


Školska godina 2007./2008.



Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje  
Studij računarstva

# Fizika 1

Predavanje 10  
Statika fluida.

10. siječnja 2008.  
Dr. sc. Ivica Puljak  
(Ivica.Puljak@fesb.hr)

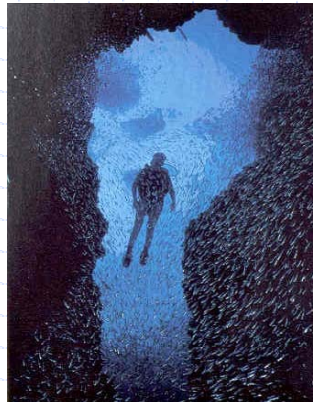
## Danas ćemo raditi:

- ◆ Tlak
  - Pascalov zakon
  - Hidrostatski tlak
  - Hidrostatski paradoks
  - Tlakomjeri
- ◆ Atmosferski tlak
  - Torricellijev pokus
  - Barometarska formula
- ◆ Uzgon
  - Arhimedov princip

10. siječnja 2008. Studij računarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Statika fluida

- ◆ Sila kojom voda djeluje na tijelo ronioca znatno poraste, čak i za relativno plitka ronjenja, npr. na dna bazena. Međutim, 1975. godine Wiliam Rhodes je, upotrebljavajući malu ronilicu i specijalnu mješavinu plinova za disanje, izronio iz komore koja je bila spuštena na 300 m dubine u Meksičkom zaljevu, i onda se spustio na rekordnu dubinu od 350 m. Začuđujuće, neiskusni ronilac koji vježba u bazenu može se naći u većoj opasnosti zbog sile koja djeluje na njega, nego što je to bio Rhodes. Ponekad se, nažalost, dogodi da neiskusni ronilac i pogine, kada zanemari takvu opasnost.



Kakva je to potencijalna opasnost?

Odgovor ćete saznati na današnjem predavanju.

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Gustoće nekih materijala i objekata

Materijal ili objekt	Gustoća (kg/m <sup>3</sup> )	Materijal ili objekt	Gustoća (kg/m <sup>3</sup> )
Međuzvezdani prostor	10 <sup>-20</sup>	Zemlja: prosjek	5,5 · 10 <sup>3</sup>
Najbolji vakuum proizveden u laboratoriju	10 <sup>-17</sup>	jezgra	9,5 · 10 <sup>3</sup>
Zrak: 20°C i tlak 1 atm	1,21	kora	2,8 · 10 <sup>3</sup>
20°C i tlak 50 atm	60,5	Sunce: prosjek	1,4 · 10 <sup>3</sup>
Led	0,917 · 10 <sup>3</sup>	jezgra	1,6 · 10 <sup>5</sup>
Voda: 20°C i tlak 1 atm	0,998 · 10 <sup>3</sup>	Zvijezda bijeli patuljak (jezgra)	10 <sup>10</sup>
20°C i tlak 50 atm	1,000 · 10 <sup>3</sup>	Uranova jezgra	3 · 10 <sup>17</sup>
Krv	1,060 · 10 <sup>3</sup>	Neutronska zvijezda	10 <sup>18</sup>
Željezo	7,9 · 10 <sup>3</sup>	Crna rupa (1 masa Sunca)	10 <sup>19</sup>
Živa	13,6 · 10 <sup>3</sup>		

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Neki tlakovi

	Tlak (Pa)
Središte Sunca	$2 \cdot 10^{16}$
Središte Zemlje	$4 \cdot 10^{11}$
Najveći tlak u laboratoriju	$1,5 \cdot 10^{10}$
Na dnu oceana	$1,1 \cdot 10^8$
Ženska potpetica na plesnom podiju	$1 \cdot 10^6$
Automobilska guma	$2 \cdot 10^5$
Atmosfera na morskom nivou	$1 \cdot 10^5$
Normalni tlak krvi (viša vrijednost)	$1,6 \cdot 10^4$
Najbolji laboratorijski vakuum	$10^{-12}$

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Primjer 1 – Vaš dnevni boravak

- ◆ Zamislite da vaš dnevni boravak ima dimenzije: širina 3,5 m, dužina 4,2 m i visina 2,4 m.
  - a) Kolika je težina zraka u sobi pri tlaku od 1 atmosfere?
  - b) Koliki je iznos sile na pod sobe?

