

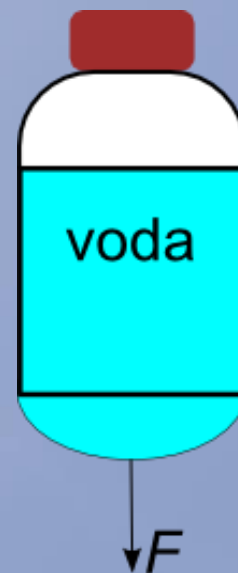
ÚČINKY GRAVITAČNÍ SÍLY ZEMĚ NA KAPALINU

Úvod:

- ▣ Dosud jsme zkoumali působení **vnější tlakové síly** na povrch kapaliny.
- ▣ Na kapalinu ale působí také **gravitační síla Země**.
- ▣ **JAK SE PROJEVÍ ÚČINKY GRAVITAČNÍ SÍLY ZEMĚ NA KAPALINU V KLIDU?**

Pokus č.1:

- ▣ pomůcky:
 - plastová láhev, tenká blána (balónek), voda
- ▣ postup:
 - dno plastové láhve uřízneme a místo něj připevníme tenkou blánu (část balónku)
 - do láhve nalijeme vodu
- ▣ výsledek pokusu:
 - **BLÁNA SE PROHNE VEN, tj. na blánu tlačí voda svisle dolů tlakovou silou \underline{F}**



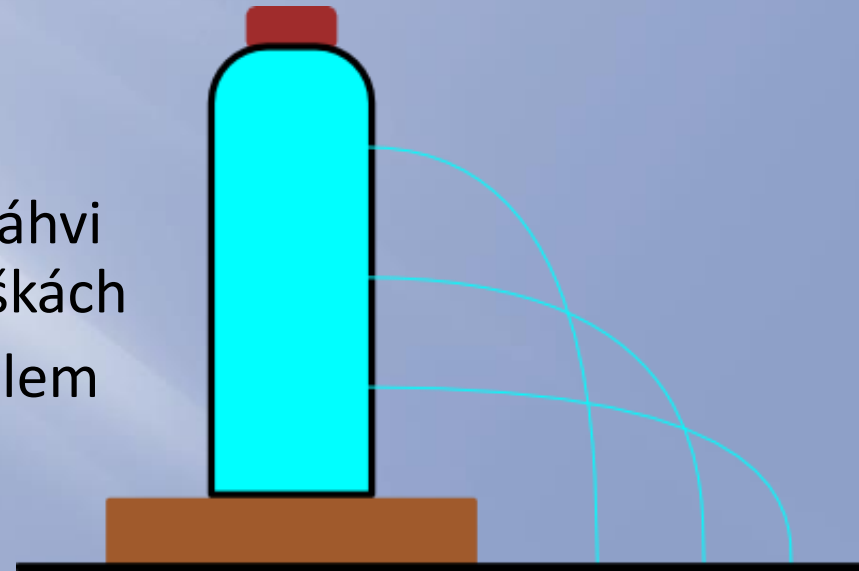
Pokus č.2A:

▣ pomůcky:

- plastová láhev, špendlík, voda

▣ postup:

- špendlíkem propíchneme v láhvi několik otvorů v různých výškách
- nad širší nádobou či umyvadlem do láhve nalijeme vodu



▣ výsledek pokusu:

- **VODA VYTÉKÁ ZE VŠECH OTVORŮ KOLMO KE STĚŇĚ LÁHVE, tj. voda tlačí i kolmo na stěny láhve (nejen svisle dolů)**

Pokus č.2B:

▣ pomůcky:

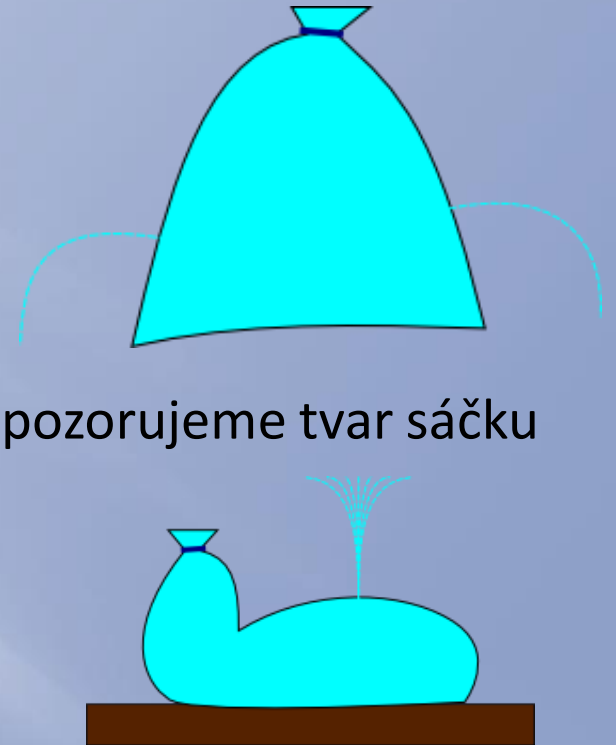
- mikrotenový sáček, špendlík, voda

▣ postup:

- do sáčku nalijeme vodu, uzavřeme ho a pozorujeme tvar sáčku
- poté do sáčku uděláme malý otvor špendlíkem

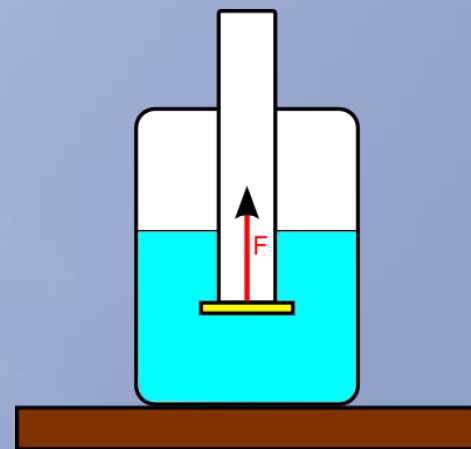
▣ výsledek pokusu:

- nejprve pozorujeme, že sáček se zaoblí, což je způsobeno **tlakovou silou vody na stěny sáčku**
- v místě otvoru v sáčku voda vystřikuje **kolmo ke stěně sáčku** a to i při jakékoli změně tvaru sáčku, dokonce i nahoru



Pokus č.3:

- ▣ pomůcky:
 - kádinka, trubička, destička na provázku, voda
- ▣ postup:
 - k dolnímu okraji trubičky přitiskneme destičku a uvolníme ji
 - nyní trubičku s destičkou ponoříme do vody a opět ji uvolníme
- ▣ výsledek pokusu:
 - ve vzduchu destička od trubičky odpadne
 - **VE VODĚ DESTIČKA NEODPADNE, i když ji nedržíme rukou**
 - **kapalina v nádobě působí tlakovou silou kolmo i na plochy ponořené v kapalině**



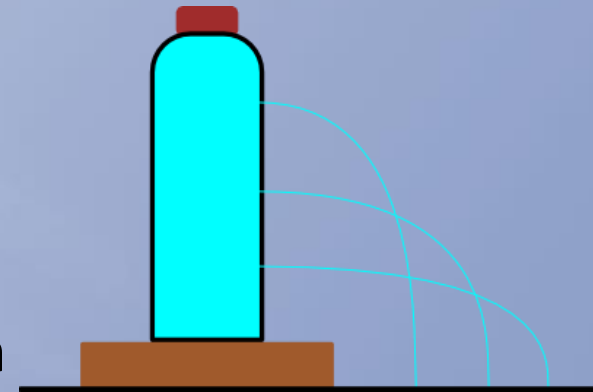
Shrnutí pokusů:

- ▣ V důsledku působení gravitační síly Země působí kapalina v nádobě v klidu tlakovou silou kolmo:
 - NA DNO NÁDOBY
 - NA STĚNY NÁDOBY
 - NA PLOCHY PONOŘENÉ V KAPALINĚ

Na čem tlaková síla závisí?

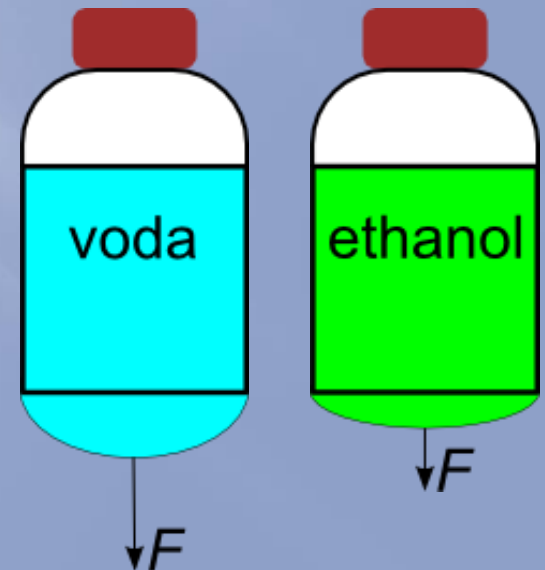
▣ ZPĚT K POKUSU č.2A:

- Ze kterého otvoru vytéká voda nejprudčeji?
- čím je otvor hlouběji pod hladinou, tím prudčeji z něj voda vytéká



▣ ZPĚT K POKUSU č.1:

- Místo vody nalijeme do láhve do stejné výšky kapalinu o menší hustotě, např. ethanol.
- zjistíme, že blána se působením tlakové síly ethanolu prohne méně



Tlaková síla závisí:

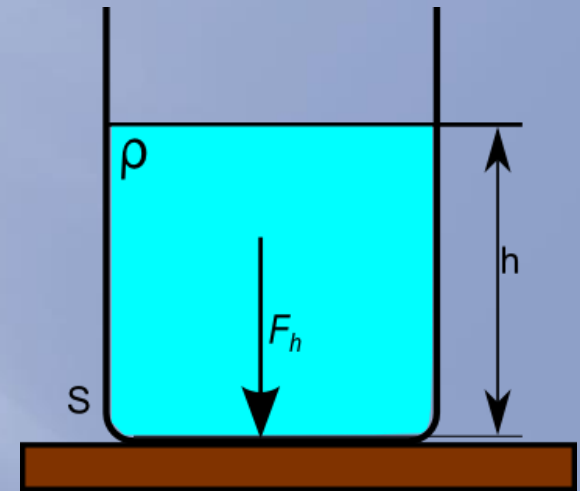
- ▣ NA HLOUBCE kapaliny h
 - roste se zvětšující se hloubkou
- ▣ NA HUSTOTĚ kapaliny ρ
 - roste se zvětšující se hustotou kapaliny

Odvození vztahu:

- ▣ Urči tlakovou sílu F vody na dno nádoby:
 - ▣ Tlaková síla F se rovná gravitační síle F_g , kterou Země působí na vodu v láhvi.

$$F_h = F_g = m \cdot g$$

- ▣ Využijeme vztahy:
 - ▣ hmotnost vody: $m = V \cdot \rho$
 - ▣ objem vody: $V = S \cdot h$



$$\square F_h = F_g = \underbrace{m}_{V \cdot \rho} \cdot g = \underbrace{V}_{S \cdot h} \cdot \rho \cdot g = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$$F_h = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

Tlaková síla závisí:

- ▣ NA HLOUBCE kapaliny h
 - roste se zvětšující se hloubkou
- ▣ NA HUSTOTĚ kapaliny ρ
 - roste se zvětšující se hustotou kapaliny
- ▣ NA OBSAHU PLOCHY, na kterou působí S
 - roste se zvětšujícím se obsahem

Účinky gravitační síly Země na kapalinu



- ▣ V důsledku působení gravitační síly Země působí kapalina v nádobě v klidu tlakovou silou kolmo:
 - NA DNO NÁDOBY
 - NA STĚNY NÁDOBY
 - NA PLOCHY PONOŘENÉ V KAPALINĚ



Tlaková síla závisí:

- ▣ NA HLOUBCE kapaliny h
 - roste se zvětšující se hloubkou

- ▣ NA HUSTOTĚ kapaliny ρ
 - roste se zvětšující se hustotou kapaliny

- ▣ NA OBSAHU PLOCHY, na kterou působí S
 - roste se zvětšujícím se obsahem



Tlakovou sílu v kapalině vypočteme podle vzorce:

$$F = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

S – obsah plochy (m^2)

h – hloubka (m)

ρ – hustota kapaliny (kg/m^3)

g – gravitační zrychlení (na Zemi $g = 10 \text{ N/kg}$)



Vzorový příklad:

▣ Zadání:

- ▣ Jak velkou tlakovou silou působí voda na dno nádoby, jestliže obsah dna je 50 cm^2 a výška sloupce vody ode dna je 20 cm .

▣ Řešení:

$$S = 50 \text{ cm}^2 = 0,005 \text{ m}^2$$

$$h = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$\underline{F = ? \text{ (N)}}$$

$$F = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$$F = (0,005 \cdot 0,2 \cdot 1\,000 \cdot 10) \text{ N} = 10 \text{ N}$$

Voda působí na dno nádoby silou 10 N .

