1. UVOD

Mehanika fluida je dio fizike koji se bavi gibanjem fluida i silama koje djeluju na fluid.
Mehanika fluida se dijeli na statiku fluida koja proučava ravnotežu fluida u mirovanju, kinematiku fluida koja se bavi zakonima gibanja fluida, i dinamiku fluida koja se bavi silama koje djeluju na fluida i gibanjima koje nastaju djelovanjem tih sila te interakcija između čvrstih tijela i fluida.

1.1. Fluid ili tekućina

1. *Definicija fluida:* Fluid je tvar koja struji (tj. neprekidno se deformira) pod djelovanjem ma kako malog smičnog naprezanja. Fluid može biti u kapljevitom ili plinovitom stanju.
2. *Iz definicije fluida slijedi:* U fluidu u mirovanju nema smičnih naprezanja.
3. *Fluid dijelimo:* Fluide dijelimo s obzirom na veličinu deformacije kao posljedicu tlačnog naprezanja na kapljevine i plinove

1.2 Osnovne dimenzije u mehanici fluida

Dimenziju fizikalne veličine određuju njenu kategoriju s obzirom na mjerenje – kvalitativno.
Kvantitativno mjerenje fizikalne veličine zahtijevaju uvođenje mjerne jedince, mjerila, etalona

Veličina	Oznaka dimenzije	Jedinica u SI sustavu
masa	M	kg
duljina	L	m
vrijeme	T	s
temperatura	Θ	K

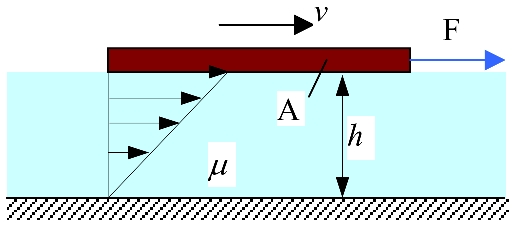
1.3 Hipoteza kontinuuma

Kontinuum je matematički model materije prema kojem ona zadržava svoja fizikalna svojstva pri smanjivanju volumena u točku. Čestica kontinuuma (materijalna točka) ima infinitezimalni volumen dV, a svaka čestica zauzima samo jednu točku prostora, a u jednoj točki prostora se može nalaziti samo jedna čestica kontinuuma. Hipoteza kontinuuma omogućuje primjenu integralnog i diferencijalnog računa u mehanici fluida.
Primjer: Gustoća čestice fluida se izražava derivacijom $\rho = \frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}V}$, $[\rho] = \mathrm{ML}^{-3}$; $[\rho]_{\mathrm{SI}} = \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

1.4 Viskoznost fluida

Viskoznost fluida je mjera otpora tečenju fluida.
Newtonov zakon viskoznosti

$$F = \mu \frac{vA}{h}$$



Generalizirani Newtonov zakon viskoznosti

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{\partial v}{\partial y}$$

U newtonskim fluidima viskozna naprezanja su linearno razmjerna brzini deformacije fluida. Koeficijent razmjernosti se naziva (dinamička) viskoznost fluida μ, $[\mu] = \mathrm{ML^{-1}T^{-1}}; [\mu]_{\mathrm{SI}} = \mathrm{Pa \cdot s}$. Viskoznost je fizikalno svojstvo fluida, i zavisi od termodinamičkog stanja fluida. Kod plinova s porastom temperature raste i viskoznost, a kod kapljevina opada. Viskoznost pokazuje otpor fluida ka tečenju.

Kinematička viskoznost $\upsilon = \frac{\mu}{\rho}$, $[\upsilon] = \mathrm{L^2T^{-1}}$; $[\upsilon]_{\mathrm{SI}} = \frac{\mathrm{m^2}}{\mathrm{s}}$.

Fluidi koji poštuju zakonitost $\tau = \mu \frac{\partial v}{\partial y}$ nazivaju se Newtonovski fluidi

1.5 Sile u fluidu

A) ***Masene sile*** su posljedica položaja mase u polju $\vec{f}$ masene sile. ($\vec{f}$ je specifična masena sila = sila po jediničnoj masi, $[\vec{f}] = \mathrm{LT^{-2}}$; $[\vec{f}]_{\mathrm{SI}} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$)

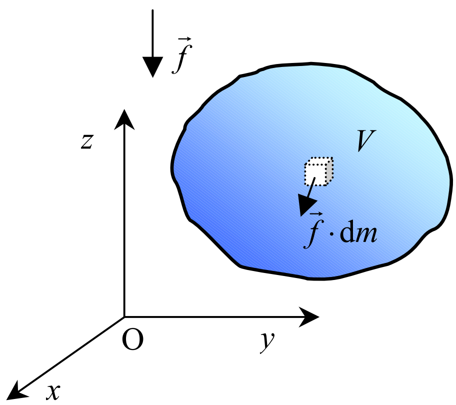
Masena sila $\mathrm{d}\vec{F}$ na česticu fluida:

$$\mathrm{d}\vec{F} = \vec{f}\mathrm{d}m = \rho \vec{f}\mathrm{d}V$$

Sila $\vec{F}$ na ukupni volumen V

$$\vec{F} = \int_V \rho \vec{f}\mathrm{d}V$$

$[\vec{F}] = \mathrm{MLT^{-2}}$; $[\vec{F}]_{\mathrm{SI}} = \mathrm{N}$



Slika uz definiciju masenih sila

Primjeri: sila gravitacije: $\vec{f} = -g\vec{k}$

inercijske sile: $\vec{f} = -\vec{a}$

B) *Površinske sile* su sile dodira između čestica fluida ili između čestica fluida i stijenke. Definirane su specifičnom vektorom naprezanja $\vec{\sigma}$,

$$\left[\vec{\sigma}\right] = \mathrm{ML^{-1}T^{-2}} \ ; \ \left[\vec{\sigma}\right]_{\mathrm{SI}} = \mathrm{Pa}\,.$$

