



The background features abstract, overlapping green geometric shapes, primarily triangles and polygons, in various shades of green, creating a modern and dynamic look.

Fizika I

STATIKA FLUIDA

10. STATIKA FLUIDA

Fluidi:

- ▶ Tekućine - poprimaju oblik posude, nestlačiv volumen.
- ▶ Plinovi - poprimaju oblik posude, stlačiv volumen.

Lako mijenjaju oblik, odnosno mogu teći.

Mehanika fluida često se zove **hidromehanika**:

- ▶ Hidrostatika - opisuje fluide u mirovanju.
- ▶ Hidrodinamika - opisuje fluide u gibanju.



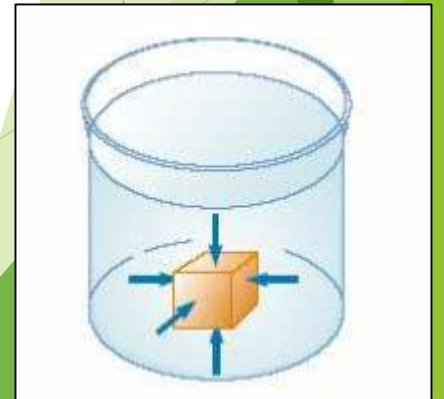
Tlak

- ▶ U fluidima u mirovanju sile su uvijek okomite na površinu s kojom je fluid u kontaktu.
- ▶ Sile koje djeluju okomito na površinu zovemo **pritisnim silama**.
- ▶ Tlak se definira kao omjer sile i površine na koju ta sila djeluje okomito:

$$p = \frac{F}{S}$$

Ako sila nije jednaka u svim točkama površine S , tlak u određenoj točki se definira kao:

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S} = \frac{dF}{dS}$$



Tlak

- ▶ Tlak je **skalarna veličina**. Možemo pisati i:

$$d\vec{F} = p d\vec{S}$$

vektor u smjeru normale na
element površine dS

- ▶ Jedinica tlaka je **pascal**:

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

- ▶ Može se upotrebljavati i jedinica bar: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
- ▶ Plinove je lako stlačiti, tekućine smatramo nestlačivim.

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dp} \right)_T$$



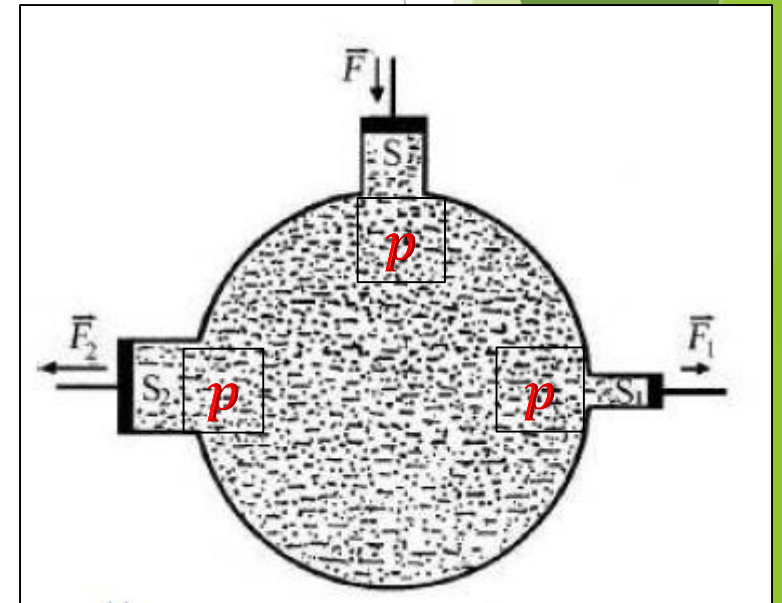
Pascalov zakon

Kad vanjska sila djeluje na fluid tlak se jednoliko širi u svim smjerovima unutar obujma tekućine i djeluje u svim njezinim točkama.

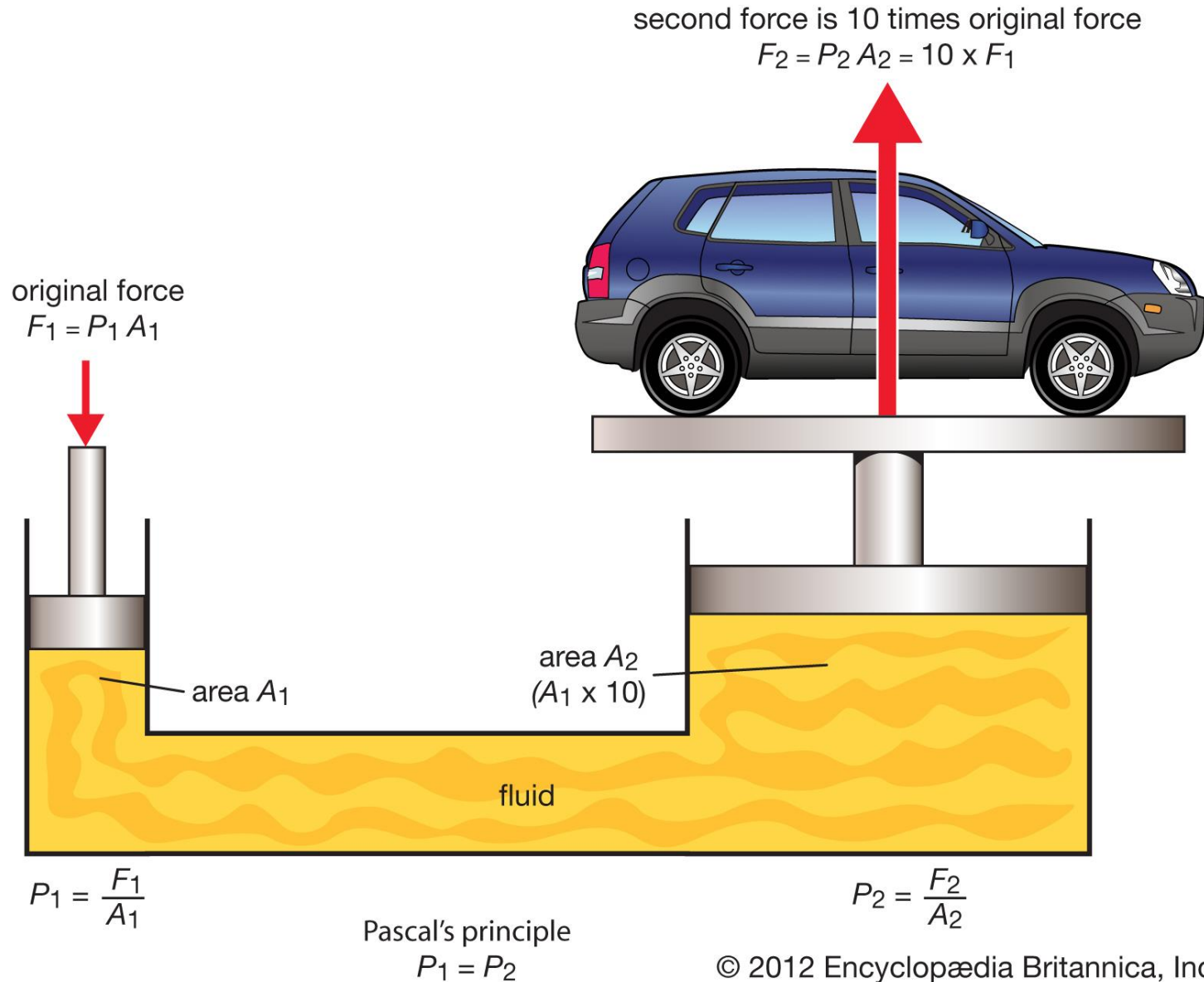
- ▶ u svakoj točki nestlačivog, mirnog fluida tlak je jednak

