

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ

Предметен наставник: Вон. Проф. Д-р ВИОЛЕТА ЃЕШОВСКА



МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ

I ГЛАВА

Физички карактеристики на флуидите

II ГЛАВА

Мирување на флуидите

III ГЛАВА

Кинематика на флуидите

IV ГЛАВА

Динамика на флуидите

V ГЛАВА

Режим на течење и отпори

VI ГЛАВА

Мерење на флуидните текови

VII ГЛАВА

Стационарно течење во системи под притисок

VIII ГЛАВА

Стационарно течење во отворени текови
предавања

IX ГЛАВА

Хидрауличка сличност

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ



Професор: **Д-р Виолета Ѓешовска**

Соработници: **Бојан Илиоски,**

Александар Божинов,

Валерија Станоевска,

Литература: Поповска Цветанка,(2016),

Механика на флуиди,

Градежен факултет-Скопје

www.gf.ukim.edu.mk/khhuv предмети:механика на флуиди

НАЧИН НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА НАСТАВАТА И НАЧИН НА ОЦЕНУВАЊЕ

1

Присуството на наставата е
статутарна обврска
истата директно не се оценува

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

НАЧИН НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА НАСТАВАТА И НАЧИН НА ОЦЕНУВАЊЕ

2

Во рамки на часовите за вежби се
изработуваат 5 задачи

*секоја задача се оценува со 2 поени ($5 \times 2 = 10$)
во завршната оцена учествуваат со 10%*

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

НАЧИН НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА НАСТАВАТА И НАЧИН НА ОЦЕНУВАЊЕ

3

Во тек на семестарот се предвидени
3 колоквиуми (задачи+теорија)

*секоја колоквиум се оценува со 30 поени
(15x2=30), вкупно: 30x3=90 поени
во завршната оцена учествуваат со 90%*

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

НАЧИН НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА НАСТАВАТА И НАЧИН НА ОЦЕНУВАЊЕ

4

За потпис потребно е да се
предадат навремено сите задачи
*секоја задача мора да биде позитивно
оценета (2 поени)*

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

НАЧИН НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА НАСТАВАТА И НАЧИН НА ОЦЕНУВАЊЕ

5

За положување на испитот потребно е 50% од поените од колоквиумите односно 55 поени ($10+3 \times 15$)

секој колоквиум мора да биде положен мин. 50% од секој колоквиум

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

НАЧИН НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА НАСТАВАТА И НАЧИН НА ОЦЕНУВАЊЕ

6

Ако не ги полжи колоквиумите, може
да полага на испит (писмен, усен)

*со мин.50% од писмен испит
се полага усен испит*

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

НАЧИН НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА НАСТАВАТА И НАЧИН НА ОЦЕНУВАЊЕ

	Активност	Учество
A	Задачи од вежби	10%
	Колоквиуми	90%
B	Писмен испит	50%
	Завршен (усен) испит	50%

оцена	6 (шест)	7 (седум)	8 (осум)	9 (девет)	10 (десет)
Собрани поени	55÷65	66÷75	76÷85	86÷93	94÷100

Конечната оцена се формира на два начина:

A – полагање колоквиуми

B –полагање писмениот испит и усен испит

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

Дата	Предавања	Вежби
17.02.2020	Воведен час	
24.02.2020	I ГЛАВА Физички карактеристики на флуидите II ГЛАВА Мирување на флуидите III ГЛАВА Кинематика на флуидите	Објаснување-1 задача, работа на час
02.03.2020		објаснување-2 задача Предавање на 1 задача
09.03.2020		објаснување-2 задача, работа на час
16.03.2020		Предавање на 2 задача Подготовка за колоквиум
23.03.2020	Колоквиум 1	
30.03.2020	IV ГЛАВА Динамика на флуидите V ГЛАВА Режим на течење и отпори VI ГЛАВА Мерење на флуидните текови VII ГЛАВА Стационарно течење во системи под притисок	Објаснување на 3 задача
06.04.2020		Работа на час - 3 задача
13.04.2020		Објаснување на 4 задача
27.04.2020		Работа на час-4 задача Предавање на 4 задача Подготовка за колоквиум
04.05.2020	Колоквиум 2	
11.05.2020	VIII ГЛАВА Стационарно течење во отворени текови предавања IX ГЛАВА Хидрауличка сличност	Објаснување-5 задача
18.05.2020		Предавање на 5 задача Подготовка за колоквиум
по договор	Колоквиум 3	

