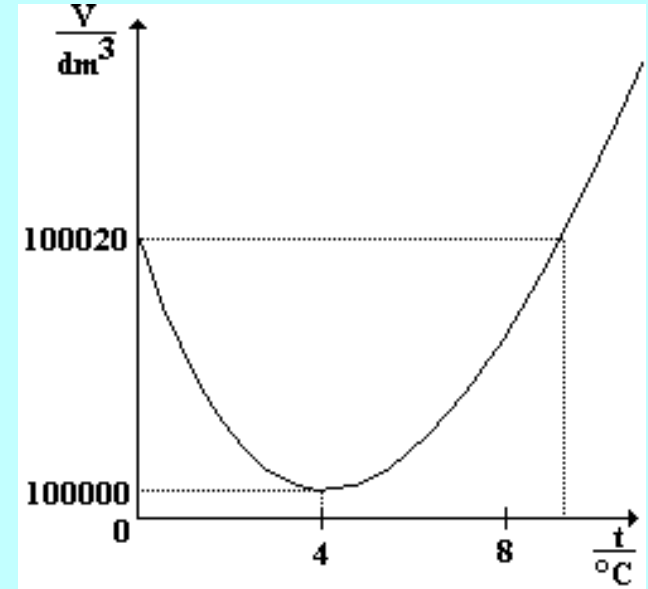
anomálie vody

výjimka mezi kapalinami

Při zvyšování teploty

od 0°C do 4°C

se objem snižuje a hustota roste.



Obr.: 9

Hustota vody je největší při teplotě 4°C .

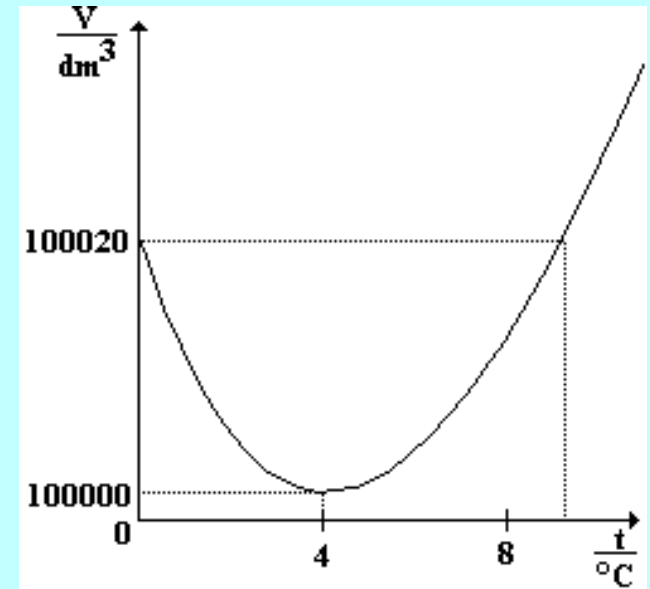
Při dalším zvyšování teploty dochází ke snižování hustoty vody ($\uparrow V$).

6. 6. TEPLOTNÍ OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST KAPALIN

anomálie vody

Při ochlazování vody k bodu mrazu bude klesat ke dnu nejdříve voda o teplotě 4°C (protože má vyšší hustotu), čímž bude vytlačovat k hladině chladnější vodu.

Chladnější voda na hladině proto zamrzne dříve a vytvoří příkrov, pod nímž se může udržet život i v zimě.



Použitá literatura

Literatura

BARTUŠKA, K., SVOBODA, E. *Molekulová fyzika a termika, Fyzika pro gymnázia*. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 80-7196-200-7

LEPIL, O. *Sbírka úloh pro střední školy. Fyzika* Praha: Prometheus, 2010. ISBN 978-80-7196-266-3

NAHODIL, J. *Fyzika v běžném životě*. Praha: Prometheus, 2010. ISBN 80-7196-005-5

Obrázky:

[3] - [4] - Patrik Koběřský

Ostatní fotografie a videa jsou vlastní

{9} - BARTUŠKA, K., SVOBODA, E. *Molekulová fyzika a termika, Fyzika pro gymnázia*. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 80-7196-200-7



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato prezentace vznikla na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo: CZ.1.07/1.1.24/01.0114
s názvem
„PODPORA CHEMICKÉHO A FYZIKÁLNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ NA GYMNÁZIUMU KOMENSKÉHO V HAVÍŘOVĚ“

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.