

# ФИЗИКА

- Статика флуида
  - Густина и притисак флуида
  - Промена притиска са дубином флуида
  - Паскалов принцип
  - Калибрација, апсолутни притисак и мерење притиска
  - Архимедов принцип. Сила потиска
  - Кохезија и адхезија у течностима. Површински напон.
  - Притисци у људском телу и њихово мерење.
- Динамика флуида
  - Веза протока и брзине струјања флуида
  - Једначина континуитета
  - Бернулијева једначина
  - Вискозност и ламинарно струјање. Пуазејев закон
  - Критеријум за одређивање карактеристика струјања флуида
  - Кретање тела кроз вискозни флуида
  - Молекуларни транспортни процеси. Дифузија, осмоза и остали процеси.



1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Појам флуида

- ваздух, вода, крв, ... – гасови и течности
- три агрегатна стања материје



čvrsto stanje



tečno stanje



gasovito stanje

- чврста тела – сталан облик и запремина
- течна тела – (мање-више) стална запремина али не и облик
- гасовита тела – ни стална запремина ни облик



2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Агрегатна стања

- претходна подела - условна
- асфалт - када се загреје слојеви "теку" један преко другог – понаша се као течност
- стање супстанце зависи од услова под којима се налази (вода – и све остале супстанце)



3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Појам флуида

- дефиниција флуида: на основу понашања када се нађу под дејством сила
- силе могу да деформишу тело на следеће начине:
  - истезање
  - компримовање
  - увртање
- чврста тела
  - мало се деформишу под дејством силе
  - након престанка деформације се враћају у претходни облик
- флуиди
  - лако се деформишу
  - и не враћају се у претходни облик
  - могу да "теку"
  - флуид - стање материје у коме она може да тече и мења облик и запремину под дејством веома слабих сила



4

---

---

---

---

---

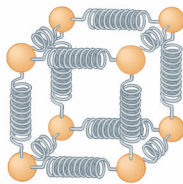
---

---

---

## Агрегатна стања - фазе

- чврсто стање - атоми се налазе релативно близу
- силе (привлачне и одбојне) дозвољавају атомима само да осцилију око равнотежних положаја али не и да мењају место на коме се налазе
- силе - сличне еластичним опругама које повезују атоме – истезу се и сабијају али не кидају



5

---

---

---

---

---

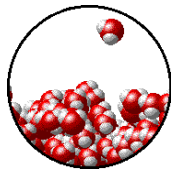
---

---

---

## Агрегатна стања - фазе

- течна фаза – атоми могу да се померају кроз течност – мењају суседе
- опире се сабијању, али могу лако да се деформишу – промене облик (течност нема отпорност на деформације увртања) - теку
- међумолекуларне силе су само привлачне
- не дозвољавају атомима да лако напусте течност
- када се налазе у суду попримају његово облик и формира се слободна површина одозго



6

---

---

---

---

---

---

---

---

## Агрегатна стања - фазе

- у гасовима - атоми удаљени једни од других
- силе које делују између њих – слабе, осим у сударима
- услед тога неопорни на деформације смицања – могу да теку, али и на остале – могу да се компримују
- из отвореног суда излазе



gasovito stanje



7

---

---

---

---

---

---

---

---

## Флуиди

Због међусобних сличности течности и гасови - флуиди

Флуиди могу да

- 1) "Теку";
- 2) Мењају облик запремине под дејством врло малих сила

Механика флуида:

статика  
динамика



8

---

---

---

---

---

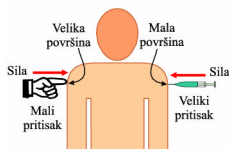
---

---

---

## Статика флуида

- густина и притисак у флуидима
  - густине чврстих и течних тела су поредиве
  - густина гасова је много мања
- притисак у флуидима?
  - крвни
  - атмосферски, ...
- притисак - у вези са силом која га изазива
- једна иста сила примењена на различите површине има различит ефекат
- притисак – однос нормалне силе и површине на коју је примењена



Ista sila primenjena na različite površine.

