

# **T – 3. Geometrija i statika broda, brodski oblik i hidrostatika broda**

## **NASTAVNA PITANJA:**

- 1. Arhimedov zakon i uslovi plovnosti broda**
- 2. Glavni dijelovi, dimenzije i karakteristike broda**
- 3. Prikazivanje brodskog tijela**
- 4. Izračunavanje površina i zapremina**
- 5. Izračunavanje težišta masa, površina i zapremina**
- 6. Hidrostatički podaci broda – dijagramski list**

**Literatura:**

**1 Dr Andrija Lompar, Nauka o brodu, Univerzitet  
Crne Gore, Kotor, 2002.**

**2 Pomorska enciklopedija,**

## 3.1. Arhimedov zakon i uslovi plovnosti broda

### Podsjetnik definicija i osnovnih veličina koje se u geometriji i statici broda koriste:

**Masa** je osnovna jedinica za mjerenje količine materije u nekom tijelu i izražava se u kilogramima (**kg**) ili tonama (**t**).

**Težina** je sila kojom zemlja djeluje na svako tijelo i zavisi od mase tijela.

Iskazuje se kao

$$\mathbf{G = m \cdot g,}$$

pri čemu je  **$g = 9.81 \text{ m/s}^2$**  ubrzanje zemljine teže.

**Gustina** se definiše kao odnos mase i zapremine i obilježava se sa  **$\rho$**  (grčko slovo ro).

$$\mathbf{\rho = m/v \text{ (kg/m}^3\text{) ili (t/m}^3\text{)}}$$

Dogovor je da **1 litar** slatke vode na temperaturi od **4 °C** ima masu od **1 kilograma**.

**Jedna litra** predstavlja zapreminu od **1000 cm<sup>3</sup>**, odnosno **0.001 m<sup>3</sup>**.

## Podsjetnik definicija i osnovnih veličina koje se u geometriji i statici broda koriste:

**Relativna gustina "  $\gamma$  "** se definiše kao odnos težine određene zapremine nekog elementa u donosu na težinu jednake zapremine slatke vode.

$$\gamma = \frac{\text{gustina supstance}}{\text{gustina vode}} = \frac{\text{težina supstance}}{\text{težina vode}}, \text{ je bezdimenziona veličina.}$$

Gustine i relativne gustine-nekih materija su date u sledećoj tabeli:

Materija	Gustina (kg/m <sup>3</sup> )	Relativna gustina $\gamma$
Slatka voda	1000	1.0
Morska voda	1025	1.025
Lož ulje	947	0.947
Dizel gorivo	841	0.841
Čelik	7689	7.689
Mahagoni	849	0.849
Vazduh	1.293	0.00129

# Podsjetnik definicija i osnovnih veličina koje se u geometriji i statici broda koriste:

**Sila** se definiše kao uzrok kretanju.

Jedinica za silu je "Newton" (N).  $N = \text{kgm/s}^2$ , može se predstaviti kao proizvod mase i ubrzanja.

$$F = m \cdot a \text{ (kg} \cdot \text{m/s}^2 \text{) (N) , ili}$$

kao proizvod pritiska i površine

$$F = p \cdot A \text{ (N/m}^2 \cdot \text{m}^2 \text{) (N).$$

## Sila se definiše svojim:

- intezitetom,
- pravcem,
- smjerom i
- tačkom u kojoj djeluje.

U računanju sa silama primjenjuje se vektorski račun.

## Podsjetnik definicija i osnovnih veličina koje se u geometriji i statici broda koriste:

**Moment sile** se definiše kao proizvod **inteziteta sile** i **rastojanja** od **sile** do **tačke** ili ose

$$M = F \cdot l \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (\text{J})$$

**jedinica za moment sile jeste Joule (J)**, što znači da je moment iz iste porodice veličina kao i energija i rad.

**Moment** se definiše kao uzrok obrtnom kretanju.

## Podsjetnik definicija i osnovnih veličina koje se u geometriji i statici broda koriste:

**Pritisak** predstavlja uticaj sile na površinu i mjeri se u

$$\text{Paskalima (Pa)} = (\text{N/m}^2).$$

**Pa** je mala veličina tako da se češće se koristi jedinica **bar**,

pri čemu je **1 bar =  $10^5$  Pa**,

odnosno **1 Pa =  $10^{-5}$  bar-a**,

# Podsjetnik definicija i osnovnih veličina koje se u geometriji i statici broda koriste:

**Hidrostatički pritisak** je povezan, sa vodom ili u širem smislu sa tečnostima.

Pored atmosferskog pritiska koji predstavlja pritisak u atmosferi

$$(P_{\text{atm}} = 1 \text{ at} = 1.013 \text{ bar}),$$

u vodi se na nekoj dubini pojavljuje i hidrostatički pritisak koji je.

