

## 1. Шта су флуиди?

флуид се данас сматра супстанца која се континуално деформише под дејством тангенцијалног напона било ког интензитета

## 2. Који се основни модели флуида проучавају?

Основни модели флуида:

- миран флуид
- нестишљив флуид
- идеалан флуид
- стишљив флуид
- реалан флуид

## 3. Који струјни режими постоје?

3 струјна режима:

- ламинаран
- турбулентан
- прелазан

## 4. Које врсте струјања према струјној слици разликујемо?

4 врсте струјања:

- Једнодимензионална
- Раванско
- Осно-симетрично
- Струјање са обртним координатама

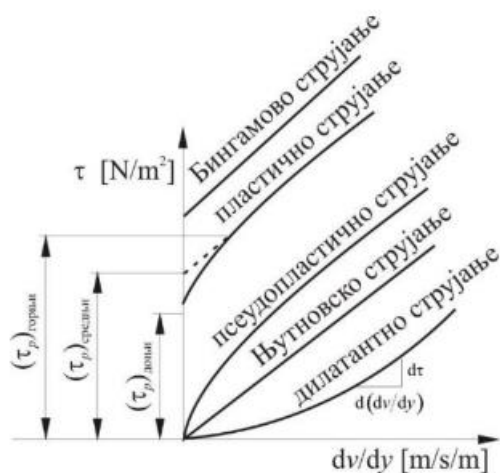
## 5. Како се дели флуиди на основу реолошке класификације?

На Њутновске флуиде и Нењутновски флуиди

## 6. Како се понашају њутновски флуиди?

Њутонски флуиди су класа флуида који се понашају према Њутоновом закону вискозности. Они показују линеарну везу између тангенцијалног напона (силе по јединици површине, који влада на додирним површинама слојева или флуида и чврсте граничне површине) и градијентне брзине

## 7. Скицирати моделе струјног понашања.



Модел струјног понашања и профил брзине

## 8. Шта су стационарна и нестационарна струја?

Струјни процес је везан за неки временски интервал, па треба разликовати:

- стационарну струју; независност свих струјних параметара од времена;
- нестационарну струју; неки од струјних параметара зависе од времена, нпр.  $v=f(x, y, z, t)$ .

## 9. Који се основни закони користе у механици флуида?

Закон одржања масе

Три Њутнова закона

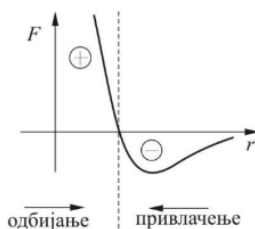
Први закон термодинамике (Закон о одржању енергије)

Веза између притиска и густине

### 1.,2. и 3.

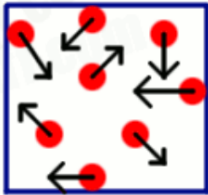
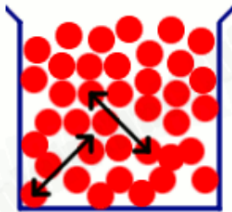
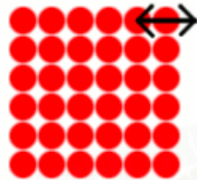
Флуиди су састављени из елементарних честица (молекула и атома), пречника реда  $d \approx 10^{-10}$  m. За грађу материје од битног утицаја су само два стања ових честица:

- Честице су далеко једна од друге, густина је довољно мала и честице врше стохастичко (хаотично – Брауново, за гасове) кретање. Дужина слободне путање за ваздух под нормалним условима је  $l \approx 10^{-7}$  m, средња брзина молекула износи 500 m/s.
- Честице су релативно близу једна другој, густина је довољно велика и постоји узајамни утицај честица. Делују међумолекуларне (Вандервалсове силе) на растојању од око  $10d \approx 10^{-9}$  m. (слика 2.1).



Слика 2.1 Међумолекуларна сила  $F$  којом честица делује на другу честицу у зависности од њиховог

### 4. Објаснити агрегатна стања на основу два стања елементарних честица.

ГАС	ТЕЧНОСТ	ЧВРСТО ТЕЛО
<p>1. превладава 2.</p> <p>Хаотично кретање</p> 	<p>1. и 2. су равноправна</p> <p>Кретање и под утицајем суседних молекула</p> 	<p>2. превладава 1.</p> <p>Међумолекуларне силе везују честице на једно место, нпр. кристална решетка</p> 

### Подела физичких својстава

#### • Механичка:

- густина  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>],
- притисак  $p$  [Pa], [bar]

#### • Термичка:

- температура  $t$  [°C],  $T$  [K]
- унутрашња енергија  $u$  [J/kg],
- енталпија  $h$  [J/kg],
- специфична топлота  $c$  [J/kg]

#### • Узрокована:

- вискозност  $\eta$  [Pa·s],  $\nu$  [m<sup>2</sup>/s]
- стишљивост  $s$  [Pa<sup>-1</sup>],  $\varepsilon$  [Pa]
- површински напон  $\gamma$  [N/m]
- напон паре  $p_k$  [Pa],
- топлотно ширење  $\beta$  [1/°C],
- кавитација  $\kappa$  [-],
- брзина звука  $c$  [m/s].