$$P = \frac{F}{S}$$



9

---

---

---

---

---

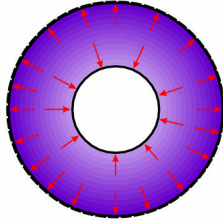
---

---

---

## Притисак

- Притисак у флуидима у стању мировања увек под правим углом у односу на зидове
- кад не би био јавила би се додатна сила која би изазвала кретање



10

---

---

---

---

---

---

---

---

## Притисак

- SI,  $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$

$$P = \frac{F}{S}$$

- Притисак делује на све површине у флуидима (замишљене или не)



11

---

---

---

---

---

---

---

---

## Промена притиска са дужином

- Вода: рониоци: на сваких 10 м расте за по 1 атмосферу (атмосферски притисак на нивоу мора)
- Атмосферски: опада са висином – значајно за планинарење и лет авионима
- закључци:
  - притисак зависи од дубине флуида
  - брже се мења у води него у ваздуху
  - густина воде  $1000 \text{ kg/m}^3$ , густина ваздуха  $1,2 \text{ kg/m}^3$
  - то би могло да има везе са густином флуида



12

---

---

---

---

---

---

---

---

## Промена притиска са дубином

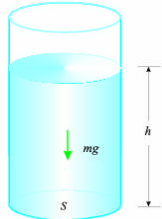
- последица је тежине флуида – дно посуде носи целу тежину

- тежина  $Q=mg$

$$P = \frac{mg}{S}$$

$$m = \rho V, \quad m = \rho Sh,$$

$$P = \frac{(\rho Sh)g}{S}, \quad P = \rho gh$$



13

---

---

---

---

---

---

---

---

## Промена притиска са дубином

- атмосфера - аналогно

$$P = \frac{mg}{S}$$

$$1 \text{ atmosfera} = P_{atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 101 \text{ kPa.}$$

- последица тежине ваздуха изнад површине Земље



14

---

---

---

---

---

---

---

---

## Паскалов закон

- Како створити притисак у флуиду?
- Деловањем силе на њега –
  - лакше је ако је затворен – налази се у неком систему – крвоток.
  - уколико је систем отворен (река), флуид под дејством силе отиче
- атоми флуида се слободно крећу – преносе притисак на све стране
- у чврстом телу притисак се преноси само у правцу дејства силе – атоми не могу да се слободно крећу
- флуид: притисак се преноси без умањења, подједнако на све стране – Паскалов принцип



15

---

---

---

---

---

---

---

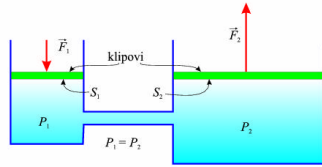
---

## Паскалов закон-примена-хидраулични системи

- 2 спојена цилиндра, напуњена флуидом и затворена покретним клиповима

- примењујемо силу на мањи цилиндар - преноси се притисак на већи на који делује већа сила

- Пример:
  - $S_2=5S_1$ ,
  - силом од  $F_1=100N$ ,
  - добија се  $F_2=500N$



Slika 6.7: Hidraulični sistem sa dva cilindra i dva klipa.

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$




---

---

---

---

---

---

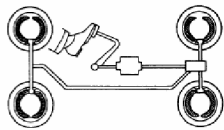
---

---

---

---

- Повећава се сила али не и износ рада!
- $A=Fd$
- Већи цилиндар се помера на мање растојање па је рад једнак уложеном (ако нема трења).



Hidraulični kočioni sistem kod automobila.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Калибрација

- Колики је притисак у избушеној аутомобилској гуми?
  - 0 Паскала?
  - различит је од 0 Паскала?
- Мерач притиска код вулканизера би показао нулу
- Он је дизајниран тако да показује разлику притиска у систему и атмосферског
- Наше тело је пример тако дизајнираног система.
- Укупан притисак у њему је збир свих притисака који делују на њега и у њему: атмосфера, срце, ...
- Атмосферски притисак нема утицај на струјање крви
  - додаје се притиску који ствара срце и при испумпавању и при испумпавању крви
- Закључак: и крвни притисак се мери у односу на атмосферски
- Подешавање уређаја за мерење притиска да показују разлику у односу на атмосферски - калибрација – таков притисак се зове калибрисани




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Апсолутни притисак, 9.11.2015.