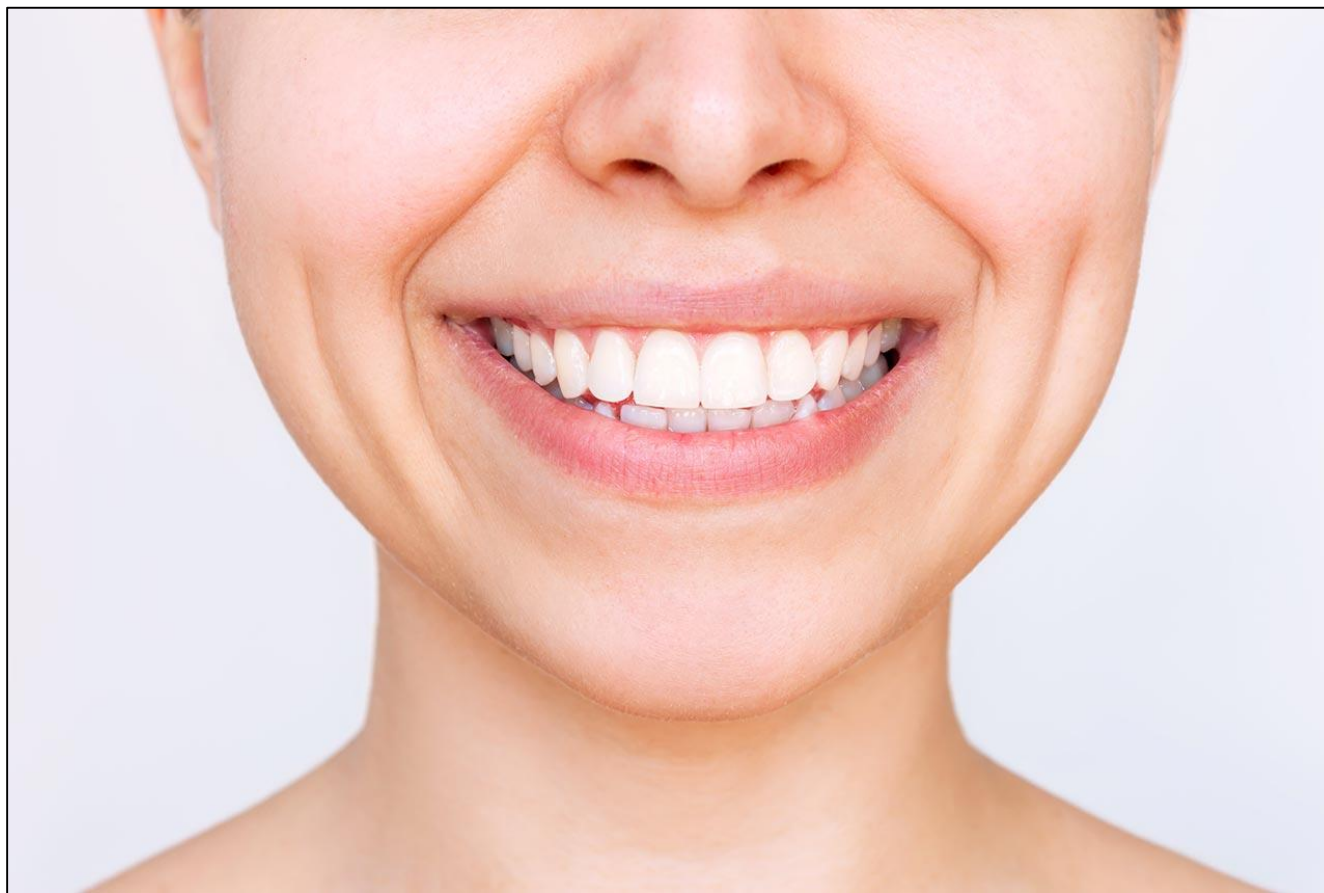
$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

