



**МЕТОДОЛОГИЈА
МЕРЕЊА
И
МЕРНИ УРЕЂАЈИ**

Др Весна Лазаревић

ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА



- ✓ **Закон о безбедности и здрављу на раду**
(„Службени гласник РС”, бр. 101/2005,
91/2015 и 113/2017).
- ✓ **Закон о метрологији**
(„Сл. гласник РС”, бр. 15/2016).
- ✓ **Уредба о одређеним законским мерним
јединицама и начину њихове употребе**
(„Сл. гласник РС”, бр. 43/2011)



**МЕРЕЊЕ, ГРЕШКЕ МЕРЕЊА
И ОБРАДА РЕЗУЛТАТА
МЕРЕЊА**

МЕЂУНАРОДНИ СИСТЕМ МЕРНИХ ЈЕДИНИЦА (SI)

На основу члана 16. **Закона о метрологији** („Сл. гласник РС“, бр. 15/2016) и **Уредбе о одређеним законским мерним јединицама и начину њихове употребе** („Сл. гласник РС“, бр. 43/2011) законске мерне јединице које се употребљавају у Републици Србији су јединице Међународног система јединица (Systeme International d'Units, SI).

Табела 1 *Имена и симболи основних SI - јединица*

Fizička veličina	Simbol	Naziv jedinice	Simbol jedinice
Dužina	<i>l</i>	Metar	m
Masa	<i>m</i>	Kilogram	kg
Vreme	<i>t</i>	Sekunda	s
Termodinamička temperatura	<i>T</i>	Kelvin	K
Jačina struje	<i>I</i>	Amper	A
Količina supstance	<i>n</i>	Mol	mol
Intenzitet svetlosti	<i>I</i>	Kandela	cd

$$K = ^\circ C + 273,15$$

МЕРЕЊЕ

Мерење је поступак одређивања вредности неке физичке величине помоћу одговарајућих мерних инструмената.

Сваки експериментални рад праћен је мерењем неке физичке величине која се пореди са стандардном величином која је узета за јединицу, а свака измерена величина и свака величина израчуната на основу експерименталних података поседују одређен степен непоузданости.

Вредност мерене величине, добијена мерењем, се назива **резултат мерења**. По начину на који се долази до вредности мерене физичке величине, разликују се:

- **директно мерење** - директно упоређивање мерене величине са одговарајућом јединицом, што је случај са свим величинама које су у SI узете за основне (температура неког тела директно се читава са термометра, јачина струје у неком колу директно се читава са амперметра итд.).
- **индиректно мерење** - одређивање вредности неке физичке величине посредним путем, односно преко формуле која је повезује са другим величинама мереним директним путем.

ГРЕШКЕ МЕРЕЊА

Приликом мерења неке физичке величине никад се не може добити њена “права” вредност, већ само апроксимација праве или апсолутне вредности мерене величине.

Грешка мерења је разлика између резултата мерења и просечне вредности којом се замењује права вредност физичке величине.

Међутим, тачност резултата мерења понекад је ограничена низом, како субјективних, тако и објективних проблема. Из тог разлога се, у принципу, разликују две врсте грешака:

- **систематске - објективне** и
- **случајне - субјективне.**

ГРЕШКЕ МЕРЕЊА

Систематске грешке - при поновљеним мерењима остају константне или се мењају по одређеном закону.

Оне могу бити условљене:

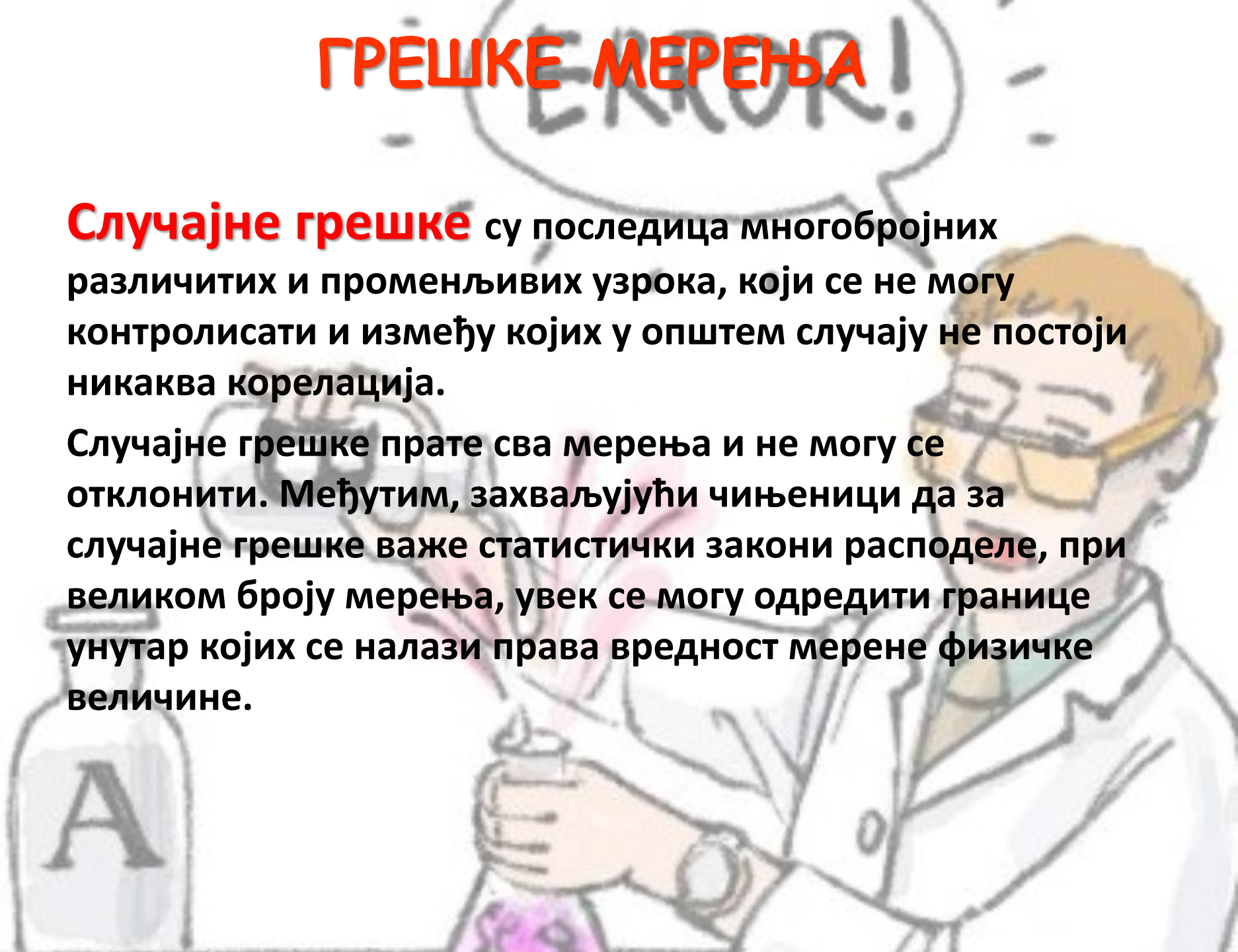
- **недостацима методике мерења (методичке грешке) и**
- **несавршеношћу мерних уређаја (грешке уређаја).**

Систематска грешка се неће смањити повећањем броја мерења, али може се у доброј мери отклонити увођењем одређене корекције.

ГРЕШКЕ МЕРЕЊА

Случајне грешке су последица многобројних различитих и променљивих узрока, који се не могу контролисати и између којих у општем случају не постоји никаква корелација.

Случајне грешке прате сва мерења и не могу се отклонити. Међутим, захваљујући чињеници да за случајне грешке важе статистички закони расподеле, при великом броју мерења, увек се могу одредити границе унутар којих се налази права вредност мерене физичке величине.