- Апсолутни притисак – збир калибрисаног и атмосферског

$$P_{abs} = P_k + P_{atm}$$



19

---

---

---

---

---

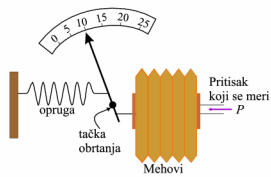
---

---

---

## Мерење притиска - анероид

- користе чињеницу да се притисак кроз флуиде преноси без губитака
- инструменти могу да буду “довољно” удаљени од система у коме мере притисак



Анероид – притисак ствара силу која се преводи у показивање казаљке, ...



20

---

---

---

---

---

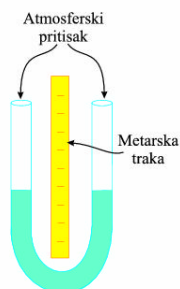
---

---

---

## Мерење притиска - манометар

- флуиди стварају притисак услед тежине  $P = \rho gh$
- U цев – манометар
- притисак са обе стране цеви мора да се уравнотежи – иначе флуид тече.



21

---

---

---

---

---

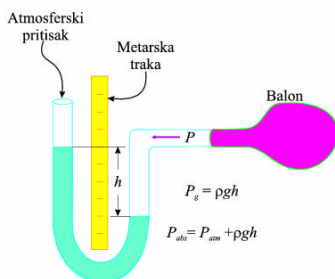
---

---

---

## Мерење притиска - манометар

- притисак у систему већи од атмосферског



22

---

---

---

---

---

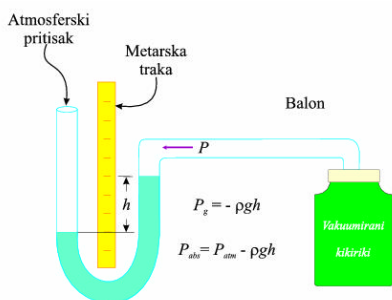
---

---

---

## Мерење притиска - манометар

- притисак у систему мањи од атмосферског




---

---

---

---

---

---

---

---

## Мерење притиска - манометар

- Показују калибрисани притисак
- Најчешћи флуид је жива
- манометар – за мерење крвног притиска
- манжетна - ставља се на руку у нивоу срца
- пумпа се ваздух – ствара притисак у манжетни, када постане већи од крвног крв испод манжетне престане да струји
- испушта се лагано ваздух док не почне поново да струји – у млазу



24

---

---

---

---

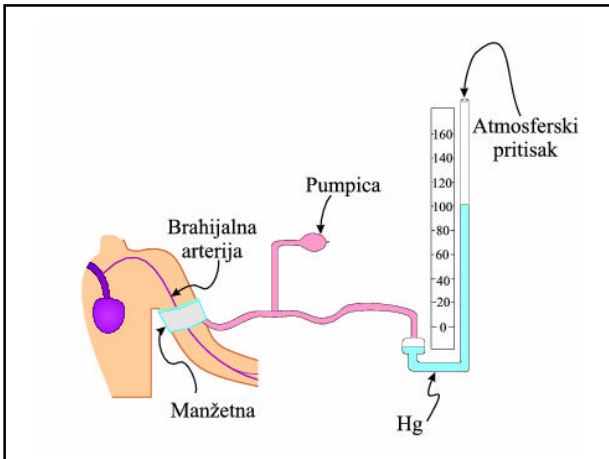
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---

- 120/80 – типична вредност притиска
- горњи притисак (mmHg) – (систолни (максимални) притисак - када лева комора пумпа крв у аорту)
  - указује на ефикасност срца при упумпавању срца у артерије –
- доњи притисак (дијастолни (минимални) јавља се када се комора пуни крвљу)
  - указује на еластичност артерија које одржавају притисак између два откуцаја на потребном нивоу




---

---

---

---

---

---

---

---

### Мерење притиска - барометар

инструмент за мерење ваздушног притиска

- не мери калибрисани притисак већ баш атмосферски
- притисак живиног стуба у равнотежава атмосферски

$$P_{atm} = \rho g h$$



---

---

---

---

---

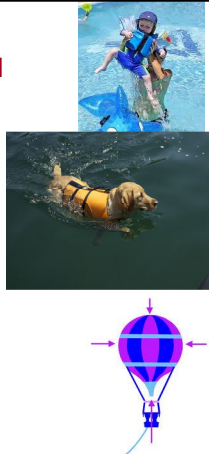
---

---

---

## Архимедов принцип

- Када изађемо из воде, руке и ноге нам изгледају тежи него што јесу
- разлог?
- У води постоји додатна сила која нам помаже да се одржавамо на њој.
- шта изазива ту силу?
- да ли та сила делује на нас и када смо ван воде – тј. у атмосфери – или делује само на балоне пуњене хелијумом?
- зашто нека тела пливају на води а нека не?