ДИНАМИЧКИ ПЛАН НА ПРЕДАВАЊА И ВЕЖБИ

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ



ФИЗИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ФЛУИДИТЕ

Материјата се појавува во две состојби:

- Цврста состојба
- Флуидна (течна и гасовита) состојба

СЛОБОДА НА ДВИЖЕЊЕ НА МОЛЕКУЛИТЕ

ГАСОВИ

Најголема слобода на движење на молекулите

ФЛУИДИ

Помала слобода на движење на молекулите

ЦВРСТИ МАТЕРИИ

Многу мала слобода на движење на молекулите

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

МЕЃУМОЛЕКУЛАРНИ КОХЕЗИОНИ СИЛИ

ЦВРСТИ МАТЕРИИ

Големи меѓумолекуларни кохезиони сили

Компактност и
крутост на
формата

ФЛУИДИ

Помали меѓумолекуларни кохезиони сили

Слободно
движење
Определен
волумен

ГАСОВИ

Многу мали меѓумолекуларни кохезиони сили

Го исполнуваат
просторот

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ



ОСНОВНИ МЕРНИ ЕДИНИЦИ

Меѓународни систем на мерки (*International Unit Sistem-SI*)

ОСНОВНИ:

Маса

Должина

Време

Ознака: **M**

Ознака: **L**

Ознака: **T**

мерна
единица: **[kg]**

мерна
единица: **[m]**

мерна
единица: **[s]**



ОСНОВНИ МЕРНИ ЕДИНИЦИ

Меѓународни систем на мерки (*International Unit Sistem-SI*)

ИЗВЕДЕНИ:

сила

работа

снага

притисок

Ознака: **F**

Ознака: **A**

Ознака: **N**

Ознака: **p**

мерна
единица: **[N]**

мерна
единица: **[J]**

мерна
единица: **[W]**

мерна
единица: **[Pa]**

$$[N = \text{kgm/s}^2]$$

$$[J = \text{Nm} = \text{kgm}^2/\text{s}^2]$$

$$[W = \text{Nm/s} = \text{kgm}^2/\text{s}^3]$$

$$[Pa = \text{N/m}^2 = \text{kg/ms}^2]$$



ОСНОВНИ МЕРНИ ЕДИНИЦИ

Меѓународни систем на мерки (*International Unit Sistem-SI*)

ИЗВЕДЕНИ:

сила

Дефиниција: Силата е производ од маса и забрзување

$$\text{Nuwton: } F = Ma$$

маса m [kg]

забрзување a [m/s^2]

СИЛА [$N = kgm/s^2$]