- ▶ princip rada hidrauličkih uređaja



Hidraulički uređaj

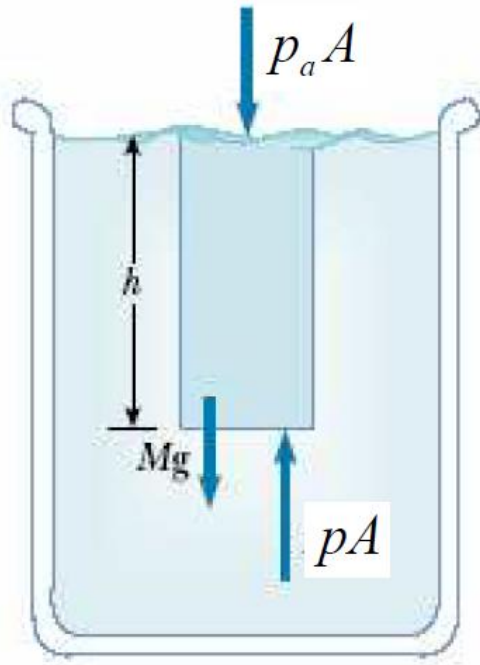






Hidrostatski tlak

Tlak uzrokovan težinom samog fluida nazivamo **hidrostatskim tlakom**.



$$\sum F_y = pA - p_a A - Mg = 0$$

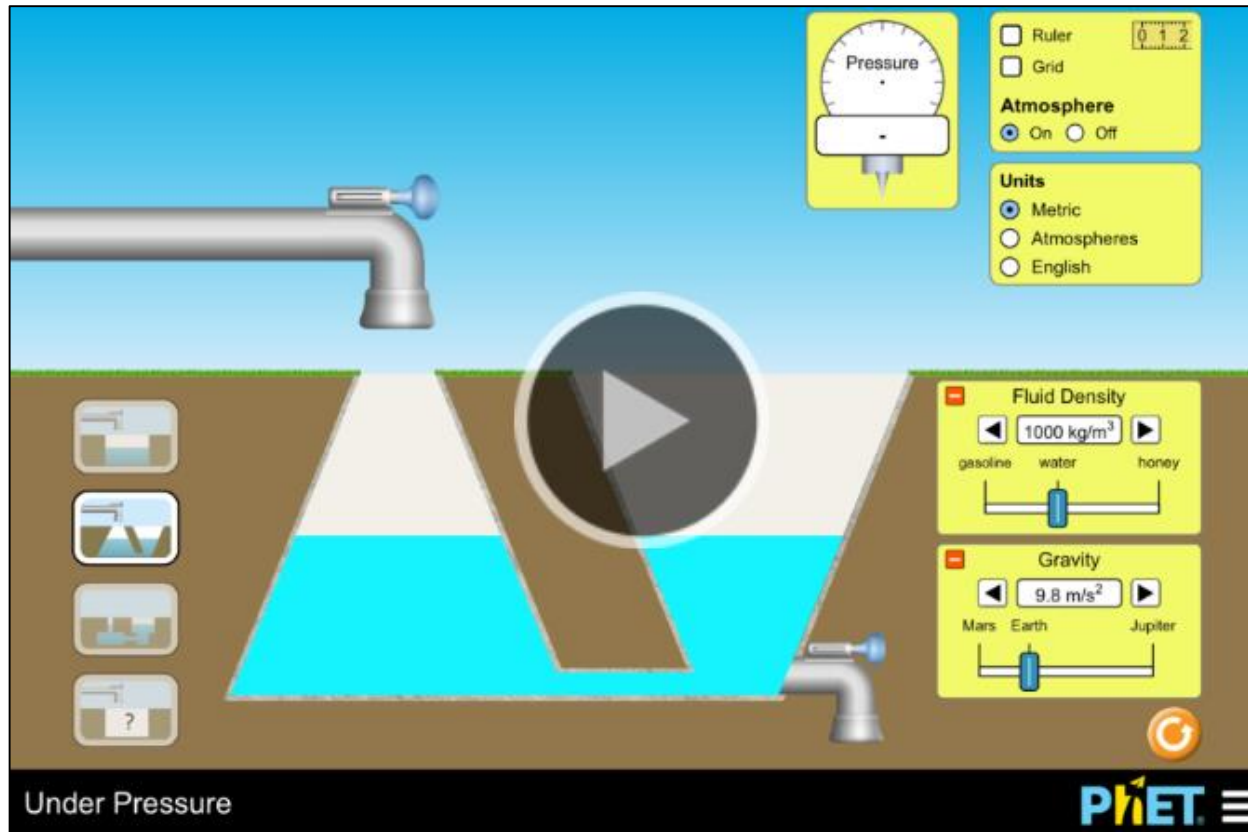
$$Mg = \rho A h g$$

$$pA - p_a A - \rho A h g = 0$$

$$p = p_a + \rho g h$$

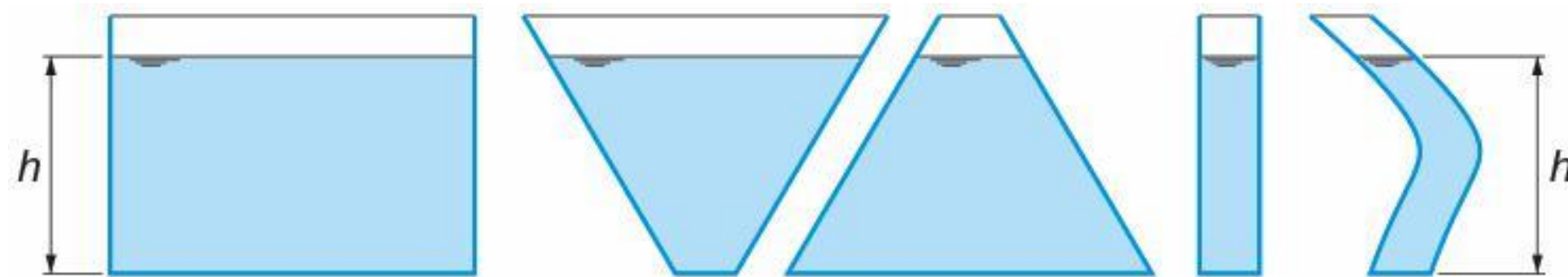
hidrostatski tlak

Simulacija: Tlak



Hidrostatski paradoks

Koliki je tlak na dnu svake posude?