---

---

---

---

---

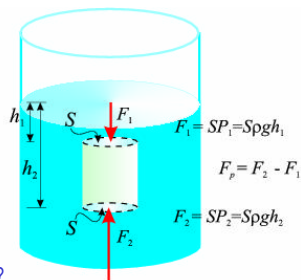
---

---

---

## Архимедов принцип

- разлог-порад притиска са дубином
- сила која делује на доњи део предмета је већа од оне која делује на горњи – резултујућа сила делује на горе
- **сила потиска**
- уколико је већа од тежине тела – издиже тело на површину воде
- ако је мања од тежине – тело тоне
- колики је интензитет ове силе?



29

---

---

---

---

---

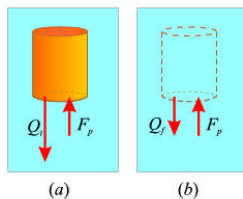
---

---

---

## Архимедов принцип

- колики је интензитет силе потиска?
- Када тело извадимо из флуида простор које је оно заузимало сада заузме флуид
- његова тежина је компензована околним флуидом, па је сила потиска једнака тежини флуида који је дошао на место тела.
- **Архимедов принцип: Сила потиска којом флуид делује на тело које се налази у њему је једнака тежини флуида који је био на том месту које тело сада заузима.**



$$F_p = Q_f$$



30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Архимедов принцип – пливање и тоњење

- грумен глине на води тоне
- ако га обликујемо у облику брода, односно орахове љуске, пливаће
- разлог је што кад промени облик истискује више воде – већа је сила потиска.
- бродови од челика

• **Архимедов принцип:** Сила потиска којом флуид делује на тело које се налази у њему је једнака тежини флуида који је био на том месту које тело сада заузима.

$$F_p = Q_f$$




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Архимедов принцип - густина

- средња густина тела одређује да ли ће тело да плива или тоне
  - уколико је мања од густине флуида – пливаће
  - ако је већа тонуће
- ако плива колико дубоко ће да утоне?

- однос запремине тела утонулог у флуид и укупне запремине тела
- запремина потопљеног дела је једнака запремини истиснутог флуида

$$\kappa = \frac{V_{pot}}{V_t} = \frac{V_f}{V_t} \quad \frac{V_f}{V_t} = \frac{m_f / \rho_f}{m_t / \rho_t}$$

- маса истиснутог флуида је једнака маси тела

$$\kappa = \frac{\rho_t}{\rho_f}$$




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Кохезија и адхезија у течностима – површински напон

- привлачне међумолекуларне силе између молекула исте врсте – кохезионе
  - омогућују неким инсектима да ходају по површини воде
  - одговорне за облик капи
- привлачне међумолекуларне силе између молекула различите врсте – адхезионе
  - држе капи воде на прозорском стаклу, на лишћу биљака,




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Кохезија и адхезија у течностима – површински напон

- кохезионе силе – слободна површина течности се понаша као затегнута гума
- контрахује се до најмање могуће површине - формира сферну кап ако је могуће
- ефекат – површински напон
- молекули који су унутра – окружени једнаким бројем суседа – сила је једнака нули
- ако је кап несферна – резултујућа сила приморава молекуле да заузму положаје тако да је слободна површина минимална - сфера.