ГУСТИНА

Содржина на маса од некоја материја во единица волумен

густина

течности

гасови

Ознака: ρ

$$\rho = m/V$$

$$\rho = p/RT$$

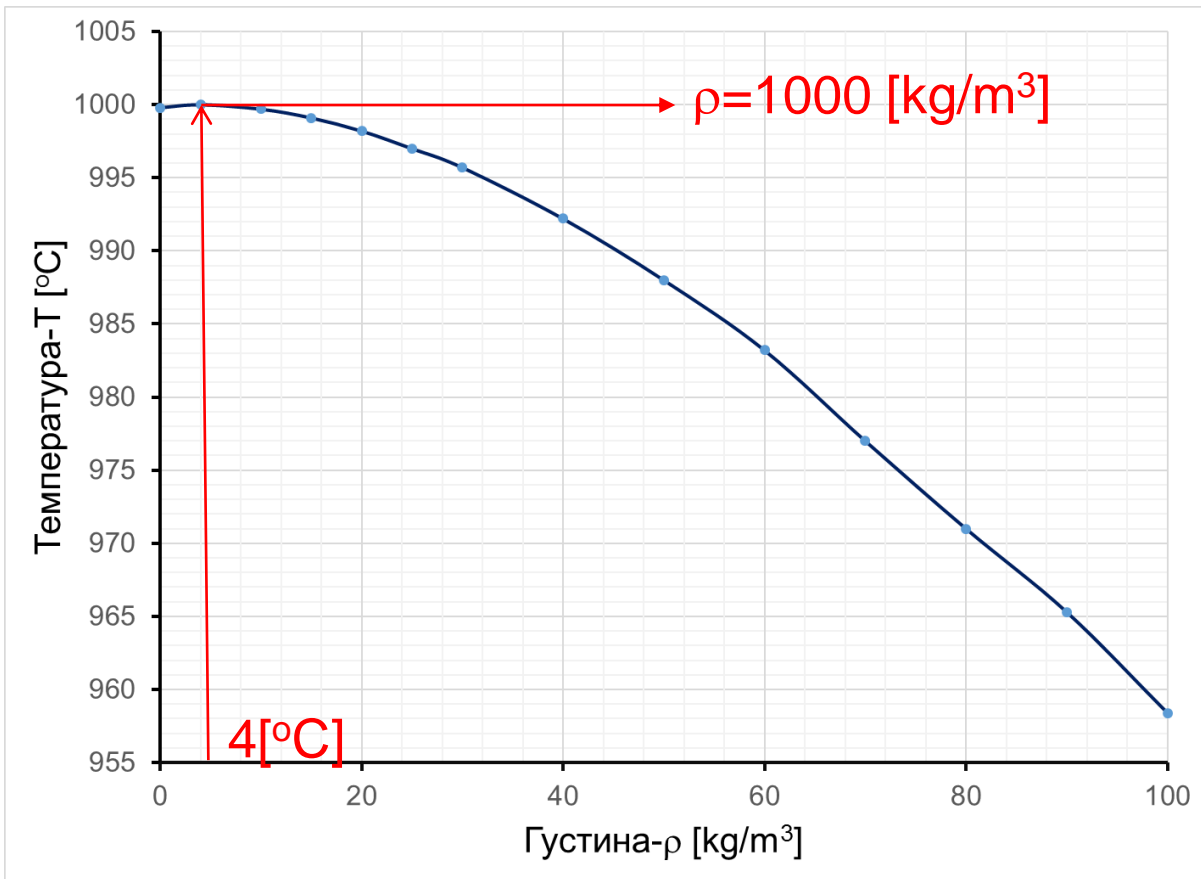
мерна
единица: $[\text{kg}/\text{m}^3]$

m-маса $[\text{kg}]$
V-волумен $[\text{m}^3]$

p-Притисок $[\text{Pa}]$
R-Гасова константа $[\text{J}/\text{kgK}]$
T-Температура $[\text{K}=273+^{\circ}\text{C}]$

Густината се намалува со зголемување на температурата

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ



Промена на густината на водата со промена на температурата



РЕЛАТИВНА ГУСТИНА

Однос на содржината на две различни маси во еднаков волумен

течности

вода
4 [°C]

$\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

гасови

водород
0 [°C], $\rho = 10^5 \text{ Pa}$

Релативна густина на вода: $\rho_{\text{жива}}/\rho_{\text{вода}} = 1000/1000 = 1,0$

Релативна густина на жива: $\rho_{\text{жива}}/\rho_{\text{вода}} = 13570/1000 = 13,57$

Релативна густина на масло: $\rho_{\text{масло}}/\rho_{\text{вода}} = 750/1000 = 0,75$



СПЕЦИФИЧНА ТЕЖИНА

Содржина на тежината изразена како сила во единица волумен

$$\gamma = F_g/V = Mg/V = \rho Vg/V = \rho g$$

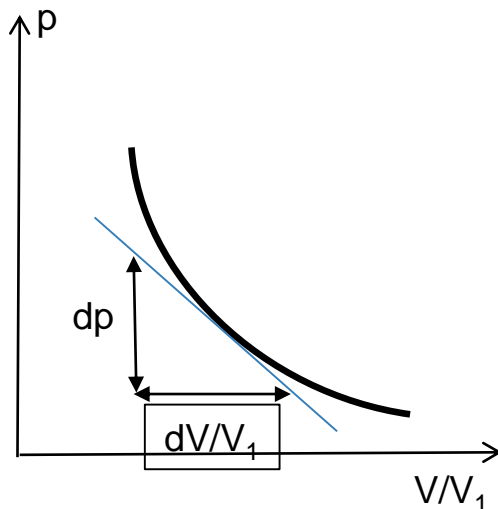
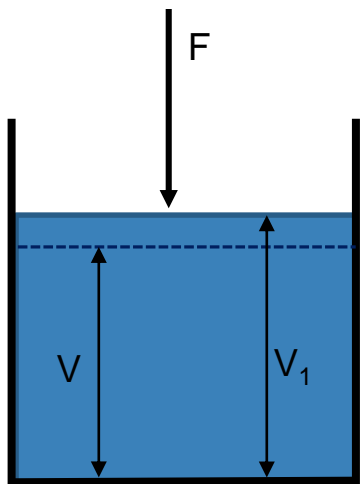
Мерна единица: $[kg/m^3][m/s^2] = [kgm/m^3/s] = [N/m^3]$