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h,$$

gdje je:

$\rho$  - gustina vode (tečnosti),

$g$  - ubrzanje sile zemljine teže i

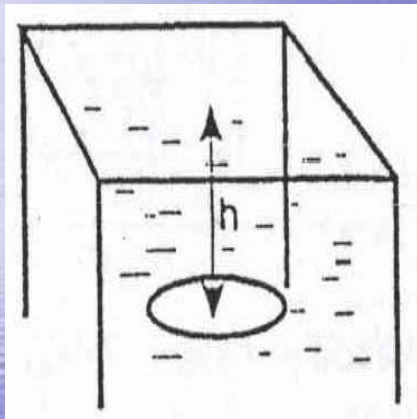
$h$  - dubina do tačke na kojoj se pritisak mjeri.

**Apsolutni pritisak** u nekoj tački predstavlja zbir atmosferskog pritiska i hidrostatičkog pritiska

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_h,$$

# HIDROSTATIČKI PRITISAK NA HORIZONTALNU POVRŠINU

Hidrostaticki pritisak na neku horizontalnu površinu uronjenu u vodi (fluid je u miru) može se izračunati kao



$$P_h = \rho \cdot g \cdot h$$

$$p_h = \rho g h = \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right] \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \right] \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} \right] \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

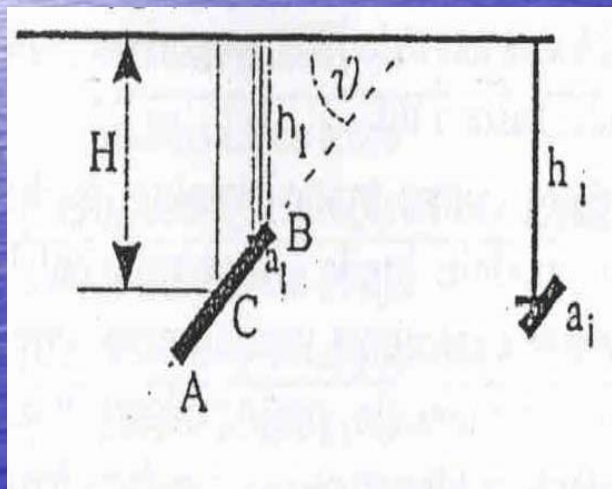
# HIDROSTATIČKI PRITISAK NA ELEMENTARNU KOSU POVRŠINU

Hidrostaticki pritisak na elementarnu kosu površinu  $a_i$  prikazanu na slici bio bi;

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_i$$

a sila hidrostaticnog pritiska koja djeluje normalno na površinu bi bila

$$P_h = r \cdot g \cdot h_i \cdot a_i \cdot \cos\vartheta$$



Ukupna sila hidrostaticnog pritiska bi bila;

$$P_{hu} = \rho \cdot g (a_1 h_1 + a_2 h_2 + \dots + a_n h_n) \cos\vartheta$$

$$P_{hu} = \rho g A \cos\vartheta \cdot H$$

**A** - predstavlja ukupnu površinu,

**H** - dubinu do težišta "C" te površine.

# ARHIMEDOV ZAKON

Kao posledica djelovanja hidrostatičkog pritiska na dno i gornji dio tijela pojavljuje sila **UZGONA** koja djeluje vertikalno na više i koja ima intezitet

$$\rho \cdot g \cdot V$$

gdje je:

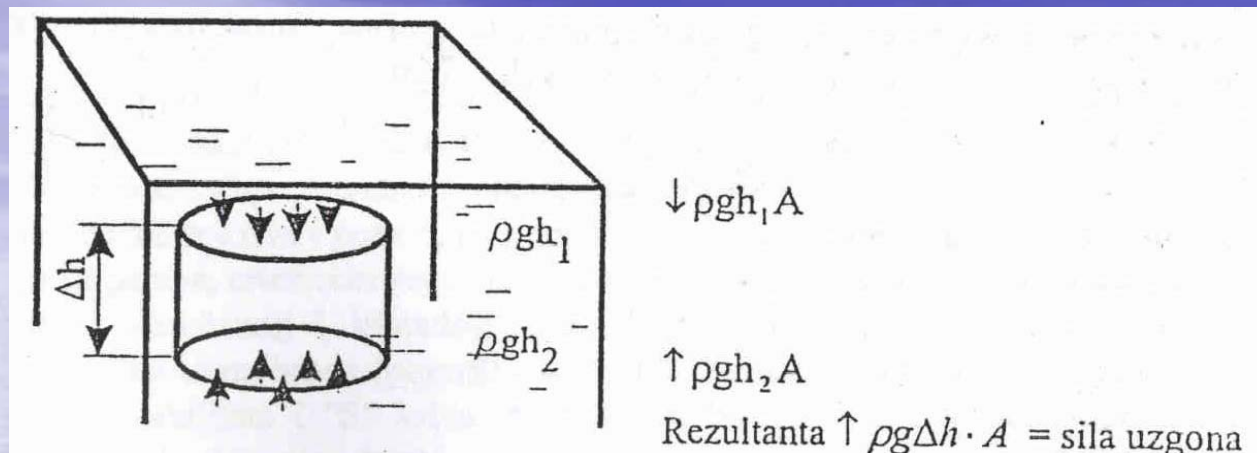
**V** - zapremina tog tijela, a

**$\rho$**  - gustina tečnosti u kojoj je tijelo uronjeno.

Ovu silu prvi je uočio **Arhimed** koji je tvorac zakona koji kaže;

*"da na svako tijelo koje je djelimično ili potpuno uronjeno u tečnost, pored sile zemljine teže, djeluje i sila uzgona koja je po intezitetu jednaka težini istisnute tečnosti, a po smjeru i pravcu djeluje suprotno od sile zemljine teže".*

# ARHIMEDOV ZAKON



## Uzgon se definiše:

a.) **Intezitetom** koji je jednak težini vode koja je istisnuta tijelom,

$$\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot A = V \cdot \rho \cdot g \quad \text{gdje je;}$$

$V \cdot \rho = m$  = masa istisnute tečnosti, odnosno

$m \cdot g$  = težina istisnute tečnosti.

b.) **Centrom djelovanja**, odnosno **težištem zapremine** istisnute tečnosti što je isto što i težište zapremine tijela,

c.) **Pravcem djelovanja** koji je vertikalalan i prema gore (što je *suprotno djelovanju zemljine teže*).

# PRIMJENA ARHIMEDOVOG ZAKONA

## Primjer 1

### Drvena greda:

- gustine  $\rho_g = 0.79 \text{ t/m}^3$ ,
- dužine  $L = 4\text{m}$ ,
- širine  $B = 0.35\text{m}$  i
- visine  $H = 0.12 \text{ m}$

pliva u **vodi** gustine:

- $\rho_v = 1.015 \text{ t/m}^3$ .

### Pitanje do koje visine je greda uronjena u vodi ?

S obzirom na Arhimedov zakon, masa grede

$$m_g = L \cdot B \cdot H \cdot \rho_g = 4 \cdot 0.35 \cdot 0.12 \cdot 0.79 = 0.13272 \text{ t},$$

mora biti jednaka masi istisnute tečnosti odnosno

$$m_v = L \cdot B \cdot d_g \cdot \rho_v = 4 \cdot 0.35 \cdot d_g \cdot 1.015 = 1.421 \cdot d_g.$$

Izjednačavanjem ove dvije mase, odnosno mase grede i mase istisnute tečnosti dobijamo jednačinu u kojoj je jedina nepoznata visina grede do koje pliva u vodi

$$1.421 \cdot d_g = 0.13272$$

$$d_g = 0.13272/1.421 = 0.0934 \text{ m}$$

# PRIMJENA ARHIMEDOVOG ZAKONA

## Primjer 2

Barža pravougaonog poprečnog presjeka dužine  $L = 60$  m, širine  $B = 12$  m pliva u slanoj vodi ( $\rho_{sw} = 1.025 \text{ t/m}^3$ ) na gazu od  $d = 5$  m.

Na kojem će gazu plivati barža ukoliko se u nju ukrca teret od 600 tona i ukoliko pređe u slankastu vodu gustine  $\rho_{FW} = 1.015 \text{ t/m}^3$ ?

Nakon ukrcaja 600 tona tereta barža mora imati gaz koji obezbjeđuje novi uzgon od 600 tona.