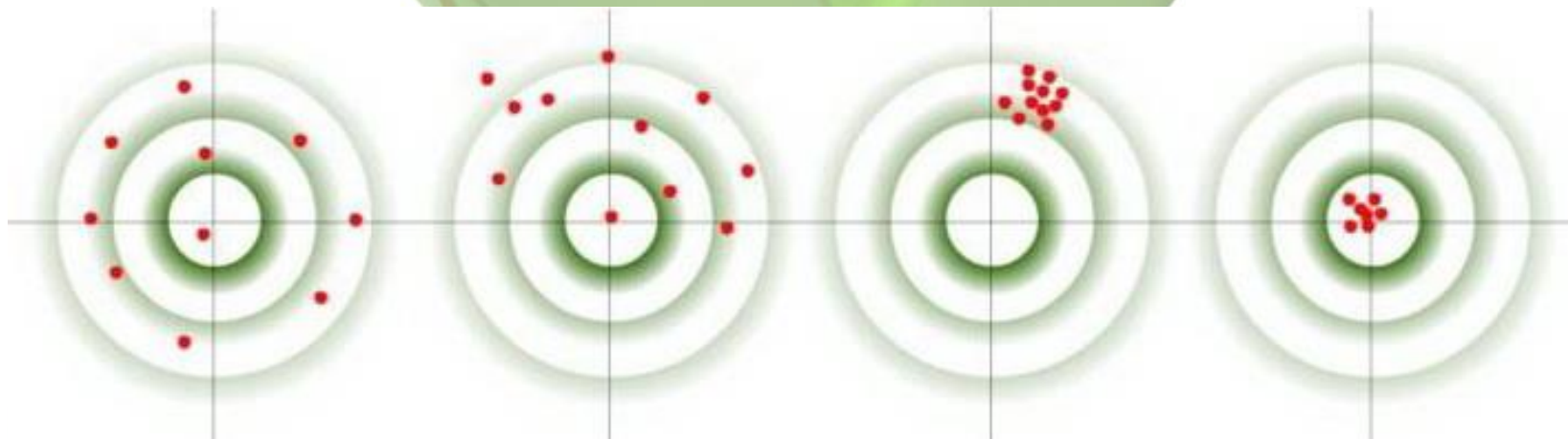


ГРЕШКЕ МЕРЕЊА

Величина системске грешке одређује **тачност**, а величина случајне грешке одређује **прецизност мерења** физичке величине.

Прецизност мерења описује поновљивост мерења, као и међусобну сличност, а зависи од квалитета прибора, величине најмањег подељка на скали инструмента, радног искуства итд. Што су вредности мерења међусобно ближе, оне су тачније.

Тачност описује колико је одступање измерене од праве вредности, а зависи од избора методе, конструкције инструмената и начина калибрације.



Непрецизно и нетачно

Тачно а непрецизно

Нетачно а прецизно

Прецизно и тачно

ГРЕШКЕ МЕРЕЊА

Апсолутна грешка мерења једнака је разлици између вредности мерене физичке величине и тачне вредности физичке величине:

$$\Delta x = |x - x_t|$$

где је x вредност мерене величине а x_t договорена/усвојена тачна вредност физичке величине.

Релативна апсолутна грешка дефинише се као однос апсолутне грешке мерења и тачне вредности мерене величине:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_t} = \frac{|x - x_t|}{x_t}$$

Релативна грешка је неименован број, нема димензију, тако да се ова грешка најчешће **изражава у процентима**:

$$\delta[\%] = \frac{\Delta x}{x_t} \cdot 100 = \frac{|x - x_t|}{x_t} \cdot 100$$

ГРЕШКЕ МЕРЕЊА

Нека је приликом **N** поновљених директних мерења физичке величине **x** измерено **N** вредности **x**. Средња вредност мерења је:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N}$$

Ако број мерења тежи бесконачности, тада се средња вредност приближава договореној тачној вредности:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x} = x_t$$

Апсолутна грешка појединачних мерења представља одступање измерене вредности **x_i** од њене средње вредности:

$$\Delta x = x_i - \bar{x}$$

Максимална апсолутна грешка је:

$$\Delta x_{max} = \Delta x_{i max}$$

ГРЕШКЕ МЕРЕЊА

Релативна грешка појединачног мерења:

$$\delta_i = \frac{\Delta x_i}{\bar{x}} = \frac{|x_i - \bar{x}|}{\bar{x}}$$

Релативна грешка изражена у процентима:

$$\delta_i [\%] = \frac{\Delta x_i}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{|x_i - \bar{x}|}{\bar{x}} \cdot 100$$

Ако се изврши велики број мерења, значајну информацију о грешки мерења даје **средња квадратна грешка** која се одређује као:

$$\sigma_{exp} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Резултати мерења, као и **грешке мерења** приказују се табеларно и у случају директног и у случају индиректног мерења.

Табеларни приказ је погодан јер омогућује прегледно и систематско уписивање већег броја података. У табели свака колона садржи ознаку физичке величине и јединицу којом се она изражава.

Начин изражавања резултата мерења величине **x** мора бити такав да садржи информацију о измереној вредности **x**, као и о грешци са којом је то мерење извршено. Коначан резултат мерења се представља у виду заграде у којој фигурише средња вредност мерења и грешка, а ван заграде одговарајућа јединица.