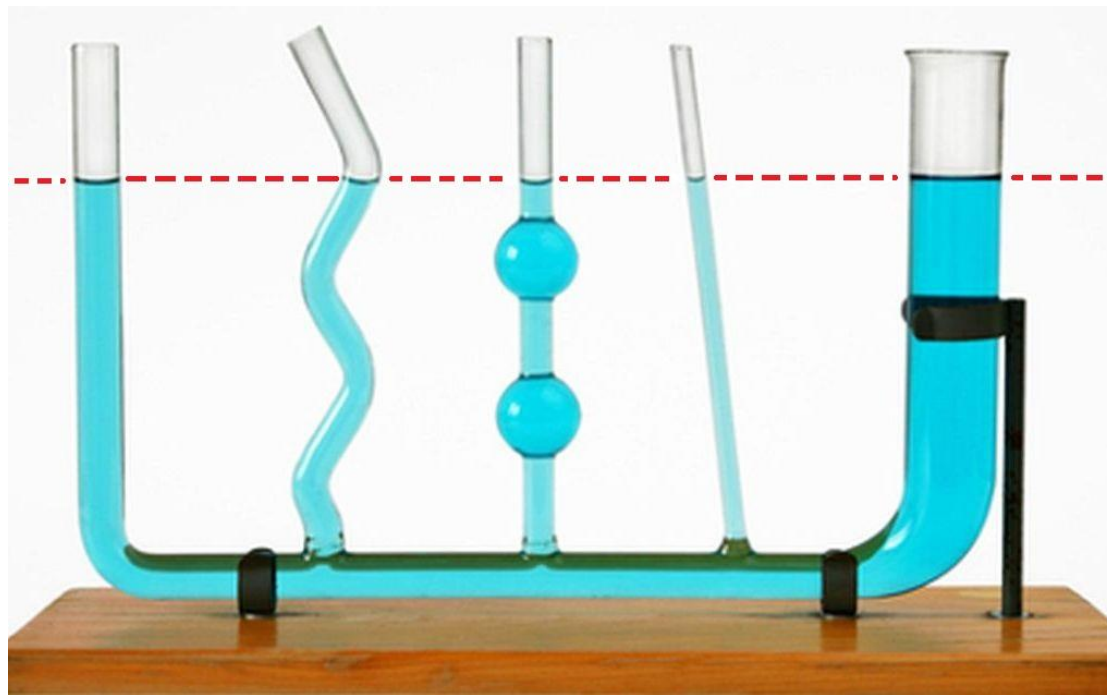


➤ Količina fluida nije jednaka u posudama, ali **visina** je - stoga je tlak na dnu svih posuda jednak, ne ovisi o obliku posude.

Hidrostatski paradoks

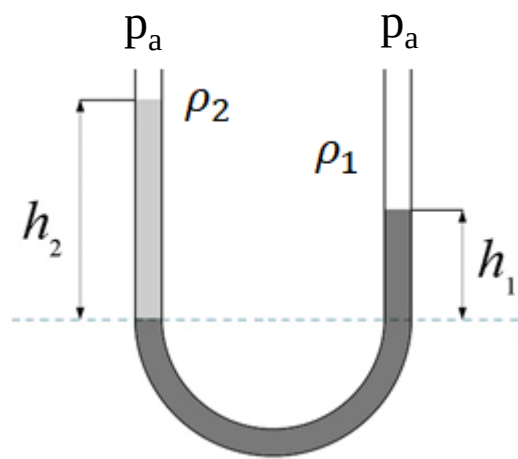
- ▶ U međusobno spojenim posudama, razina tekućine u svim posudama nalazi se na istoj visini, bez obzira na oblik posuda. Jer je hidrostatski tlak jednak u svim točkama na jednakoj dubini.

- ▶ Spojene posude:



Hidrostatski tlak

Primjena - određivanje gustoće nepoznate tekućine.



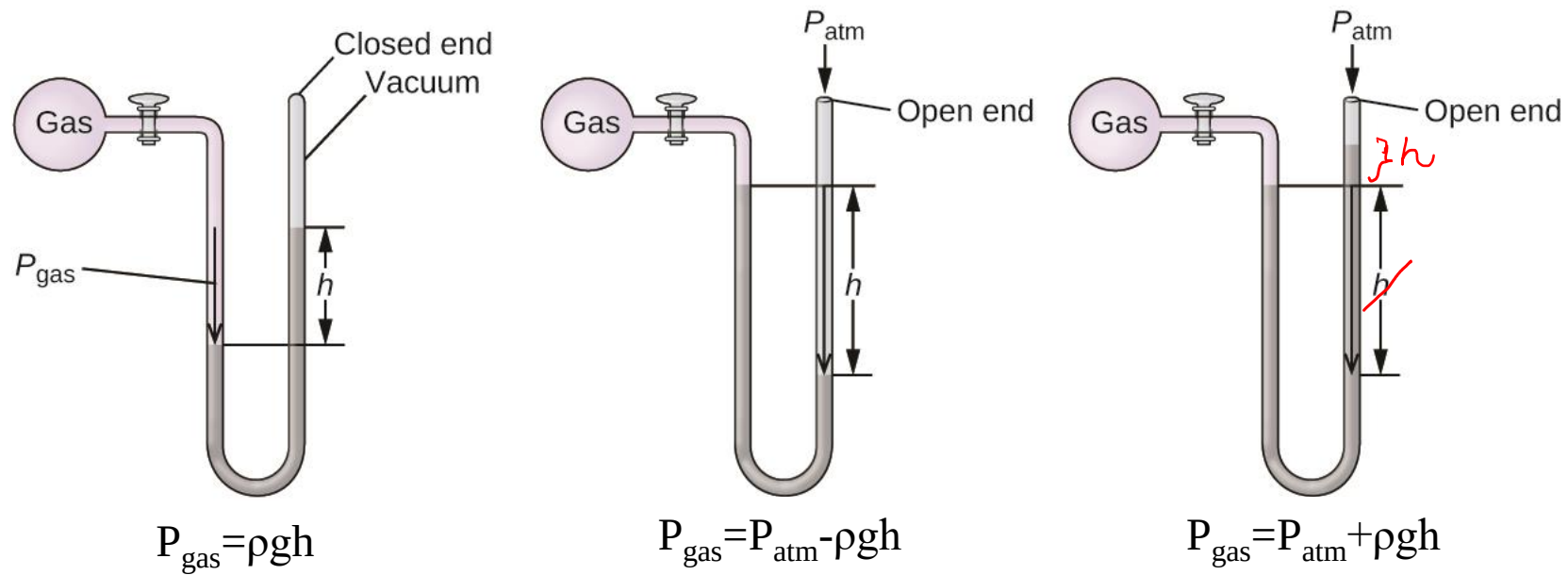
- Budući da u svim točkama određenog horizontalnog presjeka ukupni tlak mora biti jednak, slijedi:

$$p_a + \rho_1 g h_1 = p_a + \rho_2 g h_2$$

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{h_1}{h_2}$$

Hidrostatski tlak

Primjena - manometri

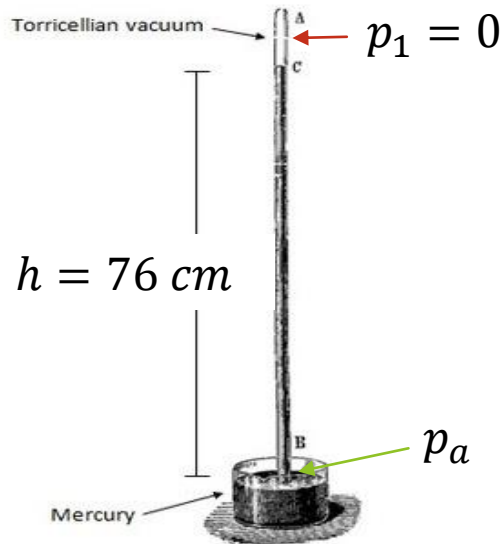




Atmosferski tlak

= tlak zbog vlastite težine stupca zraka iznad Zemljine površine

Prvi izmjerio E.Torricelli: živin barometar.



Torricellian vacuum tube. Source: Hmolpedia

$$p_a = \rho gh + p_1$$

$$p_1 = 0$$

$$p_a = \rho gh$$

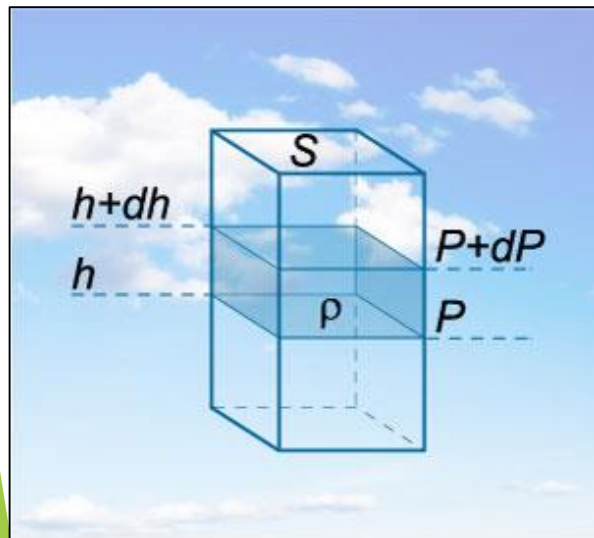
Nakon uvrštavanja gustoće žive i mjerenja h :

$$p_a = 101325 \text{ Pa}$$



Atmosferski tlak - Barometarska formula

Opisuje smanjivanje tlaka s nadmorskom visinom



- ▶ povećanjem h tlak se smanjuje:

$$dp = -\rho g dh$$

- ▶ pretpostavka izotermne atmosfere, $T = \text{konst}$:

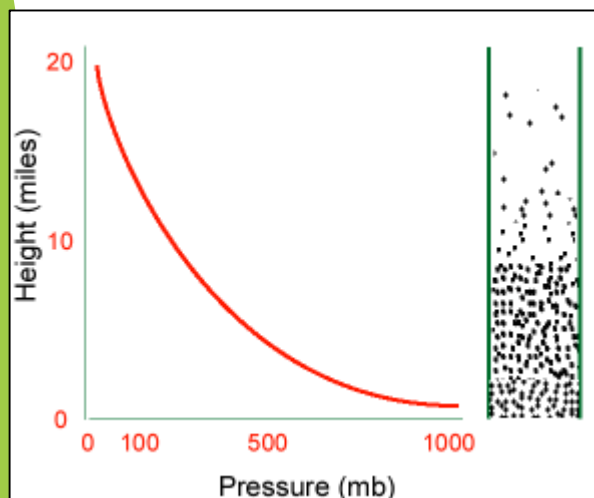
$$\rho(h) = \frac{\rho_0}{p_0} p(h)$$

$$\int_0^h dh = -\frac{p_0}{\rho_0 g} \int_{p_0}^p \frac{dp}{p}$$

$$p = p_0 e^{-\frac{\rho_0}{p_0} gh}$$

Barometarska formula

- ▶ p_0, ρ_0 - tlak i gustoća na $h = 0$

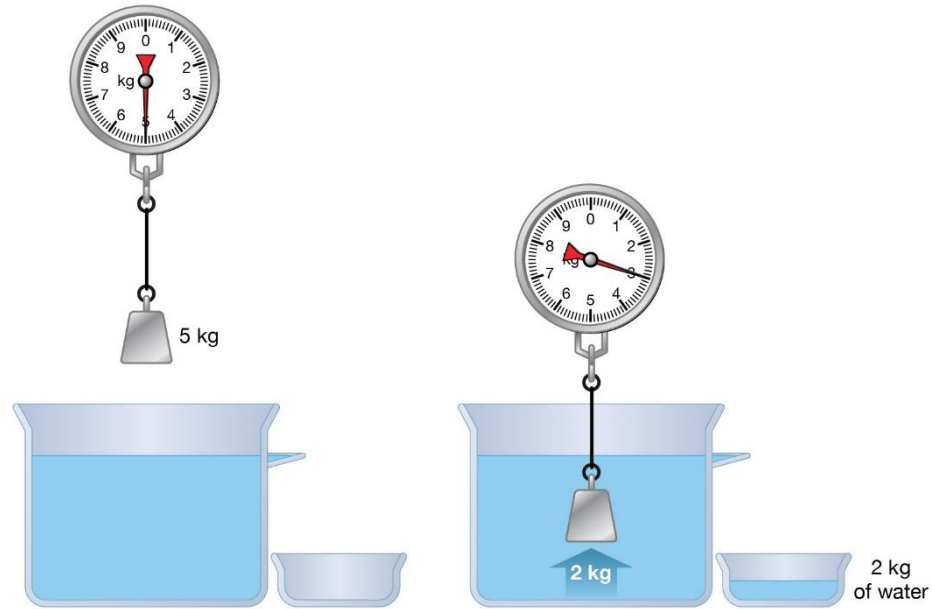




Arhimed iz Sirakuze (287. - 212. pr. Kr.)

Uzgon - Arhimedov zakon

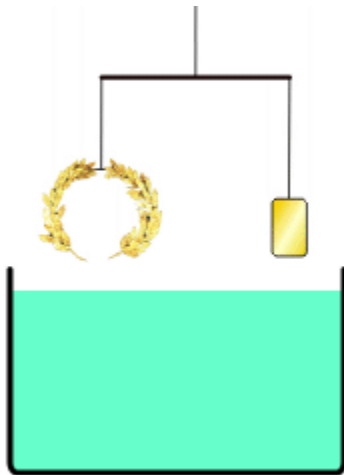
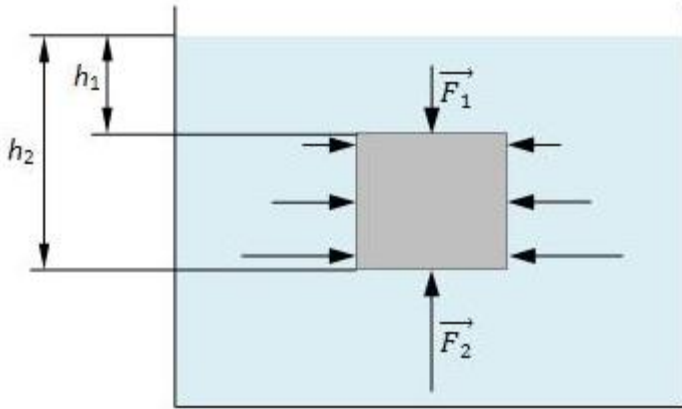
Archimedes' principle



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

- Tijelo uronjeno u fluid gubi na težini onoliko kolika je težina istisnutog fluida.

Uzgon



- ▶ Tlak na gornjoj bazi tijela: $p_1 = p_a + \rho_f g h_1$
- ▶ Tlak na donjoj bazi tijela: $p_2 = p_a + \rho_f g h_2$
- ▶ Sile: $F_1 = p_1 S$; $F_2 = p_2 S$
- ▶ Bočne sile se ponište, a rezultantna sila je

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$F_U = F_2 - F_1 = p_2 S - p_1 S$$

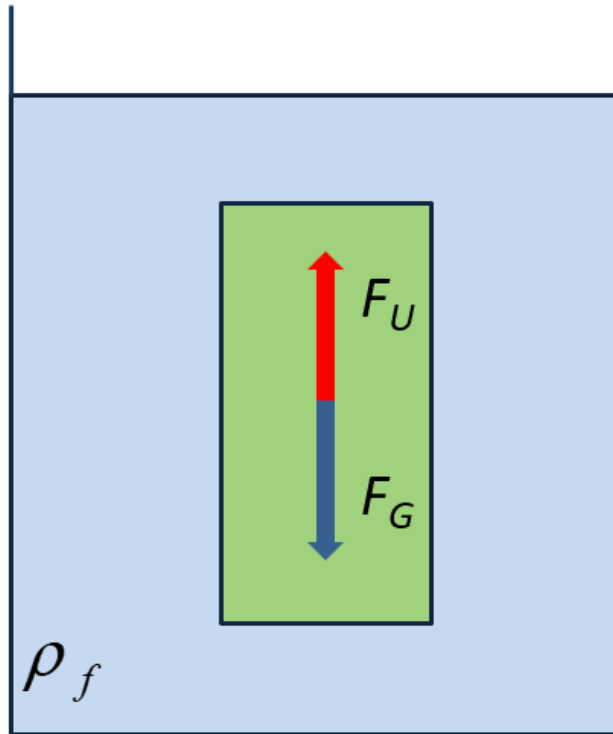
$$= (p_a + \rho_f g h_2 - p_a - \rho_f g h_1) S$$