За вода: $\gamma = 1000 \cdot 9.81 = 9810 [N/m^3]$



СТИСЛИВОСТ, ЕЛАСТИЧНОСТ

Флуидите под дејство на силите од притисок го менуваат волуменот
Односно, се однесуваат стисливо или еластично



$$K = -\frac{dp}{dV/V_1} \quad \text{Модул на стисливост}$$

(dp)-елементарна промена на притисокот
(dV/V₁)-релативна промена на волуменот

$$M = \rho V = \text{const}$$

$$dM = \rho dV + V d\rho$$

$$K = \frac{dp}{d\rho/\rho}$$

Стисливи флуиди-гасовите
Нестисливи флуиди-течностите



СТИСЛИВОСТ, ЕЛАСТИЧНОСТ

Стисливи флуиди-гасовите
Нестисливи флуиди-течностите

Течностите се третираат како стисливи само во исклучителни случаи

Пр.при проучување на хидраулички удар

брзина на пренесување на звукот низ хомогени средини (СОНИЧНА БРЗИНА)

$$a = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}} = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

Стисливоста се занемарува во случаи кога брзината на пренесување на звукот е голема, а струјниот простор мал

a=335 m/s пренесување на звукот низ воздух

a=1440 m/s пренесување на звукот низ вода

Ако гасот се движи со брзина помала од

брзина на звукот, стисливоста се занемарува и гасот се проучува како да е течност

$M_a = V/a$ -МАЧОВ БРОЈ

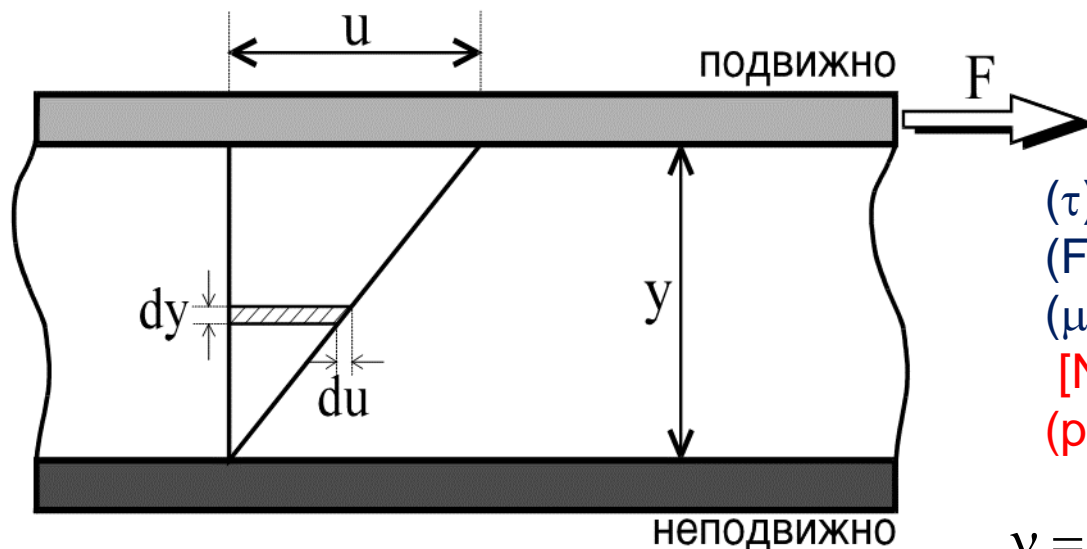
$M_a < 1$ -Движењето е СУБСОНИЧНО

$M_a > 1$ -Движењето е СУПЕРСОНИЧНО

$M_a = 0$, $M_a < 0,3$ -СТИСЛИВОСТА МОЖЕ ДА СЕ ЗАНЕМАРИ



Флуидните честички лепејќи се за цврстите површини ја губат брзината



$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad \mu = \frac{\tau}{du/dy}$$

(τ)-напрегањето [Pa]

(F)-силата, (A)-површината, ($\tau=F/A$),

(μ) е апсолутна/динамичка вискозност

$$[\text{N/m}^2]/[\text{m/s}]/[\text{m}]=[\text{Pa}\cdot\text{s}]$$

(poise= $10^{-1}\text{Pa}\cdot\text{s}$)