---

---

---

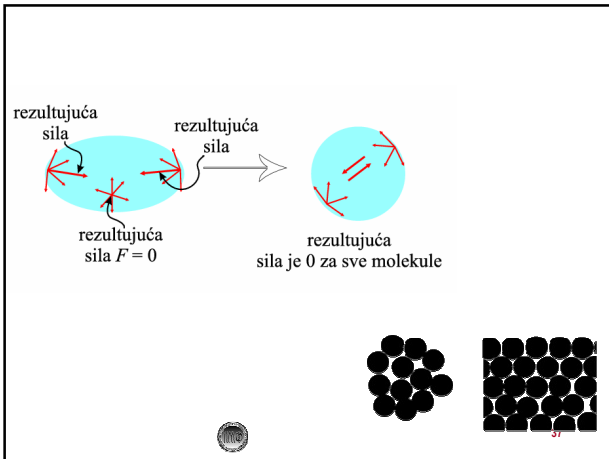
---

---

---

---

---




---

---

---

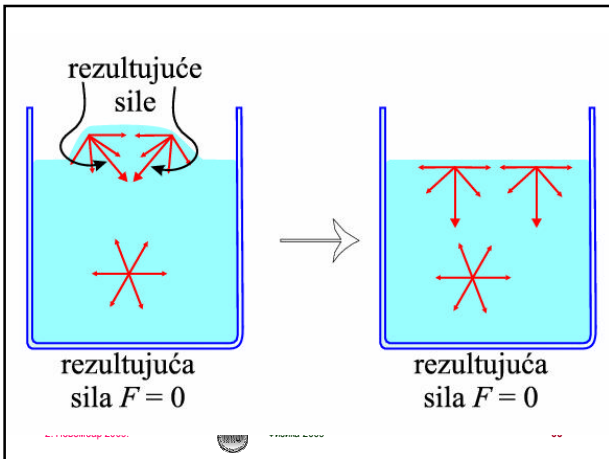
---

---

---

---

---




---

---

---

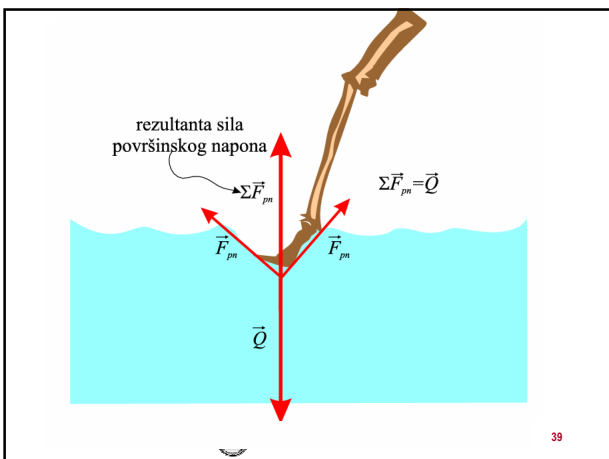
---

---

---

---

---




---

---

---

---

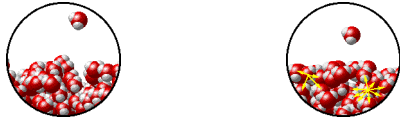
---

---

---

---

### Површински напон



---

---

---

---

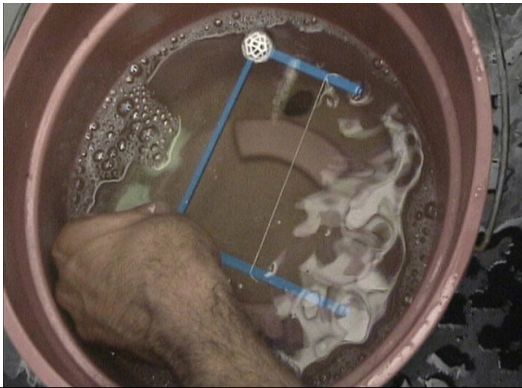
---

---

---

---

### Површински напон - мерење



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

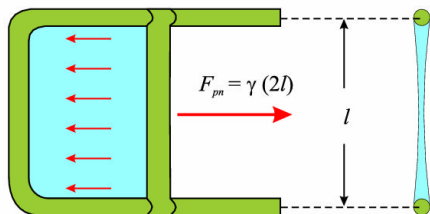
---

---

---

## Површински напон - мерење

- коефицијент површинског напона



$$\gamma = \frac{F}{L}$$

Опна има 2 стране!!!