S obzirom daje vodna linija na kojoj brod pliva  $A = 60 \cdot 12 = 720 \text{ m}^2$ , ondaje

$$B \cdot L \cdot \Delta d \cdot \rho_{sw} = 600 \text{ t}$$

$$60 \cdot 12 \cdot \Delta d \cdot 1.025 = 600 \text{ t} \sim \Delta d = 0.813 \text{ m.}$$

Novi gaz u slanoj vodi je  $d_1 = d + \Delta d = 5 + 0,813 = 5.813 \text{ m.}$

Težina barže sa novim teretom je

$$L \cdot B \cdot d_1 \cdot \rho_{sw} = 60 \cdot 12 \cdot 5.831 \cdot 1.025 = 4289.99 \text{ t,}$$

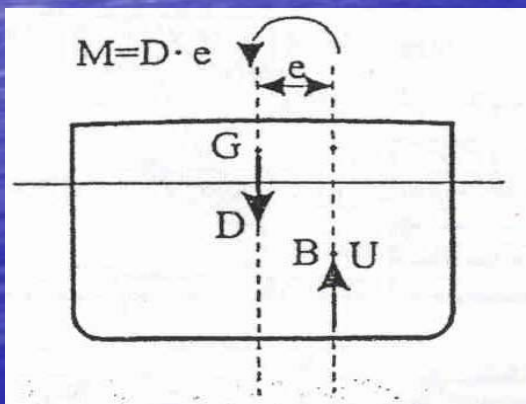
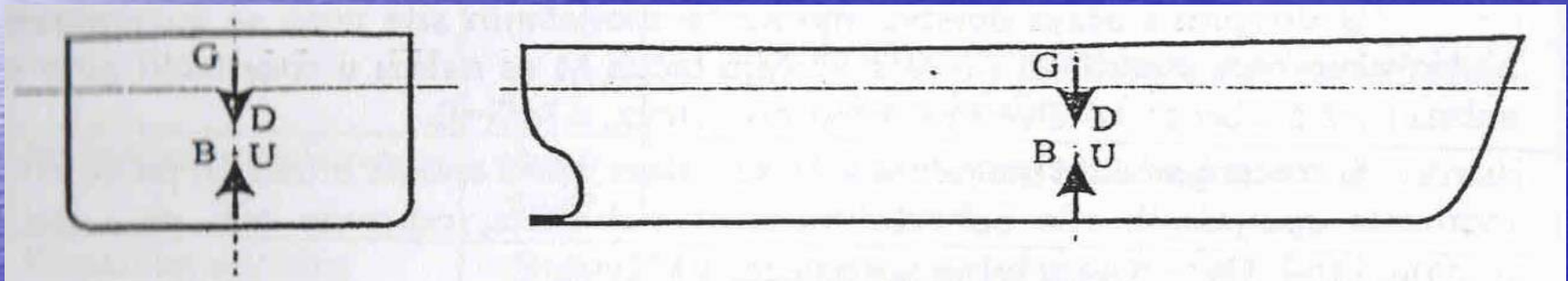
a istu težinu barža će imati i u slankastoj vodi iz čega se može izračunati gaz u slankastoj vodi

$$L \cdot B \cdot d_2 \cdot \rho_{FW} = 60 \cdot 12 \cdot d_2 \cdot 1.015 = 4289.99 \text{ t} \sim d_2 = 5.87 \text{ m}$$

# USLOVI PLOVNOSTI BRODA

**Plovnost** se definiše kao održavanje tijela na površini tečnosti, odnosno kao djelimična uronjenost.

1. Ukupna težina tijela jednaka je uzgonu, odnosno, masa broda je jednaka masi brodom istisnute tečnosti.
2. Liniju koja spaja težište broda (tijela) "G" i težište istisnine "B" mora biti vertikalna.



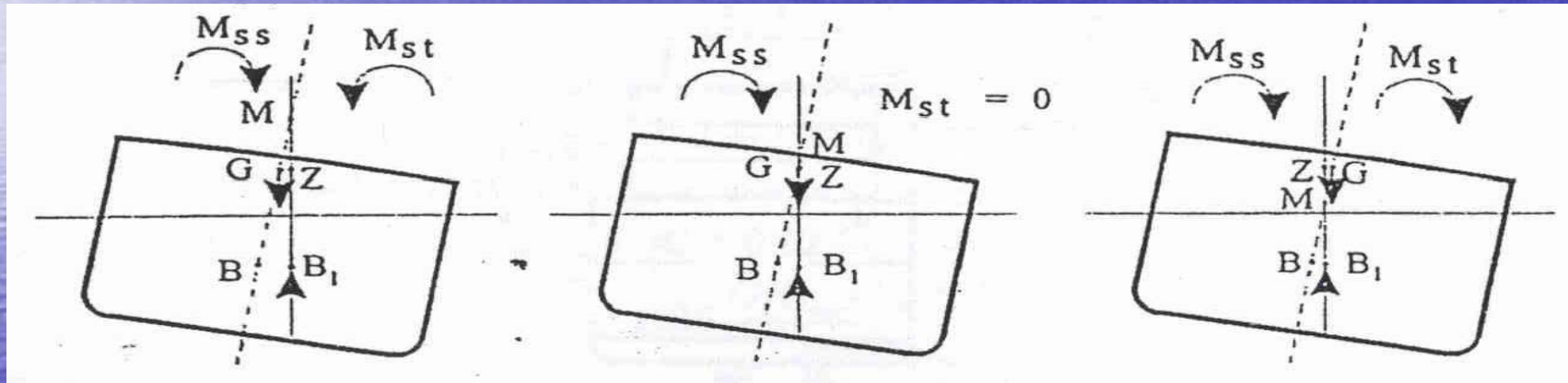
Ukoliko uslov 2 ne bi bio ispunjen, došlo bi do **obrotnog kretanja broda** jer bi se stvorio moment  **$D \cdot e$**  koji okreće brod