$$= \rho_f g (h_2 - h_1) S = \rho_f g V$$

$$F_U = \rho_f g V$$

$$F_U = m_f g \quad \text{Arhimedov zakon}$$

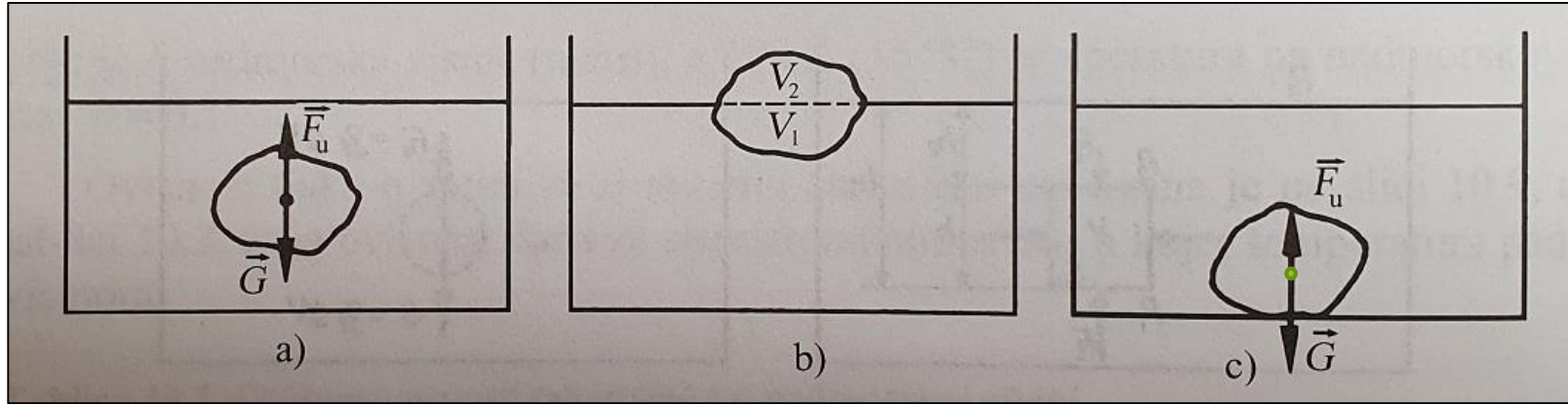
Uzgon



Na tijelo uronjeno u fluid javlja se rezultantna sila prema gore kao posljedica hidrostatskog tlaka - **uzgon**.

- Smjer djelovanja uzgona - suprotan od smjera sile teže.

Uzgon



- a) Tijelo lebdi u fluidu: težina tijela uravnotežena uzgonom, jednake gustoće!
- b) Tijelo pliva: uzgon **na uronjeni dio tijela** jednak težini.
- c) Tijelo tone: težina tijela veća od uzgona.

Uzgon

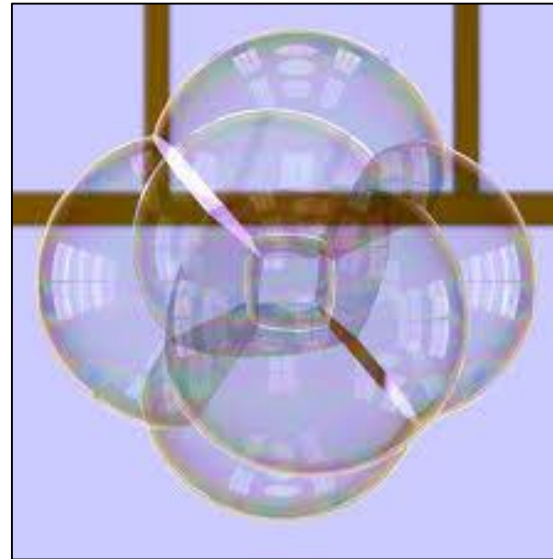
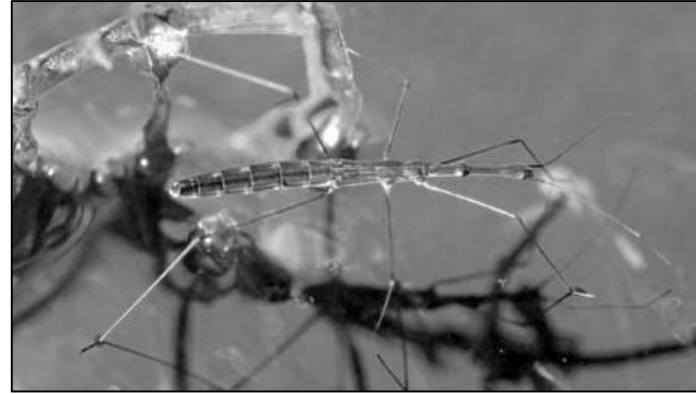




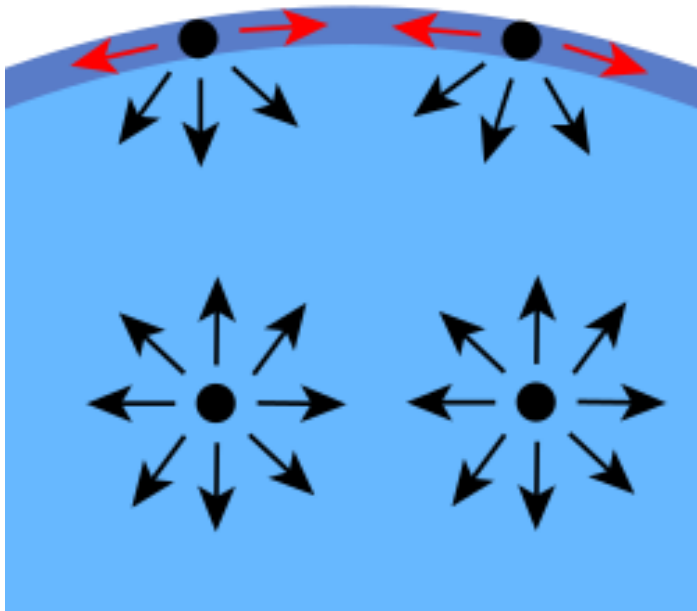


Moguće?

Površinska napetost



Površinska napetost



- ▶ Sila nastoji smanjiti slobodnu površinu tekućine.
- ▶ Međumolekularne sile:
 - kohezivne - sile između istovrsnih molekula
 - adhezivne - sile između različitih molekula