### 5.,6.,7.и 8.

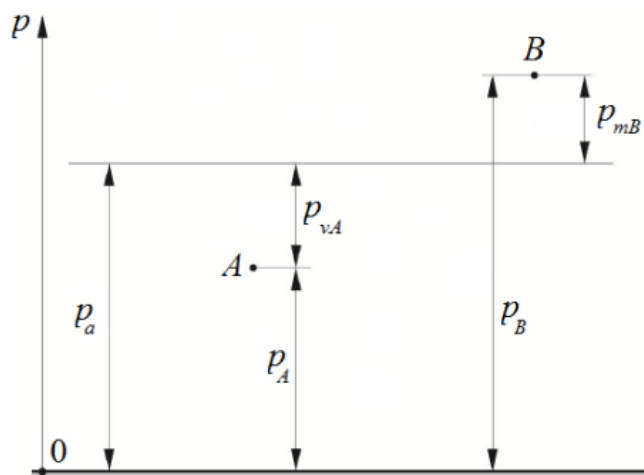
### 9. Каква је притисак величина, како се означава и којим јединицама се представља?

Притисак је скалар и представља једно од својстава флуида везаних за једну тачку. Означава се са  $p$  и има димензију  $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ , у употреби је  $\text{bar}$  ( $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ )

### 10. У зависности од мерења какав притисак може бити? Скица и формуле за везу различито мерених притисака

Притисак који нас окружује назива се **атмосферски притисак**  $p_a$ , а настаје услед тежине Земљине атмосфере. Атмосферски притисак се менja са вишином, где са порастом висине атмосферски притисак опада.

Када се притисак мери од нуле тада говоримо о **апсолутном притиску**, а када се мери од атмосферског тада говоримо о **релативном притиску**. Релативни притисак може бити **манометарски** (надпритисак) или **вакууметарски** (подпритисак), *слика 1*.



*Слика 1. Релативни и апсолутни притисци*

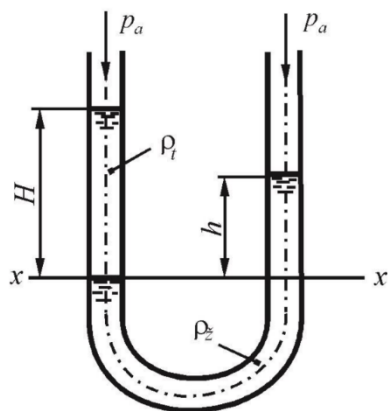
Разлика атмосферског притиска и вакууметарског притиска или збир атмосферског притиска и надпритиска једнаки су апсолутном притиску:

$$p_A = p_a - p_{vA}$$

$$p_B = p_a + p_{mB}$$

### 11. Навести уређаје за мерење притиска.

Манометар са Бурдоновом цијеви и У цијеви за **мјерење релативног притиска**, а **анероидни барометар за апсолутни притисак** и **живин барометар** којим се одређује апсолутни притисак



$$p_a + \rho_t g H = p_a + \rho_z g h$$

12. Скицирати “U” цев у којој се налазе два флуида и извести везу између густина и висина стубова флуида.

### 13. Како је дефинисана густина?

Густина је дефинисана као маса по јединици запремине, димензија је  $\text{kg/m}^3$ .

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV} \left[ \text{kg/m}^3 \right]$$

### 14. Ако имамо смешу два флуида познатих запремина и густина, одредити густину смеше.

$$\begin{aligned} m_s &= m_1 + m_2 \\ \rho_s V_s &= \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 \\ \rho_s &= \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_s} \end{aligned}$$

### 15. Шта је релативна густина гасова, а шта релативна густина течности? Када течност плива на води?

$$d_{\text{gas}} = \frac{\rho_{\text{gas}}}{\rho_{\text{vazduh}}}$$

где су:

$d_{\text{gas}}$  - релативна густина гаса [-]

$\rho_{\text{gas}}$  - густина гаса [ $\text{kg/m}^3$ ]

$\rho_{\text{vazduh}}$  - густина ваздуха [ $\text{kg/m}^3$ ];

$$d_{\text{tecnost}} = \frac{\rho_{\text{tecnost}}}{\rho_{\text{voda}}}$$

где су:

$d_{\text{gas}}$  - релативна густина течности [-]

$\rho_{\text{tecnost}}$  - густина течности [ $\text{kg/m}^3$ ]

$\rho_{\text{voda}}$  - густина воде [ $\text{kg/m}^3$ ].

Када је релативна густина течности мања од 1, течност плива на води. Ређи флуиди пливају над гушћим флуидима

### 16. Од чега зависи густина течности?

Густина течности зависи од температуре и може да се одреди из израза

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \beta(t - 20)}$$

где су:

$\rho_t$  - густина течности на температури  $t$  [ $\text{kg/m}^3$ ]

$\rho_{20}$  - густина течности на температури од  $20^\circ\text{C}$  и

$\beta$  - коефицијент топлотног ширења [ $1/^\circ\text{C}$ ].

### 17. Из које једначине се одређује густина идеалног гаса? Приказати једначину и дефинисати све величине у њој.

Густина идеалног гаса одређује се из једначине стања идеалног гаса:

$$\frac{p}{\rho} = RT$$

где су:

$p$  - притисак [Pa]

$\rho$  - густина [ $\text{kg/m}^3$ ]

$R$  - специфична гасна константа [ $\text{J/kgK}$ ]

$T$  - термодинамичка температура [K].