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

За једно **директно мерење** резултат се изражава у облику:

$$x = x_1 \pm \Delta x$$

где је са x_1 представљена измерена вредност док је грешка Δx одређена половином вредности најмањег подеока на инструменту или пак његовом девијацијом.

Резултат мерења се **може изразити и преко релативне грешке**:

$$x = x_1 \pm \delta_x$$

Ако је извршено **5 и више мерења величине** x , резултат мерења се изражава као:

$$x = \bar{x} \pm \sigma_x$$

У случају да је извршено **мање од 5 мерења**, резултат мерења се изражава као:

$$x = \bar{x} \pm |\Delta x_{max}|$$

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Значајне цифре

Свака цифра броја, изузимајући нуле које служе за одређивање положаја децималног зареза (тачке) назива се значајна цифра.

Увек треба поштовати правило да се експериментални резултати не смеју представљати са већим бројем значајних цифара него што је то одређено грешком мерења.

На пример, пошто апсолутна грешка мерења масе на аналитичкој ваги износи $\pm 0,0001$ маса измерених предмета мора бити представљена закључно са четири цифре иза децималног зареза.

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Заокруживање резултата мерења

Правила заокруживања:

- ако је прва цифра која се одбацује 0, 1, 2, 3 или 4, последња задржана цифра се не мења - $7,48(0,1,2,3,4) \approx 7,48$
- ако је прва цифра која се одбацује 6, 7, 8 или 9, последња задржана цифра се повећава за један - $7,48(6,7,8,9) \approx 7,49$
- ако је прва цифра коју треба одбацити 5, а иза ње има још цифара које су различите од нуле, тада се последња задржана цифра повећава за један - $3,14159 \approx 3,142$
- ако је прва и једина цифра 5 коју треба одбацити, а иза ње нема више цифара или су нуле, тада се задња задржана цифра која остаје **увећава за један ако је непарна, а не мења се ако је парна** - $3,1415 \approx 3,142$
 $3,1465 \approx 3,146$

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Заокруживање резултата мерења

Примери заокруживања:

$\pi \approx 3,141\ 592\ 653\ 589 \approx 3,141\ 592\ 653\ 6$ – десет децимала

$\approx 3,141\ 59$ - пет децимала

$\approx 3,142$ – три децимале

$\approx 3,14$ - две децимале

$7,485 \approx 7,48$

$7,475 \approx 7,48$

$82\ 330 \approx 82\ 300$

$439\ 010\ 000 \approx 439\ 000\ 000$



ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Заокруживање грешака

Апсолутна грешка се увек заокружује на једну, а највише на две значајне цифре и то:

- једна значајна цифра се оставља, ако је прва цифра различита од нуле већа од јединице (2-9) $\Delta x = 2,34 \rightarrow \Delta x \approx 3$
- две значајне цифре се могу оставити, ако је прва цифра различита од нуле једнака јединици $\Delta x = 17,28 \rightarrow \Delta x \approx 18$

При **заокруживању апсолутне грешке** примењује се правило мајоризације, по коме се грешка увек заокружује на већу цифру, осим ако је прва цифра коју треба одбацити нула

$$\Delta x = 0,048 \rightarrow \Delta x \approx 0,05 \text{ или } \Delta x = 0,0124 \rightarrow \Delta x \approx 0,013$$

Релативна грешка се увек заокружује на две значајне цифре.

$$\Delta x = 34,74 \rightarrow \Delta x \approx 40$$

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Примери заокруживања грешака

$$\Delta x = 0,023 \rightarrow \Delta x \approx 0,03$$

$$\Delta x = 0,048 \rightarrow \Delta x \approx 0,05$$

$$\Delta x = 2,34 \rightarrow \Delta x \approx 3$$

$$\Delta x = 34,74 \rightarrow \Delta x \approx 40$$

$$\Delta x = 0,0124 \rightarrow \Delta x \approx 0,013$$

$$\Delta x = 17,28 \rightarrow \Delta x \approx 18$$

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Пример:

Израчуната средња вредност мерења $\bar{x} = 12,2325 \text{ m}$

Израчуната максимална апсолутна грешка мерења $\Delta x_{\max} = 0,03345 \text{ m}$

Прво заокружимо апсолутну грешку правилом мајорирања $\Delta x \approx 0,04 \text{ m}$

Затим заокружимо средњу вредност (правилом броја 5) на исту тачност као и заокружену вредност апсолутне грешке (последња значајна цифра средње вредности је на истом декадном месту значајне цифре апсолутне грешке) $\bar{x} \approx 12,23$

Резултат мерења се сада може написати као:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x_{\max}$$

$$x = (12,23 \pm 0,04)$$

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Пример 1

Нека је резултат мерења задат са:

$$x = 2,3 \pm 0,1$$

Нађимо релативну грешку тог мерења.