Površinska napetost

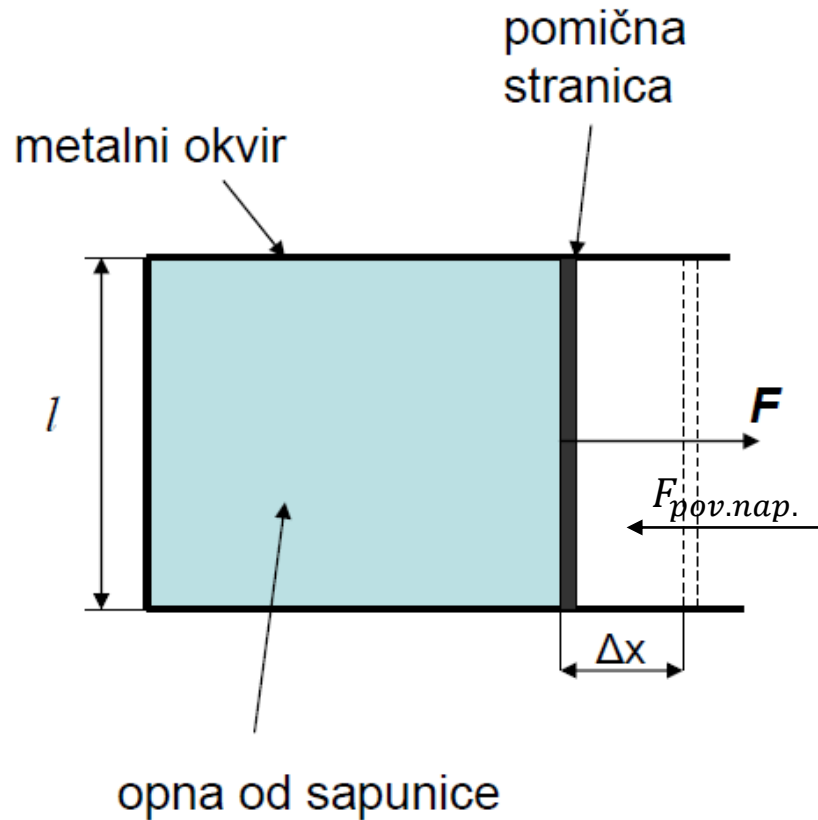
- rad potreban za povećanje površine

$$\Delta W = F \Delta x$$

$$\Delta S = 2l\Delta x$$

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta S} = \frac{F}{2l} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} = \frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right]$$

- koeficijent površinske napetosti



U mjehuriću sapunice (ili mjehuriću zraka u vodi) tlak je veći od vanjskog tlaka za neki dodatni „nadtlak“ Δp .

Površinska napetost u mjehuriću nastoji stegnuti mjehurić sve dok se ne uspostavi ravnoteža zbog tlaka unutar mjehurića.

- Rad za povećanje $r \rightarrow (r + dr)$

$$dW = 2\sigma dS = 2\sigma 8r\pi dr$$

$$S = 4r^2\pi \rightarrow dS = 8r\pi dr$$

- Pri povećanju mjehurića rad sile na unutrašnju površinu mjehurića:

$$dW = \Delta p S dr = \Delta p 4r^2\pi dr$$

$$\Delta p = \frac{4\sigma}{r}$$

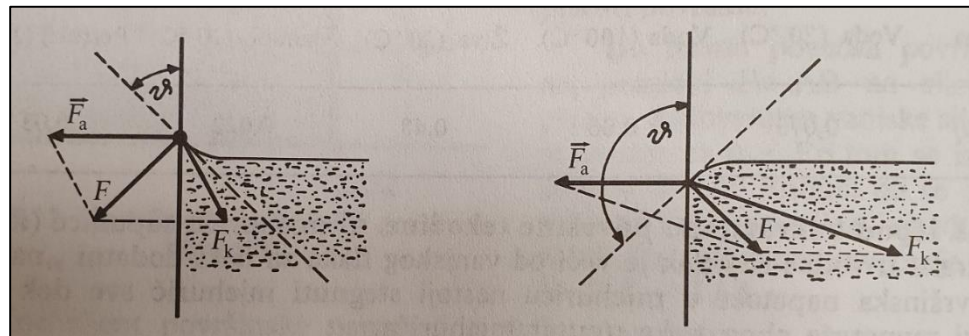
U slučaju mjehurića zraka u tekućini ili kapljice tekućine dodatni je tlak unutar takve, jednostruke sferne površine:

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$$

Kapilarnost

- pojave na granici tekućine i čvrstog tijela
- rezultat kohezije i adhezije

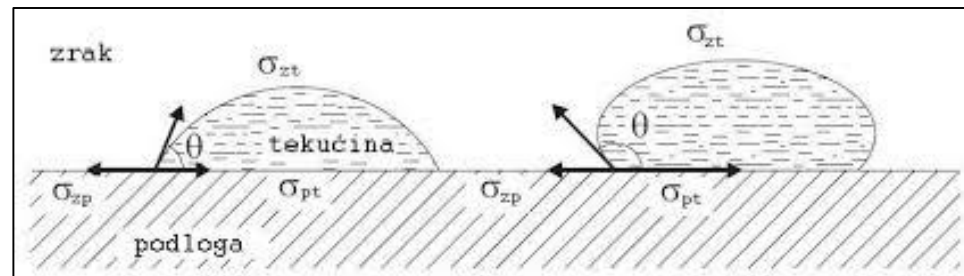
adhezija >
kohezija
(konkavno)



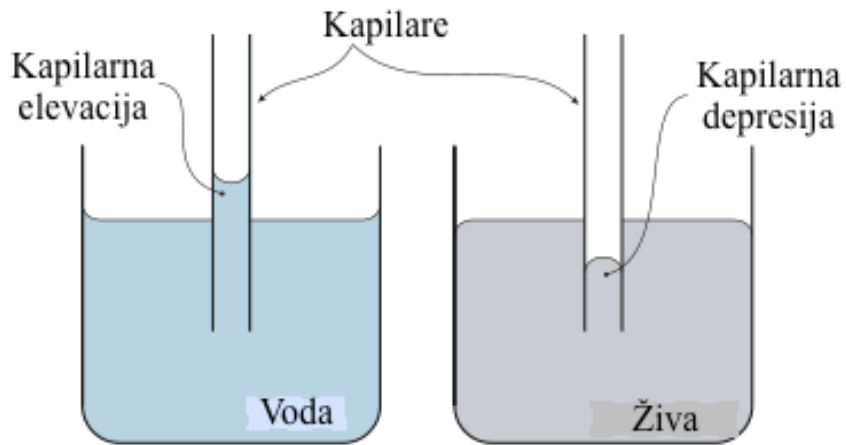
moći stijenku

adhezija <
kohezija
(konveksno)

ne moći stijenku



Kapilarnost



Vertikalna komponenta sile površinske napetosti podiže tekućinu u kapilari sve dok težina stupca tekućine ne postane jednaka toj sili:

$$2r\pi\sigma \cos\vartheta = r^2\pi h\rho g$$

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