◆ Rezultati: a) 420 N, b) 1 500 000 N

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Tlak - koncepti

**PRESSURE CONCEPTS:**

- PRESSURE ACTS ON A POINT IN ALL DIRECTIONS EQUALLY
- PRESSURE INCREASES WITH DEPTH
- PRESSURE CAUSED BY EXTERNAL FORCE
- 100 LBS
- PRESSURE ACTS PERPENDICULAR TO THE SURFACE
- IN A STATIC FLUID PRESSURE IS THE SAME AT ALL LOCATIONS WITH THE SAME DEPTH

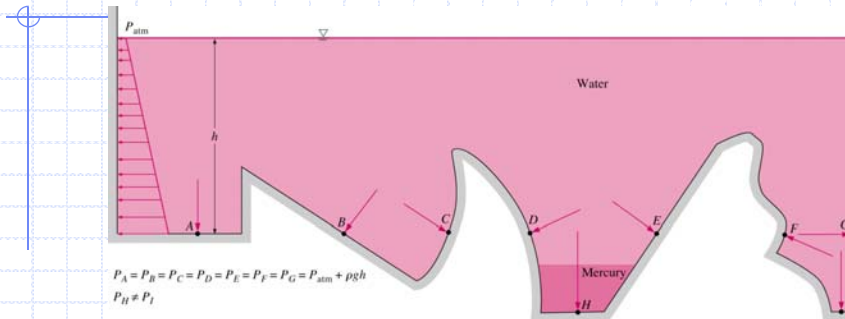
10. siječnja 2008. Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Različiti tlakovi

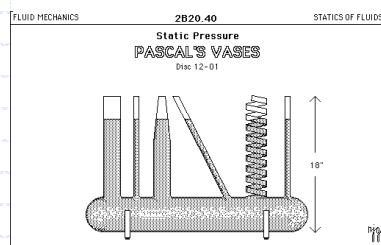
- AIR PRESSURE PRESSURIZES THE ENTIRE VOLUME OF WATER WITH THE SAME FORCE IN ALL DIRECTIONS
- PRESSURE CAUSED BY EXTERNAL FORCE
- 100 LBS
- PRESSURE CAUSED BY INTERNAL FORCE OF WATER ITSELF
- 0 AT TOP
- INCREASES WITH DEPTH
- CONSTANT AT SPECIFIC DEPTH

10. siječnja 2008. Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Promjena tlaka s dubinom



Pascalove vaze



10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Primjer 2 - Ronioc

- Ronioc početnik, vježbajući u bazenu, udahne dovoljno zraka iz boce za ronjenje i tako proširi pluća prije nego odbaci bocu na dubini  $L$  i izroni na površinu. Ignorirajući savjete iskusnijih ronioca nije se zaustavljao i dekompresirao. Kada je izronio, razlika vanjskog tlaka na njega i tlaka u njegovim plućima je  $9,3 \text{ kPa}$ . S koje je dubine započeo izronjavanje? S kakvim se rizikom susreo pri ovakvom izronjavanju?

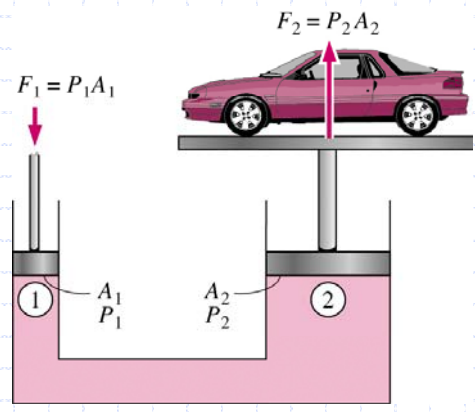


- Rezultat:  $L = 0,95 \text{ m}$ .

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Pascalov zakon



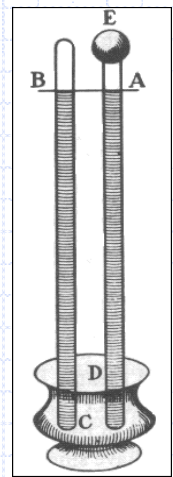
$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Atmosferski tlak