### 18. Како гласи једначина стања реалног гаса? Приказати једначину и дефинисати све величине у њој.

$$p = Z \rho RT$$

где је  $Z$  фактор компресибилности (стишљивости) и представља функцију од притиска и температуре

### 19. Од чега зависи фактор компресибилности?

Представља функцију од притиска и температуре ( $Z=Z(p,T)$ ). Ово одступање је све веће што је притисак виши и температура нижа

**20. Како се одређује густина мешавине гасова.**  
Приказати једначину и дефинисати све величине у њој

Густина мешавине гасова одређује се из израза

$$\rho_m = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \rho_i}{\sum_{i=1}^n r_i},$$

где су:

$\rho_m$  - густина мешавине гасова [kg/m<sup>3</sup>]

$r_i$  - запремински удео компоненте [-]

$\rho_i$  - густина  $i$ -те компоненте мешавине [kg/m<sup>3</sup>].

### 1. Како је дефинисан коефицијент стишљивости?

Количник промене запремине  $\Delta V$  и првобитне запремине  $V_0$  (релативна промена запремине) подељен разликом притисака  $\Delta p$  (због које се запремина и променила) назива се коефицијент стишљивости  $s$ :

$$s = -\frac{\Delta V}{V_0} \frac{1}{\Delta p} \quad [\text{Pa}^{-1}]$$

где су:

$\Delta V = V_0 - V$  [m<sup>3</sup>]

$\Delta p = p_0 - p_1$  [Pa]

$V_0$  – почетна запремина [m<sup>3</sup>]

$p_0$  – почетни притисак [Pa];

### 2. Зашто у једначини за коефицијент стишљивости стоји знак минус?

Знак "-" показује да се запремина смањује када се притисак повећава и обрнуто.

**3. Шта је модул стишљивости** Реципрочна вредност коефицијента стишљивости назива се модул стишљивости  $\varepsilon$  који је **аналоган модулу еластичности  $E$**  код чврстих тела:

$$\varepsilon = \frac{1}{s} = -\frac{V}{dV} dp \quad [\text{Pa}].$$

### 4. Извести густину течности у зависности од притиска за познат коефицијент стишљивости

$$V d\rho + \rho dV = 0, \quad -\frac{dV}{V} = \frac{d\rho}{\rho}; \quad \frac{d\rho}{\rho} = s dp. \quad \int_{p_0}^p \frac{d\rho}{\rho} = s \int_{p_0}^p dp \quad \ln \frac{\rho}{\rho_0} = s(p - p_0) \quad \rho = \rho_0 e^{s(p-p_0)}.$$

### 5. Поређати од најмењег до највећег коефицијенте стишљивости воде, живе и ваздуха.

Жива, вода, ваздух

### 6. Које су основне термодинамичке законитости везане за механику флуида?

Основне термодинамичке законитости везане за механику флуида су: **једначине стања** и **једначине промене стања**.

### 7. Које се промене стања најчешће срећу?

Најчешће се среће **изотермска** промена са законом промене  $T = \text{const.}$  и **адијабатска** промена са законом промене  $\delta Q = 0$  (без одвођења и довођења топлоте током промене).

### 8. Каква је то изентропска промена стања?

Изентропска је реверзибилна промена - **без губитака**, а политропска промена представља стварну са губицима.

9. Како изгледају промене стања у р-V дијаграму?



10. Како гласи Бојл-Мариотов закон?

$$pV = p_0V_0 = \text{const.} \quad t = \text{const.}$$

11. Како гласи Геј Лисаков закон?

$$V = V_0(1 + \beta t), \quad p = \text{const.}, \quad \beta = \frac{1}{273^\circ\text{C}}$$

12. Која је веза између универзалне и специфичне гасне константе?

$$\frac{R_u}{M} = c_p - c_v = R$$

$$R_u = 8,314 \text{ J/molK}$$

13. Која је веза између специфичних топлота и специфичне гасне константе

где су:

$M$  – моларна маса [kg/kmol]

$R_u$  – универзална гасна константа [J/molK]

$R$  – специфична гасна константа [J/kgK].

14. Како изгледа Фазни дијаграм р-Т?



Слика 2.8 Фазни дијаграм

15. Извести коефицијент стишљивости код гасова при изотермној промени стања.

$$\frac{p_1}{\rho_1} = \frac{p_2}{\rho_2} = \text{const.}$$

$$\frac{p}{\rho} = \text{const.}$$

$$\ln p - \ln \rho = \text{const.}$$

$$\frac{dp}{p} - \frac{d\rho}{\rho} = 0$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{d\rho}{\rho}$$

$$d\rho/\rho = s dp$$

$$\frac{1}{s} = \varepsilon = p$$

16. Извести коефицијент стишљивости код гасова при изентропској промени стања

$$\frac{p_1}{\rho_1^\kappa} = \frac{p_2}{\rho_2^\kappa} = \text{const.}$$

$$\frac{p}{\rho^\kappa} = \text{const.}$$

$$\ln p - \kappa \ln \rho = \text{const.}$$

$$\frac{dp}{p} - \kappa \frac{d\rho}{\rho} = 0$$

$$\frac{dp}{p} = \kappa \frac{d\rho}{\rho}$$

$$\frac{1}{s} = \varepsilon = \kappa p;$$

17. Како се дефинише брзина звука и шта представља?

$$c = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}} \quad [\text{m/s}]$$

где су  $d\rho$  и  $dp$  елементарна промена притиска и густине средине кроз коју се преноси еластични поремећај – звучни талас.

18. Чему је једнака брзина звука за течности и чврста тела?

За течност:

$$c^2 = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

За чврста тела:

$$c^2 = \frac{E}{\rho}$$

20. Чему је једнака брзина звука за гасове при изентропској промени стања?