# USLOVI PLOVNOСТИ BRODA

## 3. Metacentar "M" mora biti iznad težišta tijela.

Ovaj uslov predstavlja **uslov stabilne ravnoteže**.

U odnosu na međusobni položaj metacentra i težišta uzgona, u slučaju dejstva momenta spoljašnjih sila  $M_{SS}$  koji izvodi brod iz ravnotežnog položaja mogu nastati tri slučaja.

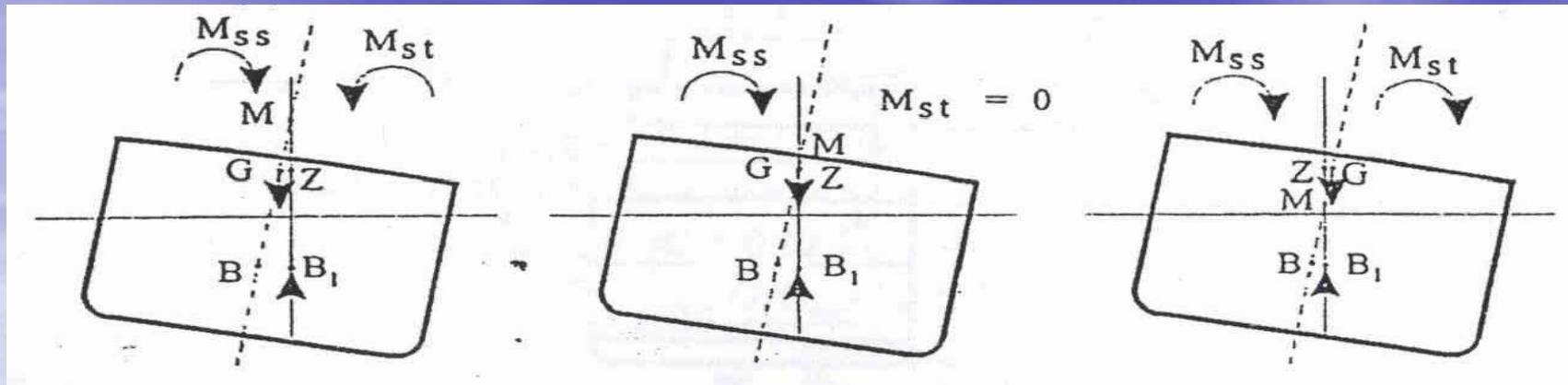


Stabilni

labilni

nestabilni položaj broda

# USLOVI PLOVNOСТИ BRODA



U prvom slučaju dejstvu momenta spoljašnjih sila suprotstaviće se moment stabiliteta

$$M_{st} = D \cdot MG \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Tačka **M** naziva se *metacentar*, a duž **MG** - *metacentarska vrsina*.

U ovom slučaju vidimo da se tačka **M** nalazi iznad težišta broda **G**, odnosno da je **MG > 0**.

Ovo je i uslov *stabilne ravnoteže*.

U drugom slučaju dejstvu momenta spoljašnjih sila neće se suprotstaviti nikakav moment stabiliteta i u tom slučaju tačka **M** se nalazi u istoj tački gdje se nalazi i težište broda **G**.

Ovo je *labilna ravnoteža*, a **MG = 0**.

U trećem slučaju metacentar **M** se nalazi ispod težišta broda **G**, pa dejstvu momenta spoljašnjih sila pomaže moment stabiliteta, odnosno teži da i dalje prevrne brod.

Ovo je *nestabilna ravnoteža*, a **MG < 0**.

Pitanja ?

**HVALA NA PAŽNJI**