43

---

---

---

---

---

---

---

---

Tečnost	Koef. povr. napona $\gamma$ (N/m)
Voda (na 0°C)	0,0756
Voda (na 20°C)	0,0728
Voda (na 100°C)	0,0589
Sapunica	0,0370
Etil alkohol	0,0223
Glicerin	0,0631
Živa	0,465
Maslinovo ulje	0,032
Krv (na 37°C)	0,058
Krvna plazma (na 37°C)	0,073
Zlato (na 1070°C)	1,000
Kiseonik (na -193°C)	0,0157
Helijum (na -269°C)	0,00012

44

---

---

---

---

---

---

---

---

- Површински напон ствара притисак унутар мехурова.
- да ли тај притисак зависи од величине мехура?
- услед тежње да слободна површина буде што мања, сабија гас унутар мехура и повећава му притисак
- дечији балон: када га надувамо и пустимо, испушта ваздух и креће се убрзано, највеће убрзање доживљава када се сакупи на најмању могућу величину => притисак је највећи када је површина најмања
- Калибрисани притисак унутар мехура је

$$P = \frac{4\gamma}{r},$$

45

---

---

---

---

---

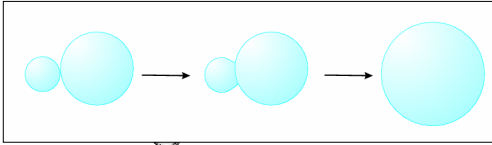
---

---

---

- Последица: кад се сударе мехури, ваздух из мањег уђе у већи и формира се још већи

$$P = \frac{4\gamma}{r}$$




---

---

---

---

---

---

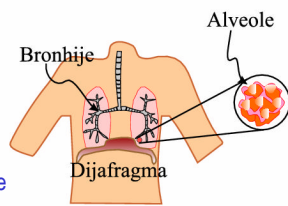
---

---

## Површински напон и плућа

- У плућима постоје "мехурићи" – алвеоле
- контрахују се услед површинског напона који је у одређеном распону
- ако је превелик не можемо да удахнемо – код утопљеника
- неке бебе се рађају без супстанце под називом **сурфактант** која смањује површински напон

$$P = \frac{4\gamma}{r}$$



47

---

---

---

---

---

---

---

---

## Адхезија. Капиларне појаве

- Зашто вода лако клизи низ опрана и воскирана кола а низ неопрана и невоскирана теже?
- Одговор:
  - адхезионе силе између воска и воде су мање него између воде и боје
  - то доводи до различитих вредности углава квашења




---

---

---

---

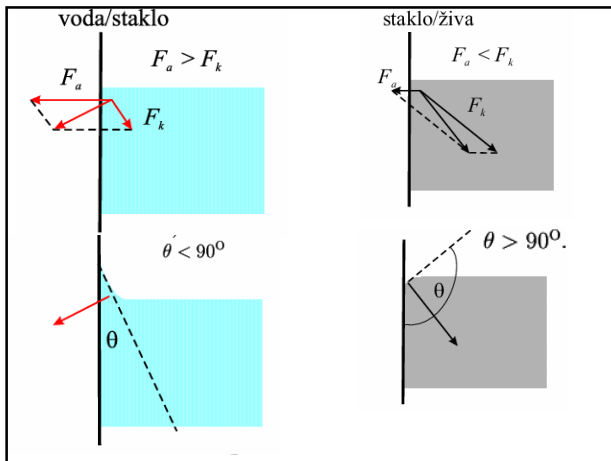
---

---

---

---






---

---

---

---

---

---

---

---

### Угао квашења за неке супстанце

Supstance	Угао квашења $\theta$
Ѕива-стакло	$140^\circ$
Вода-стакло	$0^\circ$
Вода-парафин	$107^\circ$
Вода-сребро	$90^\circ$
Органске течности-стакло	$0^\circ$
Етила алкохол-стакло	$0^\circ$
Керозин-стакло	$26^\circ$




---

---

---

---

---

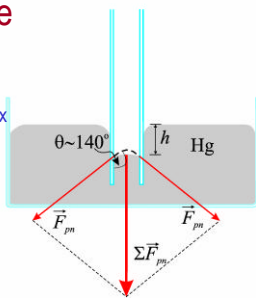
---

---

---

### Капиларне појаве

- капиларе – узане цеви (пречник мањи од 1 милиметра) отворене на оба краја
- појаве – услед разлика кохезионих адхезионих сила
- ниво слободне површине у капилари се не понаша као код спојеног суда – подиже се или спушта – зависно од комбинације супстанци
  - ако течност "кваси" суд – подиже се
  - ако "не кваси" спушта се
- закривљена слободна површина - менискус



Slika 6.26: Kapilara od stakla u živi.