изентропска

$$\frac{p}{\rho^\kappa} = \text{const.}$$

$$\ln p - \kappa \ln \rho = \ln C$$

$$\frac{dp}{p} = \kappa \frac{d\rho}{\rho}$$

$$c^2 = \frac{dp}{d\rho} = \kappa \frac{p}{\rho} = \kappa RT$$

19. Чему је једнака брзина звука за гасове при изотермској промени стања

изотермска

$$\frac{p}{\rho} = \text{const.}$$

$$\ln p - \ln \rho = \ln C$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{d\rho}{\rho}$$

$$c^2 = \frac{dp}{d\rho} = \frac{p}{\rho} = RT$$

21. Шта је Махов број?

Стишљивост флуида у кретању оцењује се Маховим бројем (Ma) који представља однос брзине струјања и локалне брзине звука

22. Зашто се и где јавља површински напон?

Слободан ниво мирне течности, односно слободна површина не остаје хоризонтална на месту где се додирује са чврстим зидом. Деформисање површине настаје због површинског напона.

23. Чему је једнак површински напон?

$$\gamma = \frac{\text{нападна сила } |\vec{F}| \text{ на ободу}}{\text{дужина обода } l} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

24. Који су то карактеристични примери криве слободне површине?

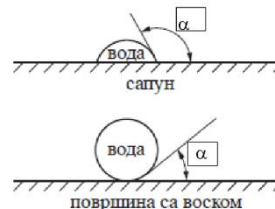
То су течна капљица, течни мехур (мехур од сапунице) и гасни мехур

25. Извести разлику притисака у капљици течности у атмосфери.

$$|\vec{F}_\gamma| = 2\pi R\gamma, \quad |\vec{F}_p| = \Delta p \pi R^2 = (p_2 - p_1) \pi R^2, \quad \Delta p = p_2 - p_1 = \frac{2\gamma}{R}.$$

26. Уколико је контактни угао већи од  $90^\circ$ , течност кваси површину, а за  $90^\circ$  течност не кваси површину.

Течно-чврсте комбинације у овој области класификују се као квасеће или неквасеће, зависно од контактног угла између течности и чврсте површине.



1. Шта је капиларност и када настаје?

Представља дизање, односно спуштање нивоа течности у капиларама. Настаје при сусрету три битно различита медијума (гас, течност, чврсто тело) на месту које има бар једну димензију много мању од осталих (процепи и капиларе)



## 2. Шта су силе адхезије, а шта кохезије?

Адхезија – силе којима чврста површина делује на флуидне делиће .

Кохезија – међумолекулске силе течности

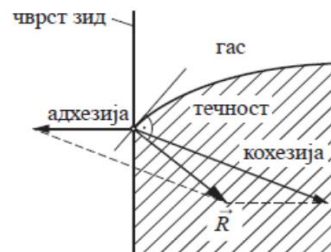
## 3. Која два екстремна случаја односа сила адхезије постоје. Скицирати и навести основне карактеристике.

Постоје два екстремна случаја:

**Адхезија већа од кохезије.** Течност кваси зид. Слободна површина постаје конкавна и пење се по зиду. Резултанта је нормална на површ течности (стакло, вода, ваздух)

**Кохезија већа од адхезије.** Нема квашења. Слободна површина конвексна. Течност се спушта поред зида (стакло, жива, ваздух)

(и двије слике са стране)



## 4. Како се одређује висина дизања течности у капилари h за случај квашења

$$\begin{aligned} p_2 &= p_a \\ p_1 &= p_a - \rho gh \\ R &= \frac{r}{\cos \theta} \\ h &= \frac{2\gamma}{\rho g R} = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r} \end{aligned}$$

## 5. Где је ефекат капиларности израженији, код капиларне цевчице или капиларног процепа?

**Капиларна цевчица** има мали радијус у поређењу са капиларним процепом, што резултује израженијим ефектом капиларности у цевчици. Значи да је израженији у капиларној цевчици него у капиларном процепу.

## 6. Шта је вискознос? Како гласи дефиниција њутновског флуида (дати називе физичких величина и јединице).

Природно својство флуида због којег се у додирној површини два флуидна слоја производи ~~напон смицања~~ (тангенцијални напон).

- $\tau$  [Pa] - тангенцијални напон,
- $\eta$  [Pa·s] - динамичка **вискозност**,
- $\frac{dv}{dy} \left[ \frac{m/s}{m} \right]$  - промена брзине  $v$  флуида у правцу нормалном на струјање ( $v=f(y)$ ).

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}$$

## 7. Чему је једнак тангенцијални напон код чврстих тела, а чему код флуида?

**чврста тела**

**Њутновски флуиди**

$$\frac{|\vec{F}|}{A} = \tau = G\gamma$$

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy} = \eta \dot{\gamma}(t)$$

Код чврстих, еластичних тела, напон је пропорционалан деформацији, а код њутновских флуида брзини деформације!



## 8. Која је веза између кинематске и динамичке вискозности?

Кинематска вискозност добија се дељењем динамичке са густином флуида:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

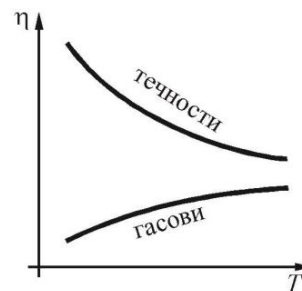
## 9. Када се вискозност може занемарити?