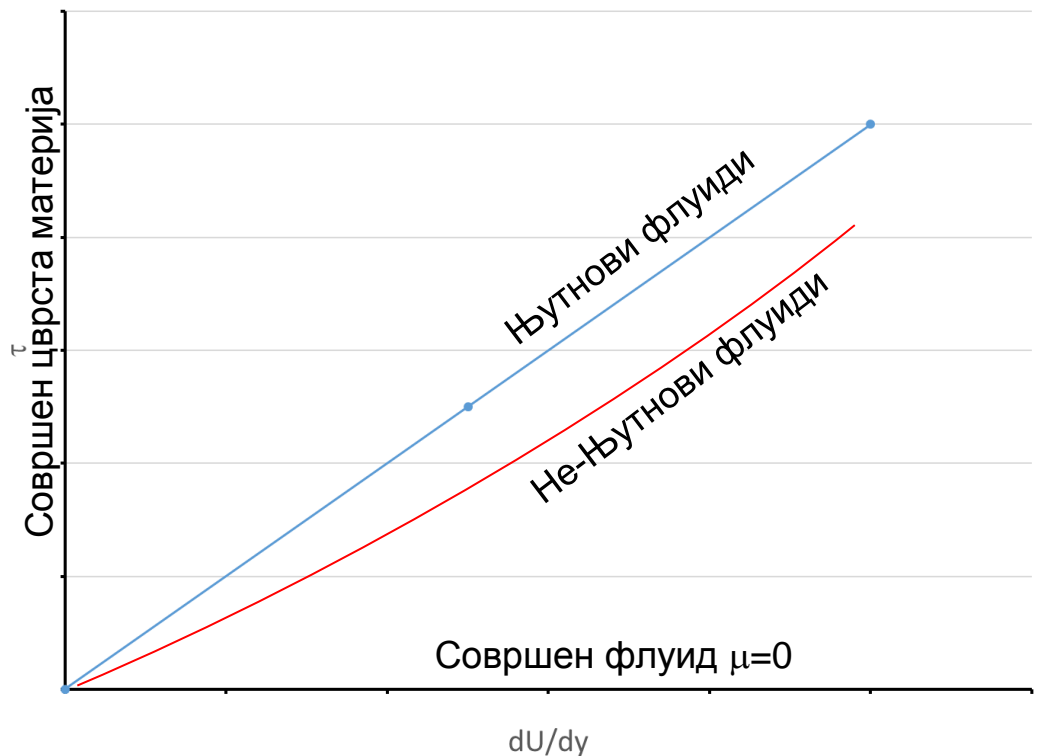
$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\nu)\text{- кинематската вискозност}$$

$$[\text{Pa}\cdot\text{s}]/[\text{kg/m}^3]=[\text{m}^2/\text{s}]$$

(stokes= $10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$)



ВИСКОЗИТЕТ



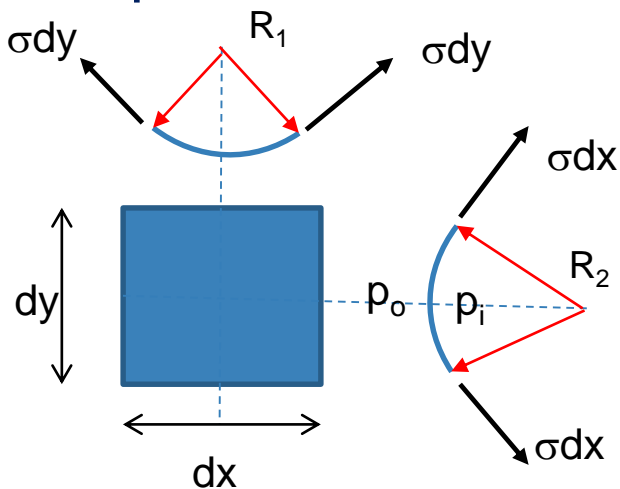
($\mu=\text{const}$)-ЊУТНОВИ флуиди
($\mu\neq\text{const}$) се НЕ-ЊУТНОВИ
и тогаш напрегањата
се определуваат:

$$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^n \quad \mu = k \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}$$

(k) е коефициент на пропорционалност,
(n) е експонент
($n>1$) за флуиди со големо внатрешно
триење,
($n<1$) за флуиди со
мало внатрешно триење



ПОВРШИНСКИ НАПОН

Површински напон: σ [N/m²]

$$(p_i - p_o) dx dy = 2\sigma dy \sin \theta_x + 2\sigma dx \sin \theta_y$$

$$\begin{aligned} (\sin \theta_x &= dx/2R_1) \\ (\sin \theta_y &= dy/2R_2) \end{aligned}$$