Pozor na správné jednotky!

Otázky a úlohy:

1. Ve které nádobě bude tlaková síla vody na dno **VĚTŠÍ** a proč?
 - a) Dvě nádoby, z nichž jedna má obsah dna třikrát větší než druhá, jsou naplněny vodou do stejné výšky od dna.
Odpověď: V nádobě s větším obsahem dna.
 - b) Dvě nádoby se stejným obsahem dna jsou naplněny vodou, každá do jiné výšky.
Odpověď: V nádobě naplněné do větší výšky.
 - c) Dvě nádoby se stejným obsahem dna jsou naplněny kapalinami s různými hustotami (např. vodou a lihem).
Odpověď: V nádobě s kapalinou o větší hustotě.

Otázky a úlohy:

2. Poklop ponorky je v hloubce 40 m pod hladinou moře. Poklop má obsah $0,70 \text{ m}^2$. Jak velkou tlakovou silou působí mořská voda na tento poklop. Hustota mořské vody je $1\,025 \text{ kg/m}^3$.

Řešení:

$$h = 40 \text{ m}$$

$$S = 0,70 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1\,025 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$\underline{F = ? \text{ (N)}}$$

$$F = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

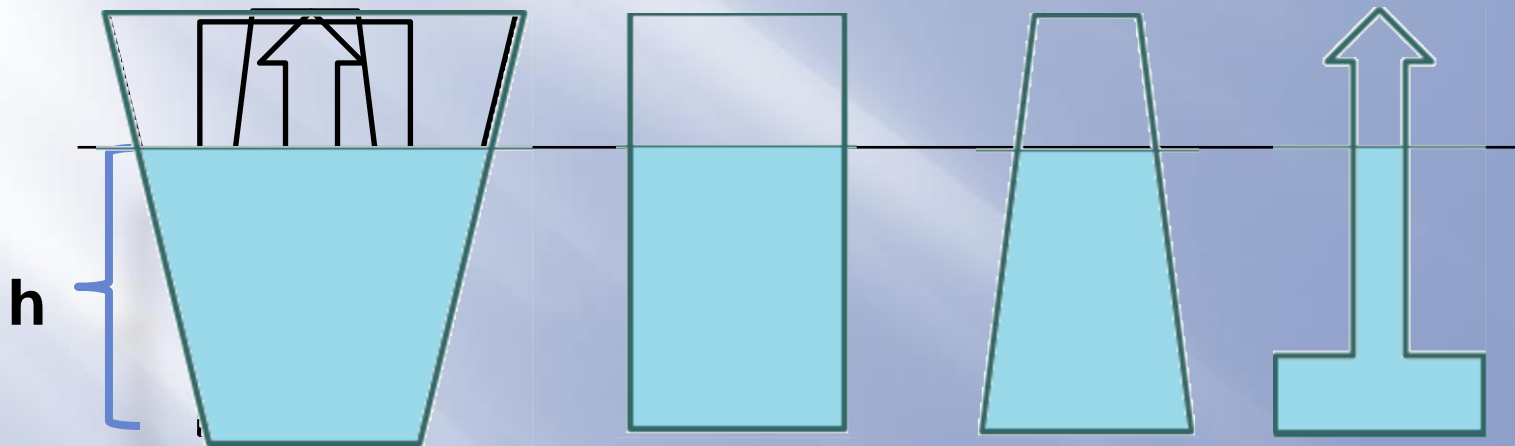
$$F = (0,70 \cdot 40 \cdot 1025 \cdot 10) \text{ N}$$

$$F = 287\,000 \text{ N} = 287 \text{ kN}$$

Voda působí na poklop silou 287 kN.

Hydrostatický paradox

4 různé nádoby



Mají stejný obsah dna: $S_1 = S_2 = S_3 = S_4$

Do všech nalijeme vodu: $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4$

Nalijeme ji do stejné výšky: $h_1 = h_2 = h_3 = h_4$

$$F = S \cdot h \cdot \rho \cdot g$$

$F_1 = S_1 \cdot h_1 \cdot \rho_1 \cdot g$

$F_4 = S_4 \cdot h_4 \cdot \rho_4 \cdot g$

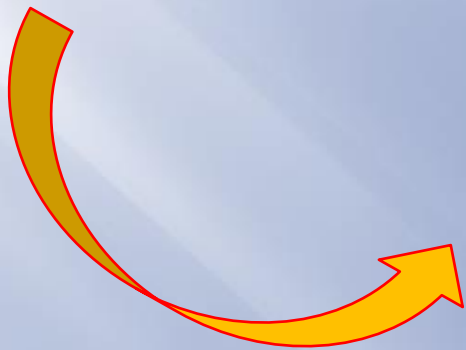
$F_2 = S_2 \cdot h_2 \cdot \rho_2 \cdot g$