Вискозност се обично може занемарити у ситуацијама када је релативна брзина течности мала у поређењу са брзином интереса или када су димензије тела које се креће или система у којем се налази такве да су ефекти вискозности мали у поређењу са осталим факторима.

## 10. Објаснити зависност вискозности од температуре.

Вискозност је макроскопска појава коју изазива молекуларна, односно микроскопска размена импулса између појединих флуидних честица.

Носиоци вискозних својстава код течности су међумолекулске силе, а код гасова интензитет судара између молекула, зато вискозност течности опада, а гасова расте са порастом температуре



## 11. Шта је напон паре?

Напон паре - је притисак паре изнад течности. Испаравањем, изнад сваке течности постоји извесан број молекула (или атома за атомске течности) у гасној фази који образују пару. Као и сваки други гас, пара на датим условима врши одређени притисак који се зове напон паре.

## 12. Шта је кавитација и које појаве је прате? Која је мера кавитације?

Јавља се када локална брзина течности на површини тела толико порасте да се притисак у флуидној струји спушта испод напона паре, па долази до испаравања течности и стварања парних мехурова

Ова појава се обично дешава код течности које се брзо крећу кроз сужења у цевима или околини са брзим променама притиска. Мера кавитације је бездимензијска величина названа кавитацијски број к

## 13. Који су нормални, а који стандардни услови у Србији?

Нормални су ( $p_n=101325 \text{ Pa}$ ,  $T_n=273 \text{ K}$ ), а стандардне услови су ( $p_s=101325 \text{ Pa}$ ,  $T_s=288 \text{ K}$ )

## 14. Како се добија запремина гаса сведена на стандардне услове?

$$\begin{aligned} p_e V &= Z m R T & V_s &= V \frac{p_e}{p_s} \frac{Z_s}{Z} \frac{T_s}{T} \\ p_s V_s &= Z_s m R T_s & V_s &= C V \end{aligned}$$

## 1. Која су два фактора одлучујућа за добре климатске услове и колико износе?

Собна температура и релативна влажност. (20°C - 22°C, 40%-60%)

## 2. Шта је влажност ваздуха, од чега зависи и како се представља?

Зависи од температуре и представља се апсолутном и релативном влажношћу. То је мјера количине водене паре у ваздуху у односу на максималну количину воде коју ваздух може да задржи при одређеној температури.

### 3. Шта се дешава када код засићеног гаса дође до пада температуре?

Ако код засићеног гаса дође до пада температуре тада ће се одређена количина водене паре кондензовати и издвојити из гаса. (kisa)

### 4. Како се дефинише апсолутна влажност гаса?

Апсолутна влажност гаса дефинише се као **маса водене паре по запремини влажног гаса**.

### 5. Како се дефинише релативна влажност гаса и како гласе формуле? Дефинисати све величине и њихове јединице.

Релативна влажност гаса може да се одреди на следеће начине:

$$\varphi = \frac{\rho_p}{\rho_z} \cdot 100$$

$$\varphi = \frac{p_p}{p_z} \cdot 100$$

где су:

$\varphi$  – релативна влажност [-],

$\rho_p$  – апсолутна влажност гаса при погонским условима [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],

$\rho_z$  – апсолутна влажност гаса у стању засићења [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],

$p_p$  – парцијални притисак водене паре при погонским условима [Pa] и

$p_z$  – парцијални притисак водене паре у стању засићења [Pa].

Релативна влажност гаса је однос између апсолутне влажности и максималне могуће влажности коју би ваздух могао да садржи на датој температури до засићења.

### 6. Шта је специфична топлота и од чега зависи код течности, а од чега код гасова?

Специфична топлота представља количину топлоте коју је потребно довести 1 kg флуида да би се његова температура повисила за 1 °C (1 K). Специфична топлота гасова зависи од: температуре и природе процеса по коме се мења њихово стање у току транспорта.

### 7. Како се означава топлотна проводљивост, од чега зависи и која јој је јединица?

- За одређивање топлотне проводљивости гаса користи се израз:

$$\lambda = \lambda_n \left( \frac{T}{T_n} \right)^m$$

где су:

$\lambda_n$  – топлотна проводљивост гаса при нормалним условима [ $\text{W}/(\text{mK})$ ],

$T$  – температура гаса [K],

$T_n$  – нормална температура [K] и

$m$  – експонент који се одређује експериментално [-].

### 8. Шта је топлотна моћ горива и како се дефинише? Дефинисати све величине и њихове јединице.

Топлотна моћ горива дефинише се као **однос ослобођене количине топлоте при потпуном сагоревању горива и количине горива из које је топлота ослобођена**:

$$H = \frac{Q}{m_g}$$

$H$  – топлотна моћ горива, kJ/kg

$Q$  – количина ослобођене топлоте, kJ, и

$m_g$  – маса горива, kg.

## 9. Од чега се састоји гориво, у ком облику се влага налази у њему и како она утиче на топлотну моћ горива?

Гориво се састоји од горивог дела и баласта.

Влага се у гориву јавља у три облика, као: груба, хигроскопна и конституциона.

Влага умањује топлотну моћ горива јер се за њено испаравање троши део топлоте настао сагоревањем горива. Имамо горњу и доњу топлотну моћ горива.