$$(p_i - p_o) = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

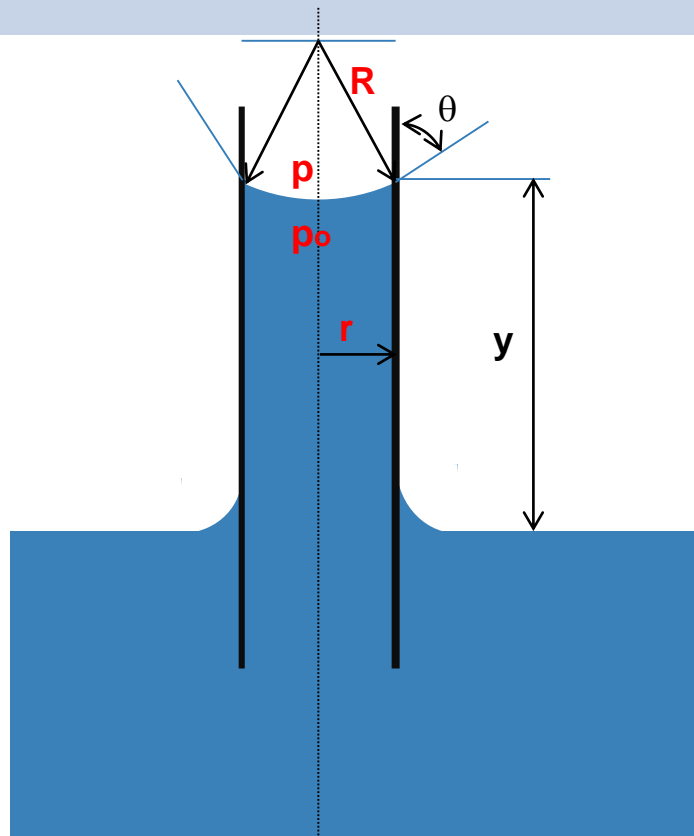
$$\begin{aligned} (R_1 &= R_2 = R), \\ (\sin \theta &= r/R), \\ (p_i &= 0) \\ (p_o &= -\rho g y). \end{aligned}$$

$$y = \frac{2\sigma \sin \theta}{\rho g r}$$



ПОВРШИНСКИ НАПОН

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ

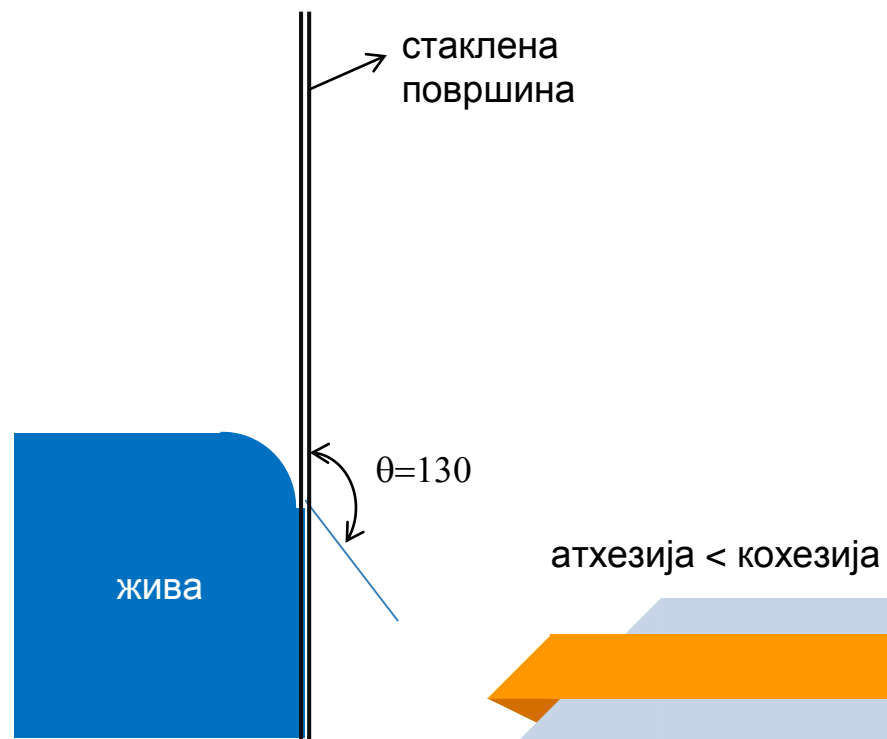


$$\sin \theta = \frac{r}{R}$$

$$y = \frac{2\sigma}{\rho g R} = \frac{2\sigma \sin \theta}{\rho g r} = \frac{4\sigma \sin \theta}{\rho g d}$$



ПОВРШИНСКИ НАПОН





МИРУВАЊЕ НА ФЛУИДИТЕ ПРИТИСОК

Делот од Механика на флуиди кој ги изучува состојбите на мирување се нарекува СТАТИКА или ХИДРОСТАТИКА НА ФЛУИДИТЕ

Хидростатиката е состојба на флуидите без:

- релативно движење на флуидните честички,
- брзина и градиент на брзината,
- тангенцијални напрегања.