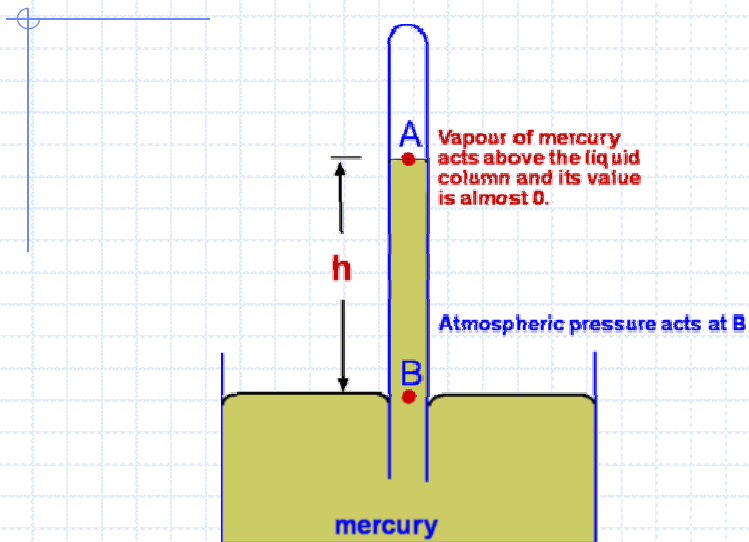
- ◆ Otto von Guericke (1602.-1686.)
- ◆ Evangelista Torricelli (1608.-1647.)



10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

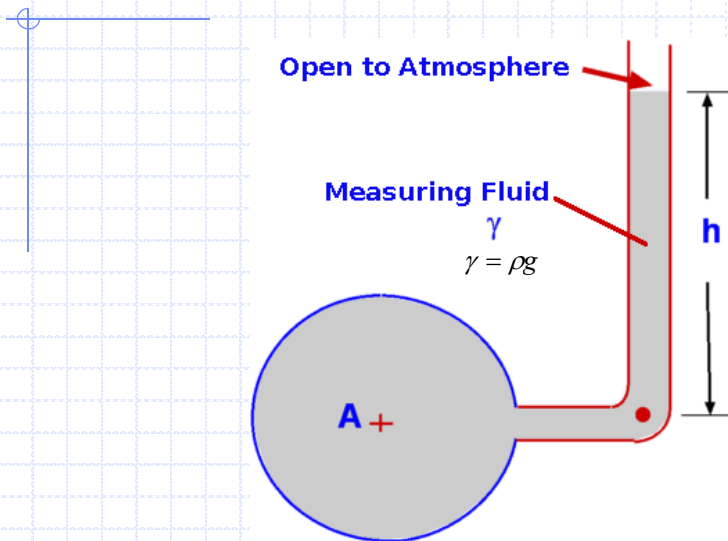
## Tlak – mjerenje: živin barometar



10. siječnja 2008.