## 10. Шта је горња топлотна моћ, а шта доња? Како се одређују? Која је веза између њих?

Горња топлотна моћ горива ( $H_g$ ) је количина топлоте која се ослободи потпуним сагоревањем јединице масе горива под следећим условима. Одређује се експерименталним путем.

$$H_d = H_g - W \cdot r$$

• где су:

- $H_d$  – доња топлотна моћ горива [J/kg] или [J/m<sup>3</sup>],
- $H_g$  – горња топлотна моћ горива [J/kg] или [J/m<sup>3</sup>],
- $W$  – удео водене паре у продуктима сагоревања [-] и
- $r$  – топлота кондензације [J/kg] или [J/m<sup>3</sup>].

1 - вода из продуката сагоревања, која потиче и од влаге из горива и од сагорелог водоника ( $H_2$ ), преведена је у течно стање (водена пара се издваја као кондензат),

2 - продукти сагоревања горива доведени су на температуру коју је гориво имало на почетку и

3 - сумпор (S) и угљеник (C) из гориве материје налазе се у облику својих диоксида ( $SO_2$  и  $CO_2$ ) док до сагоревања азота ( $N_2$ ) није дошло.

• Горња топлотна моћ горива се одређује експерименталним путем.

(услови сагоријевања)

Доња топлотна моћ горива ( $H_d$ ) је количина топлоте која се ослободи потпуним сагоревањем јединице масе горива под следећим условима (као на слици само вода у продуктима сагоревања остаје у парном стању). Одређује се рачунским путем.

## 11. Шта је Вобеов број, како је дефинисан и када се користи?

$$W_g = \frac{H_g}{\sqrt{d}}$$

Вобеов број (индекс) је показатељ топлотног оптерећења горионика. Ако је потребно преуредити неки гасни потрошач за сагоревање гаса који има различиту вредност Вобеовог броја од претходног гаса, тада се користи Вобеов број како би

$H_g$  – горња топлотна моћ горива изражена у односу на нормални кубни метар [kWh/m<sup>3</sup>] и

$d$  – релативна густина гаса [-].

се одредио нови пречник млазнице и потребан прикључни притисак.

## 12. Од чега зависи брзина ширења пламена?

Зависи од: састава смеше гаса и ваздуха, температуре, притиска смеше, као и режима струјања (ламинарно или турбулентно)

## 13. Шта је температура паљења?

Температура паљења неког гаса је најнижа температура при којој се гас мешан у стехиометријском односу са ваздухом сам од себе запали, без отвореног пламена.

14. Како се одређују доња и горња граница експлозивности смеше? Дефинисати све величине и њихове јединице

$$DGE_m = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{r_i}{DGE_i}} \quad r_i - \text{запремински удео компоненте } i [-],$$

$$DGE_i - \text{доња граница експлозивности компоненте } i [\%] \text{ и}$$

$$GGE_i - \text{горња граница експлозивности компоненте } i [\%].$$

$$GGE_m = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{r_i}{GGE_i}}$$

Могу се одредити када су познате границе експлозивности појединих компонената смеше и састав те смеше:

part 2

### 1. Шта проучава кинематика флуида?

Кинематика флуида бави се проучавањем геометријских и кинематских карактеристика струјања.

То значи да кинематика флуида проучава геометрију кретања флуидних делића и флуида у целини не узимајући у обзир силе које узрокује то кретање.

### 2. Које величине описују струјно поље?

Скаларна поља притиска, густине и векторска поља брзине и убрзања, дефинишу струјно поље стационарног, идеалног (савршеног) и вискозног флуида. Поље брзине је од највећег утицаја на формирање струјног поља, па су све карактеристике везане за векторска поља дефинисане у пољу брзине.

### 3. Која два начина постоје за проучавање кретања флуида, које су им основне карактеристике и која веза постоји између њих?

Постоје два начина за проучавање кретања флуида:

- **Лагранжов**, када се за сваки флуидни делић одређује путања, брзина и убрзање.

#### Карактеристике:

посматра се одређен флуидни делић

положај делића је функција његовог почетног положаја  $\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$  и времена  $t$

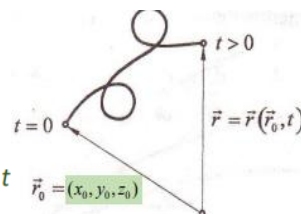
путања делића се зато пише у облику:  $\vec{r} = \vec{r}(\vec{r}_0, t)$

добро за:

- јачину вртлога
- законе конзервације

лоше за:

- мерења



- **Ојлеров**, који се састоји у праћењу брзина, убрзања и других својстава флуидних делића у једној непокретној тачки поља

#### Карактеристике:

- разматра се промена струјних величина у једном сталном месту простора, док делићи пролазе кроз ово место

- струјне величине могу да се мере непокретним мерним уређајима

- погодан за формулисање проблема са почетним и граничним условима.

Међусобна веза је:

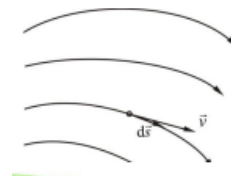
$$\frac{dT}{dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \text{grad} T$$

$$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$$

$$\text{grad} \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k}$$

#### 4. Шта је струјница и како гласи једначина струјнице? Скицирати.

Струјница показује тенденцију оријентације флуидних делића. Она даје тренутну слику поља брзине. Путања представља "траг" који за собом оставља један флуидни делић. При стационарном кретању струјнице су уједно и путање



Једначина струјнице одређена је векторском једначином:  $[\vec{v}, d\vec{s}] = 0$

#### 5. Шта је струјна цев и које су јој особине?

Могуће је проширити струјницу на струјну цев, тј. на скуп свих струјница које пролазе кроз све тачке затворене криве линије.