---

---

---

---

---

---

---

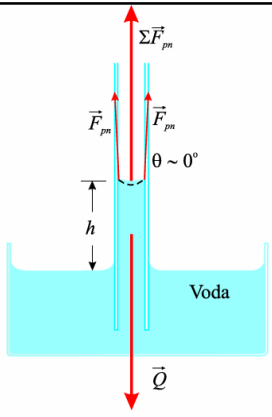
---

- висина на коју се подиже (спушта) течност је одређена једнакошћу тежине стуба и силе површинског напона.
- укупна сила површинског напона која делује на слободну површину у капилари

$$\sum \vec{F}_{pm} = \gamma L = 2\pi r \gamma$$

- тежина

$$Q = mg = \rho V = \rho \pi r^2 hg.$$

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$$


Slika 6.27: Kapilara od stakla u vodi.

---

---

---

---

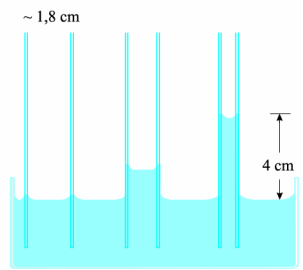
---

---

---

---

### Анализа израза за висину стуба у капилари

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$$


Slika 6.28: Cevi raznih poprečnih preseka.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Притисци у људском телу и мерење

- Крвни притисак
- Очи
- у плућима
- у кичменој мождини и лобањи
- у мокраћној бешици
- у коштаном систему

54

---

---

---

---

---

---

---

---

## Притисци у људском телу и мерење

Deo tela	Kalibrisani pritisak u mm Hg
Krvni pritisak u velikim arterijama (mirovanje)	
- Maksimalan (sistolni)	100-140
- Minimalni (diastolni)	60-90
Krvni pritisak u velikim venama	4-15
Oko	12-24
Mozak i kičmena moždina (ležeći položaj)	5-12
Mokraćna bešika	
- kada nije puna	0-25
- kada je puna	100-150
Grudna šupljina (između pluća i rebara)	-8 do -4
Između plućnih krila	-2 do +3
Digestivni trakt	
- esophagus	-2
- u stomaku	0-20
- u crevima	10-20
Srednje uvo	< 1

Tabela 6.3: Tipične vrednosti pritiska u ljudskom telu.

## Очни притисак

- Очи имају овални облик услед постојања притиска у њима: од 12,0-24,0 мм
- Ако нема циркулације, пораст притиска – глауком (до 85 мм)
- сила коју изазове овај притисак може да оштети очни нерв
- мерење очног притиска – деловање неком силом на око и праћење његове деформације



56

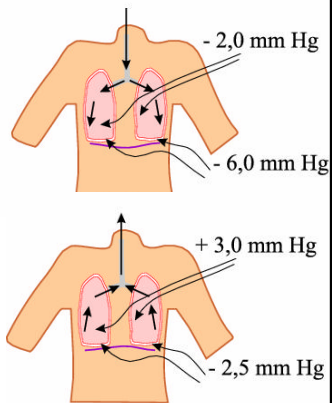
## Притисак у плућима

- расте и опада са сваким узимањем и избацавањем ваздуха из њих
- када удишемо – мањи од атмосферског (калибрисани притисак негативан)
- када издишемо – већи од атмосферског (калибрисани притисак позитиван)
- резултат је више утицаја



57

- мишићи дијафрагме и ребарни повлаче плућна крила према споља и смањују притисак
- површински напон алвеола ствара позитиван притисак - без мишићних активности се ваздух избацује (мишићи могу да помогну - кашаљ)
- површински напон у алвеолама може да изазове колабирање плућа
- али плућа су везана адхезионим силама изнутра за груди - пливају у течности
- овај притисак је негативан (од - 2,5 (издисање) до -6 мм (удисање))
- ако ваздух уђе у простор у коме се налазе плућа - она се сакупљају - адезиционе силе не могу да их држе




---



---



---



---



---



---



---