Во состојба на мирување ВИСКОЗИТЕТОТ нема никакво влијание

СИЛИ КОИ ДЕЛУВААТ НА ФЛУИДИТЕ

ВОЛУМЕНСКИ

СИЛИ ОД ТЕЖИНАТА

ПОВРШИНСКИ

СИЛИ ОД ПРИТИСОК

ИНЕРЦИЈАЛНИ

СИЛИ КОИ СЕ РЕЗУЛТАТ НА
ДВИЖЕЊЕТО НА ФЛУИДИТЕ

**МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ**

ВОЛУМЕНСКИ

СИЛИ ОД ТЕЖИНАТА

Согласно Newton-овиот закон, силата од тежина се определува како производ од елементарна маса и забрзување од гравитација

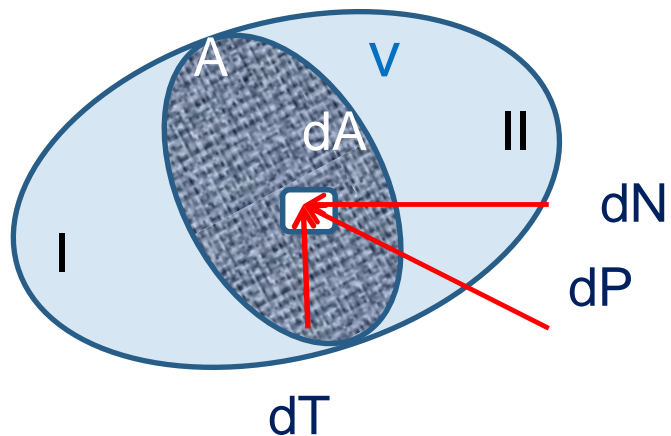
$$dF = dM \cdot g$$

$$dM = \rho dV$$

$$dF = \rho dV \cdot g$$

ПОВРШНСКИ

СИЛИ ОД ПРИТИСОК



$$dA \rightarrow 0$$

dN/dA \rightarrow нормално напрегање

dT/dA \rightarrow тангенцијално напрегање

Тангенцијалните напрегања во состојба на мирување се во меѓусебна рамнотежа, нема лизгање на флуидните честички, флуидот се однесува како идеален флуид

Нормалното напрегање во внатрешноста на флуидот може да биде само ПРИТИСОКОТ

ПОВРШНСКИ

СИЛИ ОД ПРИТИСОК

ПРИТИСОКОТ е сила која делува на единица површина

$$p = dP / dA \quad [Pa=N/m^2]$$

ЕЛЕМЕНТАРНАТА СИЛА ОД ПРИТИСОКОТ се определува:

$$dP = p \cdot dA \quad [N]$$

ПОВРШИНСКИ

СИЛИ ОД ПРИТИСОК

ПОВРШИНСКИТЕ СИЛИ=СИЛИ ОД ПРИТИСОК

Во флуидот постои притисок и во состојба на мирување и во состојба на движење

Основни својства на притисокот во состојба на мирување (СТАТИЧКИ ПРИТИСОК):

- Секојпат е нормален на површината,
- Има иста вредност во една точка без разлика каква е површината

ПРИТИСОК / СИЛА ОД ПРИТИСОК

ПРИТИСОКОТ е сила која делува на единица површина

$$p = P / A \quad [\text{Pa}=\text{N}/\text{m}^2]$$

СИЛА ОД ПРИТИСОКОТ се определува:

$$P = p \cdot A \quad [\text{N}]$$

Во Меѓународниот систем на мерки како единица за притисок се користи:

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 10^2 \text{ Pa}$$

Атмосферскиот притисок на морската површина=Нормален атмосферски притисок

МЕХАНИКА НА
ФЛУИДИ

$$p_{\text{at}}=p_0=101\,325 \text{ Pa}=101 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{at}}=p_0=760 \text{ mmHg}=10.3 \text{ mH}_2\text{O}$$