У проточном пресеку струјне цеви брзине не морају бити једнаке, док се притисци сматрају непроменљивим, кад год су изводнице струјне цеви приближно паралелне. • Пошто су струјнице увек паралелне са локалном брзином флуид не може да прође кроз струјницу по дефиницији, тако да флуид у струјној цеви остаје у њој и не може да прође кроз границе струјне цеви. Струјна цев се сужава или шири како флуид убрзава или успорава

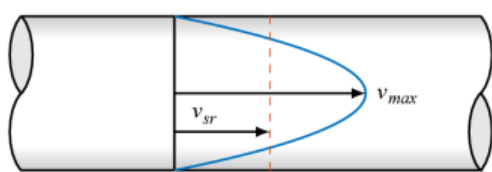
#### 6. Који протоци имају значај у механици флуида, које су им јединице, како се представљају у интегралном облику и која веза постоји између њих?

Разликује се запремински  $Q = V/t$  и масени  $\dot{m} = m/t$  проток. Јединица за запремински је  $m^3/s$ , а за масени је  $kg/s$ .

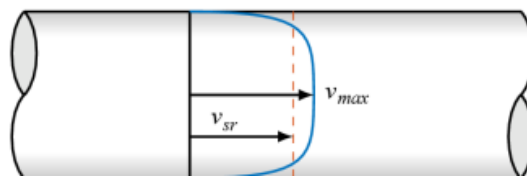
$$\dot{m} = \int_A \rho(\vec{v}, d\vec{A}) \quad Q = \frac{dV}{dt} = \int_A \vec{v} \cdot d\vec{A}$$

Представа у интегралном облику и веза између њих

#### 7. Како изгледа профил брзине у ламинарној, како у турбулентној флуидној струји у цеви кружног попречног пресека? Скицирати и унети средње брзине.



Ламинарно струјање



Турбулентно струјање

#### 8. Шта представља једначина континуитета и како гласи за стационарно струјање нестишљивог и стишљивог флуида? Скицирати и написати једначину континуитета за тај случај.

Закон одржања масе у механици носи назив једначина континуитета и гласи у току неког процеса маса система је константна, или нема промене масе система у току времена.

Када је струјање стационарно, а флуид нестишљив, једначина континуитета представља се са  $dQ=0$ .

Када се једначина континуитета примени на стационарно струјање нестишљивог флуида онда гласи :

$$Q_1 = Q_2 \\ v_1 A_1 = v_2 A_2$$

**1. Одакле води порекло Бернулијева једначина, шта представља и како гласи за струјање идеалног флуида?**

Бернулијева једначина потиче од научника Данијела Бернулија.

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{const.} \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

**2. Који се облици Бернулијеве једначине користе, како се зову поједини чланови и чему је једнака снага флуидног млаза?**

$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + gz = \text{const.} \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$	Кинетичка енергија	$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 + pQ + z \rho g Q = \text{const.} \quad [\text{W}]$
	Енергија притиска	
	Положајна енергија	
		Снага флуидног млаза

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = \text{const.} \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{N}} \right] \quad \begin{array}{l} \text{Пијезометарска, брзинска} \\ \text{и геодезијска висина} \end{array}$$

**3. Који притисци постоје приликом струјања флуида (скица, једначине) и како се мере?**

Постоје **тотални, статички и динамички притисак**.

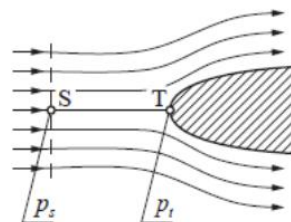
**Тотални притисак** мери се у тачкама где је брзине флуида једнака нули, тј. у зауставним тачкама, па се зато назива и зауставни притисак. Инструмент за одређивање тоталног притиска назива се Питоова цев.

**Статички притисак** мери се на површинама преко којих флуид прелази непромењеним брзинама (нпр. рупе на зидовима цеви).

**Динамички притисак** одређује се посредним путем, мерећи разлику тоталног и статичког притиска. Инструмент за одређивање динамичког притиска назива се Прантлова сонда

$$P_t = P_s + P_d,$$

$$P_d = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad [\text{Pa}]$$



**4. Којих правила се треба држати приликом писања Бернулијеве једначине?**

2. За било које две тачке које могу да се повежу замишљеном или стварном струјницом, БЈ је пуноважна

БЈ 1–2: Први услов

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gh_2$$

4. Ако се поред постојеће БЈ за неки струјни проблем могу написати и друге БЈ, такве да се у њима јављају нове непознате величине, оне су такође пуноважне. То се редовно дешава при решавању проблема сложених цевовода.

5. У БЈ треба уносити интензитете средњих брзина (ознака  $v$ ) и статичке притиска (ознака  $p$ ) за које се сматра да су непроменљиви у целом попречном пресеку цевовода. Са апсолутних притисак врло је лако прећи на релативне – манометарске и вакуумметарске. За енергијски преглед проблема најјаснија представа добија се када се чланови БЈ изражавају у метрима стуба течности (mST)

6. Пре постављања БЈ требало би извршити анализу проблема:

- схватити и потврдити његов физички смисао,
- одредити карактеристичне тачке и
- одредити редослед решавања једначина.

Нумеричко решење даће квантитативне односе тражених и задатих величина и потврдиће оправданост постављеног задатка. Уколико је решење сумњиве вредности, разматрање енергијског биланса са графичком представом дуж тока струјања лако ће открити рачунску и формалну грешку.