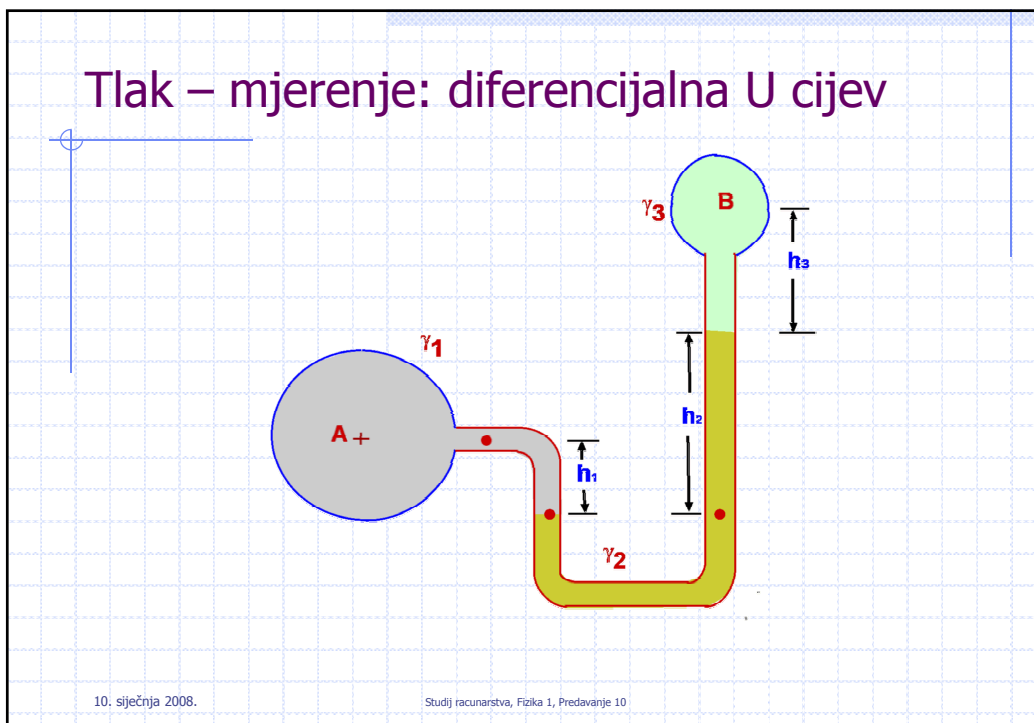
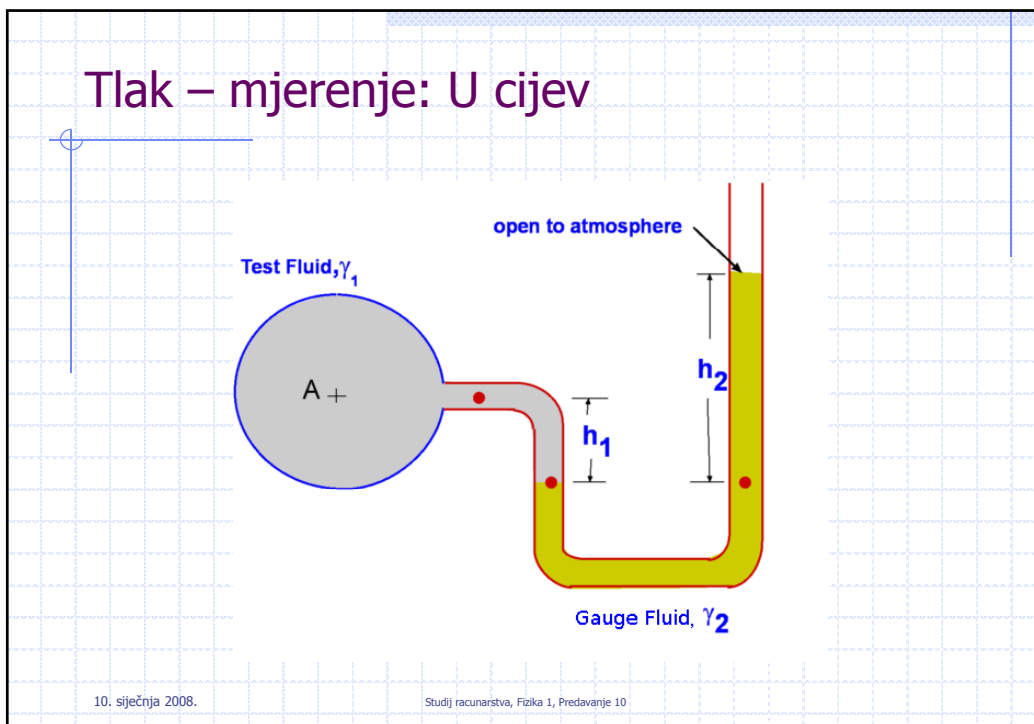
Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Tlak – mjerenje: piezometarska cijev



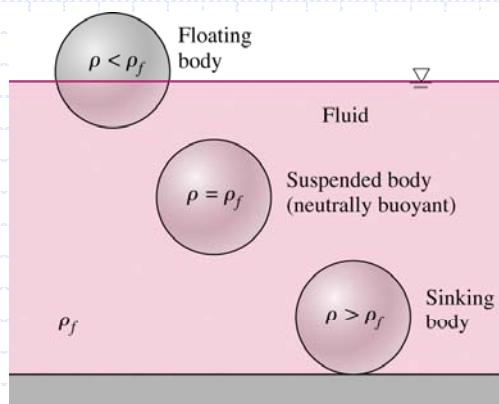
10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10





## Arhimedov zakon

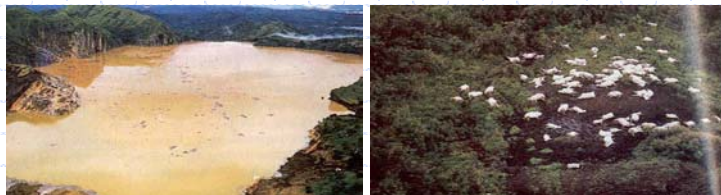


10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Primjer 3 – Uzgon

- U kasnu večer, 21. kolovoza 1986., neki događaj (vjerojatno podrhtavanje tla uzrokovano vulkanskom aktivnošću) je poremetio prirodnu ravnotežu kamerunskog jezera Nyos, koji ima visoku koncentraciju rastopljenog ugljičnog dioksida. Poremećaj je uzrokovao stvaranje mjehurića plina, koji su, zbog činjenice da su lakši od fluida koji ga okružuje (vode), izronili na površinu, i oslobodio ugljični dioksid. S obzirom da je sada teži od fluida koji ga okružuje (zrak) oslobođeni plin je počeo teći niz planinu poput rijeke, ugušivši pritom oko 1700 osoba i cijela krda životinja prikazana na slici.