$F_3 = S_3 \cdot h_3 \cdot \rho_3 \cdot g$

dosadíme stejná čísla, vyjdou stejné hodnoty hydrostatické tlakové síly

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$

- ▣ různé tvary nádob se stejnou velikostí dna
- ▣ stejná kapalina
- ▣ stejná výška kapaliny

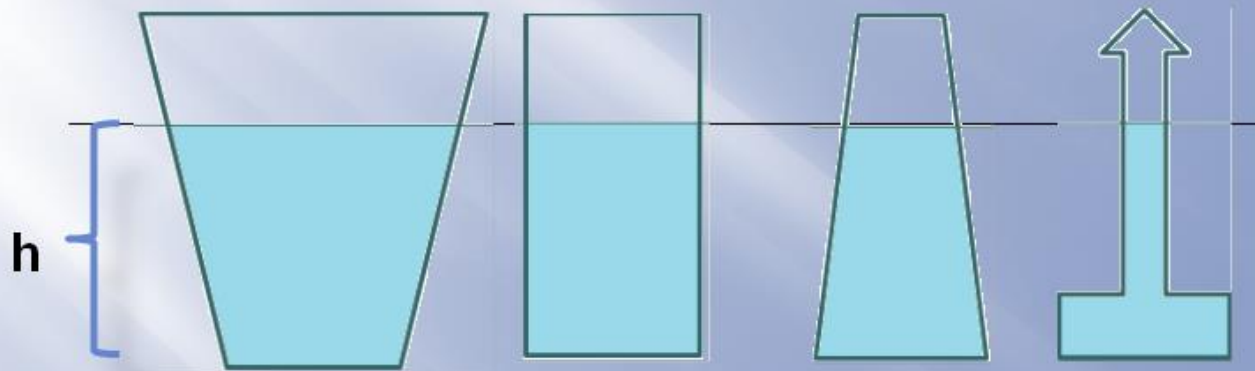


kapalina působí na dno stejnou silou!

Hydrostatický paradox



4 různé nádoby



Mají stejný obsah dna: $S_1 = S_2 = S_3 = S_4$

Do všech nalijeme stejnou kapalinu: $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4$

Nalijeme ji do stejné výšky: $h_1 = h_2 = h_3 = h_4$

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$

kapalina působí na
dno stejnou silou!



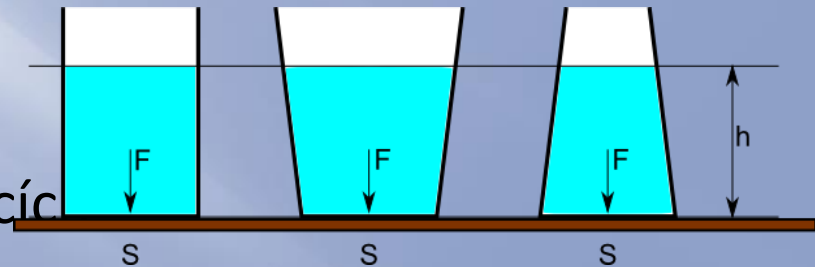
Otázky a úlohy:

2. Ve třech sklenicích o stejném obsahu dna ale jiném tvaru, je nalita voda do stejné výšky. Odpovědi vždy zdůvodni.

a) Jsou hmotnosti vody ve sklenicích stejné nebo různé?

b) Jsou velikosti gravitačních sil působících na vodu ve sklenicích stejné nebo různé?

c) Jsou velikosti hydrostatických tlakových sil, kterými působí voda na dna sklenic, stejné nebo různé?



Otázky a úlohy:

3. Tři nádoby mají stejný obsah dna.
- a) Ve které z nádob je hydrostatická tlaková síla působící na dno nádoby právě rovna gravitační síle Země působící na kapalinu v nádobě.
 - b) Ve které nádobě je gravitační síla, kterou působí Země na kapalinu, větší (menší) než hydrostatická tlaková síla kapaliny na dno?