**5. Како може да се смањи број непознатих у Бернулијевој једначини?**

Може се смањити увођењем ЈК у простим цевним проблемима гдје се елиминише једна непозната тј. брзина а ЈК гласи:

$$v_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = v_2 \frac{\pi d_2^2}{4}$$

Карактеристичне тачке (нпр. тачке 1 и 2) треба изабрати на местима за која постоји највише познатих података. Ово може омогућити једноставније решавање проблема и смањење броја непознатих у Бернулијевој једначини.

**6. Зашто се уводи корекциони фацтор кинетичке енергије, чему је једнак и његово место у Бернулијевој једначини?**

Међутим, у зависности од врсте струјања (ламинарно, прелазно, турбулентно) члан  $v_{sr}^2/2$  не даје увек праву величину кинетичке енергије и потребно је увести корекциони фактор  $\alpha$ , који ће помножен са  $v_{sr}^2/2$ , дати стварну величину кинетичке енергије по јединици масе, тј.

$$E_k = \alpha \frac{v_{sr}^2}{2}$$

Бј са корекционим фактором гласи:

$$\frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + gz_2$$

**1. Како гласи Бернулијева једначина за**

**струјање реалног флуида? Зашто се уносе допунски чланови и шта представљају?**

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = \text{const.} \quad \left[ \frac{\text{J}}{\text{N}} \right]$$

Погодна за квантитетно и дијаграмско поређење свих врста енергије преко одговарајућих висина стубова проточне течности. Пијезометарска, брзинска и геодезијска висина

**2. Када се јављају локални губици и како се представљају? Навести места где се јављају локални губици и скицирати пет различитих места где се јављају локални губици**

Локални се јављају при промени вектора брзине. Губици се изражавају у форми кинетичке енергије.

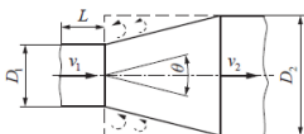
Карактеристична места где се јављају локални губици су: колена, вентили, завојнице, бленде, нагла проширења и сужења, усисне корпе, рачве и др.

$$gh_{lok} = \zeta \frac{v^2}{2}$$

$$gh_{tr} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2}$$

**3. За шта служи дифузор? Скицирати и написати Бернулијеву једначину.**

У пракси се дифузор најчешће користи за трансформацију кинетичке енергије у енергију притиска. Када је дифузор постављен на крају ценовода, а на улазу у резервоар, треба очекивати повећање протока, због смањења излазног губитка.



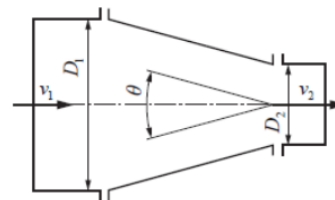
$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + \zeta \frac{1}{2} (v_1^2 - v_2^2)$$



#### 4. За шта служи млазник? Скицирати и написати Бернулијеву једначину

Млазник је уређај који се користи за распрскавање или усмеравање течности под притиском.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + \zeta \frac{v_2^2}{2}$$



#### 5. Како могу да се поправе улазни губици у цевоводу? Скицирати.

Постепено сужавајућим, добро обрађеним пресеком могуће је највише смањити улазни губитак. Улазни губитак је мањи ако је улаз подешен тако да је блажа промена струјнице. Треба избегавати усвајање наглог сужења за улаз у цевоводе, а уместо тога практиковати заобљене прелазе



#### 6. За шта служе вентили? Написати Бернулијеву једначину у правом цевоводу константног попречног пресека на коме се налази вентил.

#### 7. Како се представљају губици услед трења? Шта представљају поједини чланови тог израза?

$$gh_{tr} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2}$$

Представљају се са Дарси-Вајсбаховом формулом

$l$ ,  $d$  - дужина и пречник цевовода за који се одређује губитак,  
 $v$  - средња брзина струјања флуида кроз цевовод,  
 $\lambda$  - коефицијент трења.

#### 8. Од чега зависи коефицијент трења? Дефинисати све величине.

Коефицијент трења зависи од режима струјања (Рејнолдсовог броја  $Re = vd/\nu$ ) и од релативне хrapавости цевовода  $\delta = e/d$  ( $e$  – апсолутна хrapавост). За практично решавање цевних проблема, зависност између  $\lambda$ ,  $\delta$  и  $Re$  дата је Мудијевим дијаграмом.

#### 9. Колико износи коефицијент трења за ламинарно струјање

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Коефицијент трења  $\lambda$  дат је Стоксовом формулом

#### 10. Како се одређује коефицијент трења за турбулентно струјање?

Може овако или преко Мудијевог дијаграма.

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{e}{D_h} \right)^{0,25}$$

#### 11. Скицирати Мудијев дијаграм

#### 12. Који попречни пресеци цеви су највише заступљени у пракси и зашто?

Кружни и правоугаони пресеци. Кружни попречни пресек има најмањи обим за дату површину пресека, па је због тога, с гледишта изгубљене енергије и најповољнији за употребу.

### 13. Шта представља хидраулички пречник и зашто се уводи

Хидраулички пречник може да се користи за турбулентно струјање кроз правоугаоне попречне пресеке код којих је однос ширине и висине у границама  $0,3 < a/b < 3$ . Коришћењем хидрауличног пречника у Мудијевом дијаграму не могу се очекивати довољно тачни резултати при турбулентном струјању између две паралелне плоче и два саосна цилиндра.