ИНТЕГРИРАЊЕ НА ОСНОВНИ РАВЕНКИ

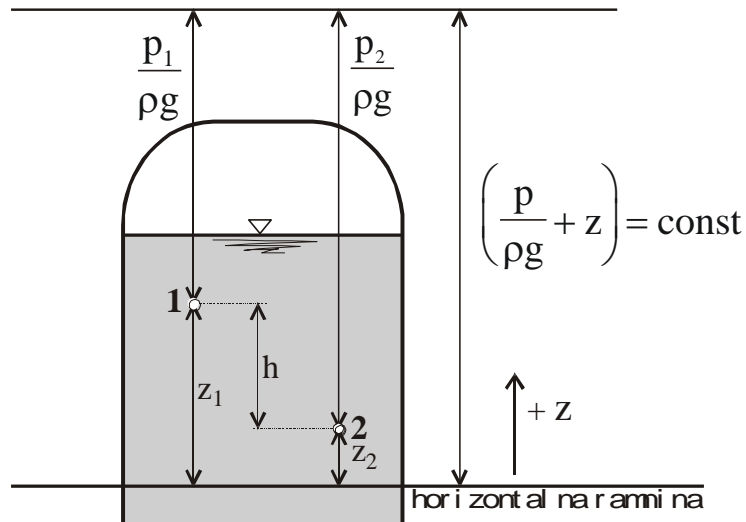
$$Xdx + Ydy + Zdz = \frac{1}{\rho} dp$$

($X=0$), ($Y=0$) и ($Z=-g$)

$$dp = -\rho g dz$$

$$\int_{p_1}^{p_2} dp = -\rho g \int_{z_1}^{z_2} dz$$

$$p_2 - p_1 = \rho g(z_1 - z_2) = \rho gh$$



$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 = \text{const}$$

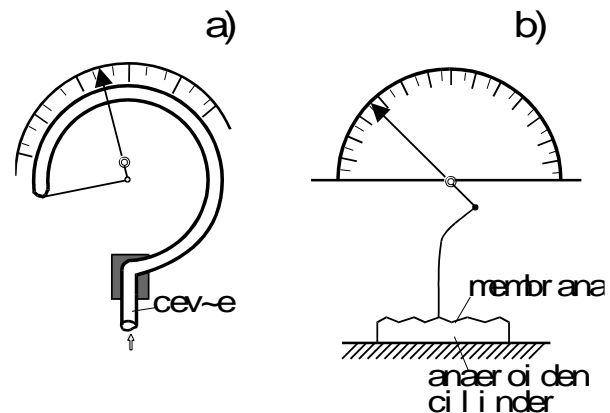
$$p = p_o + \rho gh$$

МЕРЕЊЕ НА ПРИТИСОКОТ

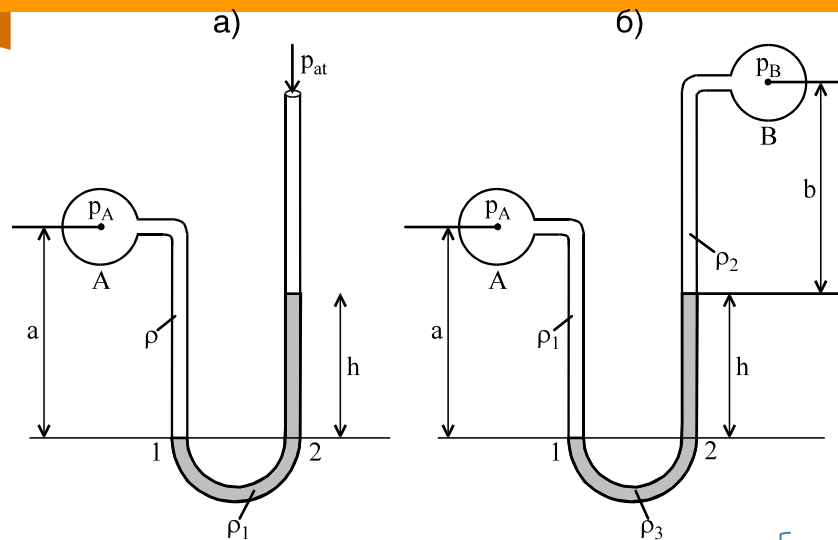
Притисокот се мери со манометри

Манометрите може да бидат:

- Мехнички
- Течносни



МЕРЕЊЕ НА ПРИТИСОКОТ



$$p_1 = p_2 \begin{cases} p_1 = p_A + \rho g \cdot a \\ p_2 = p_{at} + \rho_1 g \cdot h \end{cases}$$

$$p_A = p_{at} + \rho_1 g \cdot h - \rho g \cdot a$$

$$p_1 = p_2 \begin{cases} p_1 = p_A + \rho_1 g \cdot a \\ p_2 = p_B + \rho_2 g \cdot b + \rho_3 g \cdot h \end{cases}$$

$$p_A - p_B = \rho_2 g \cdot b + \rho_3 g \cdot h - \rho_1 g \cdot a$$