Sila $\mathrm{d}\vec{F}$ na elementarnu površinu $\mathrm{d}S$

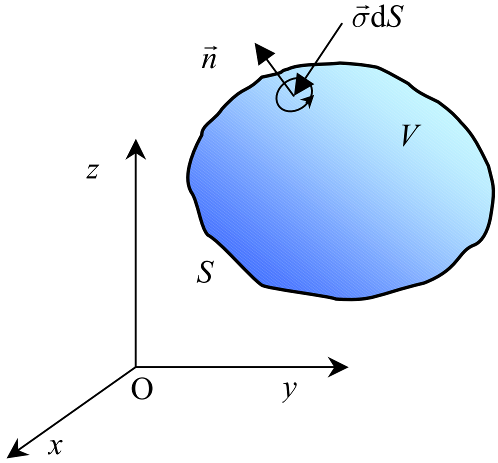
$$\mathrm{d}\vec{F} = \vec{\sigma}\,\mathrm{d}S$$

Sila $\vec{F}$ na ukupnu površinu S

$$\vec{F} = \int_S \vec{\sigma}\,\mathrm{d}S$$

Za površinske sile vrijedi III Newtonow zakon (princip akcije i reakcije), tj.

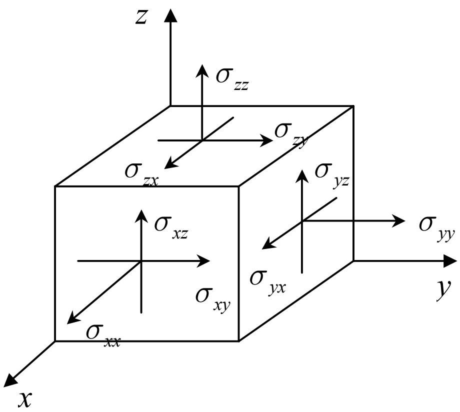
$$\vec{\sigma}\left(\vec{n}\right) = -\vec{\sigma}\left(-\vec{n}\right)$$



Slika uz definiciju površinskih sila

(čitaj vektor naprezanja na površini orijentiranoj jediničnim vektorom normale $\vec{n}$ jednak je po veličini i suprotan po smjeru vektoru naprezanja na površini orijentiranoj normalom $-\vec{n}$).

Stanje naprezanja u točki prostora jednoznačno je definirano tenzorom naprezanja. Komponente tenzora naprezanja definirane su komponentama triju vektora naprezanja koji djeluju na površinama orijentiranim normalama u smjeru osi koordinatnog sustava, kao na slici. Svaki vektor naprezanja ima jednu normalnu komponentu (okomitu na površinu) i dvije tangencijalne (smične) komponente. Tablični zapis komponenti tenzora naprezanja



Slika uz definiciju komponenti tenzora naprezanja

$$\sigma_{ji} = \begin{vmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{vmatrix}$$

Prvi indeks označuje redak, tj. smjer normale na površinu, a drugi stupac odnosno pravac djelovanja komponente tenzora naprezanja.

Tenzor naprezanja je simetričan $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ (osim ako postoje maseni i površinski momenti).

<u>*Veza između vektora i tenzora naprezanja:*</u>

(vektor naprezanja je projekcija tenzora naprezanja na smjer normale)

$$\vec{\sigma}(\vec{n}) = \vec{n} \otimes \sigma_{ji} = (n_x\sigma_{xx} + n_y\sigma_{yx} + n_z\sigma_{zx})\vec{i} +$$

$$+(n_x\sigma_{xy} + n_y\sigma_{yy} + n_z\sigma_{zy})\vec{j} + (n_x\sigma_{xz} + n_y\sigma_{yz} + n_z\sigma_{zz})\vec{k}$$

<u>*Dogovor o predznacima naprezanja:*</u>

Pozitivna naprezanja na površinama orijentiranim normalama u pozitivnom smjeru koordinatnih osi također gledaju u pozitivne smjerove tih osi i obrnuto, pozitivna naprezanja na površinama orijentiranim normalama koje gledaju u negativnom smjeru koordinatnih osi, također gledaju u negativne smjerove tih osi.

<u>Površinska sila (vektor naprezanja) za slučaj stanja tlačnog naprezanja:</u> $\vec{\sigma} = -p\vec{n} + \vec{\sigma}^t$

Slučaj	Vektor naprezanja
Realni fluid u gibanju (postoje viskozne sile)	$\vec{\sigma} = \vec{n} \otimes \sigma_{ji} = -p\vec{n} + \vec{n} \otimes \Sigma_{ji} = -p\vec{n} + \vec{\sigma}^t$ Σ_{ji} = tenzor viskozna naprezanja p = tlak = normalno naprezanje $\vec{\sigma}^t$ = viskozno naprezanje = tangencijalno n.
- Realni fluid u mirovanju ili relativnom mirovanju - Idealni fluid (neviskozan)	$\vec{\sigma} = \vec{n} \otimes \sigma_{ji} = -p\vec{n}$