10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Primjer 4 – Arhimedov princip

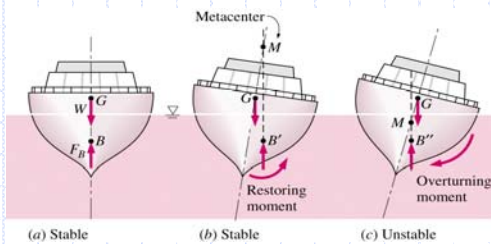
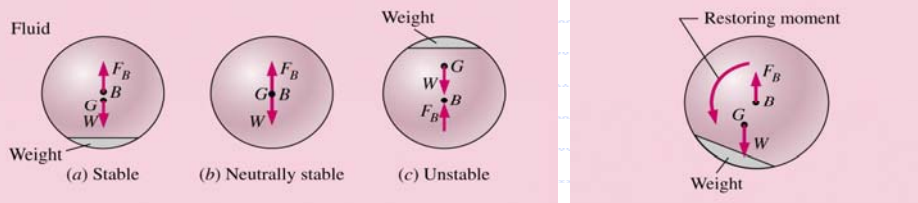
◆ Koliki dio sante leda viri iznad površine mora? Za gustoću leda uzmite vrijednost od  $900 \text{ kg/m}^3$ , a za gustoću morske vode uzmite vrijednost  $1020 \text{ kg/m}^3$ .

◆ Rezultat: 11,8%.

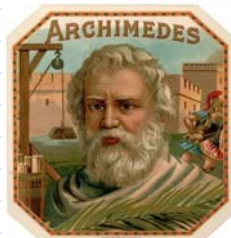
10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Stabilnost potopljenih i plutajućih tijela



## Zlatna kruna Hieroa II, Kralja Sirakuze



- ◆ Arhimed, 287-212 B.C.
- ◆ Hiero, 306-215 B.C.
- ◆ Hiero je čuo da mu je zlatar podvalio krunu u kojoj je dio zlata zamijenio srebrom
- ◆ Hiero je zatražio od Arhimeda da odredi je li kruna od čistog zlata
- ◆ Arhimed je trebao razviti nedestruktivnu metodu

## Zlatna kruna Hieroa II, Kralja Sirakuze



## Sažetak

- ◆ **Tlak** je omjer sile i površine na koju ta sila djeluje:  $p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S} = \frac{dF}{dS}$
- ◆ Jedinica za tlak je **paskal (Pa)**, a iznimno je dopuštena i jedinica bar =  $10^5$  Pa.
- ◆ **Pascalov zakon**: tlak u fluidu izazvan vanjskom silom (tzv. vanjski ili hidraulički tlak) širi se u fluidu jednako na sve strane.
- ◆ Na dubini  $h$  ispod površine tekućine tlak je  $p = p_a + \rho gh$ , gdje je  $p_a$  **atmosferski tlak**, a  $\rho gh$  **hidrostatski tlak** što ga uzrokuje težina tekućine.
- ◆ **Atmosferski tlak mijenja se s nadmorskom visinom** i opada po **barometarskoj formuli** koja za izotermnu atmosferu glasi, gdje su  $p_0$  i  $\rho_0$  tlak i gustoća zraka na visini  $h=0$ .  $p = p_0 e^{-\frac{\rho_0 gh}{p_0}}$
- ◆ **Arhimedov princip**: svako tijelo uronjeno u fluid prividno gubi od svoje težine toliko koliko teži istisnuti fluid.
- ◆ **Sila uzgona** na tijelo uronjeno u fluid:  $F_u = \rho_f g V$ , gdje je  $\rho_f$  gustoća fluida, a  $V$  volumen istisnutog fluida.

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10

## Pitanja za provjeru znanja

1. **Definirajte i ukratko objasnite sljedeće pojmove: tlak (općenito), atmosferski tlak, hidrostatski tlak, uzgon. Kako glasi Arhimedov princip? (obavezno)**
2. a) Objasnite Pascalov zakon za hidraulički tlak, te objasnite princip rada hidrauličke preše.  
b) Što je atmosferski tlak? Kako se mjeri? Kako se mijenja s visinom?
3. Izvedite izraz za hidrostatski tlak u tekućini na dubini  $h$ . Objasnite princip spojenih posuda (na primjeru spojenih posuda u kojima se nalaze tekućine različitih gustoća).
4. Izvedite izraz silu uzgona. Kako glasi Arhimedov princip? Diskutirajte slučajeve kada tijelo lebdi, kada se ubrzano diže, te kada pliva u fluidu.

10. siječnja 2008.

Studij racunarstva, Fizika 1, Predavanje 10