Решење: Када нам је непознат број задат на овај начин, у ствари нам је задата његова приближна вредност и апсолутна грешка:

$$x_1 = 2,3$$

$$\Delta x = 0,1$$

Дакле, релативна грешка је:

$$\delta x = \frac{\Delta x}{x_1} \cdot 100 = \frac{0,1}{2,3} \cdot 100 = 4,347 = 5\%$$

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Пример 2

Резултати мерења две величине су дати са:

$$x = 12,3 \pm 0,1$$

$$y = 23,4 \pm 0,2$$

Које мерење је тачније?

Решење: Да би упоредили два мерења, користимо релативну грешку

$$\delta x = \frac{\Delta x}{x_1} = \frac{0,1}{12,3} = 0,0813008 \dots < 0,0082$$

$$\delta y = \frac{\Delta y}{y_1} = \frac{0,2}{23,4} = 0,0857008 \dots < 0,0086$$

У првом мерењу је направљена мања релативна грешка. Дакле, тачније је мерење вредности x .

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Пример 3

Да би одредили атмосферски притисак у школи ученици су га мерили у пет учионица. У табели 1 су приказани резултати мерења. Колики су притисак измерили? Резултат изразити са апсолутном грешком. Одредити релативну грешку мерења притиска.

Мерење	p (кра)
1	100,9
2	99,7
3	100,2
4	99,9
5	100,6

ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Средња вредност атмосферског притиска је:

$$p_{sr} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5}{5} = 100,26 \text{ kPa}$$

Мерење	p (kPa)	$ p_{sr} - p $ (kPa)
1	100,9	0,64
2	99,7	0,56
3	100,2	0,06
4	99,9	0,36
6	100,6	0,34

Максимална апсолутна грешка је $\Delta p_{\max} = 0,64 \text{ kPa} \approx 0,7 \text{ kPa}$.

На основу апсолутне грешке заокружујемо средњу вредност $p_{sr} = 100,3 \text{ kPa}$, па се резултат мерења може написати као: $p = 100,3 \pm 0,7 \text{ kPa}$.

Релативна грешка је:

$$\delta_p = \frac{\Delta p_{\max}}{p_{sr}} \cdot 100 \% = \frac{0,64}{100,26} \cdot 100 \% = 0,64$$

МЕРЕЊЕ МАСЕ

Маса се, поред запремине, убраја у екстензивна својства супстанце, која зависе од количине супстанце.

Основна јединица масе је килограм (kg).

Најчешће коришћене јединице масе у лабораторији су:

грам (g), милиграм (mg) и микрограм (μg).

Грам је метричка јединица за масу која износи хиљадита део килограма.

$$g = \frac{\mu\text{g}}{1000000}$$

$$g = \frac{\text{mg}}{1000}$$

Милиграм је јединица за масу која одговара хиљадитом делу грама.

$$\text{mg} = \frac{\mu\text{g}}{1000}$$

$$\text{mg} = \frac{g}{0,001}$$

Микрограм је јединица за масу која одговара милионитом делу грама.

$$\mu\text{g} = \frac{\text{mg}}{0,001}$$

$$\mu\text{g} = \frac{g}{0,000001}$$

МЕРЕЊЕ МАСЕ

Вага је сигурно средство која
(хемичара) неће преварити
А. Л. Lavoiser

Прибор за мерење масе

Маса се, поред запремине, убраја у екстензивна својства супстанце, која зависе од количине супстанце. За мерење масе супстанце у лабораторији користе се (аутоматске) ваге различитих конструкција и прецизности, односно класе тачности.

Техничке ваге се користе за релативно груба мерења, са тачношћу од $\pm 0,01 \text{ g}$.

За прецизнија мерења користе **аналитичке ваге** са тачношћу мерења од $\pm 0,0001 \text{ g}$.

У лабораторији за заштиту животне средине користи се **техничка вага RADWAG PS 2100 R2** и **аналитичка вага RADWAG AS 220 R2**.

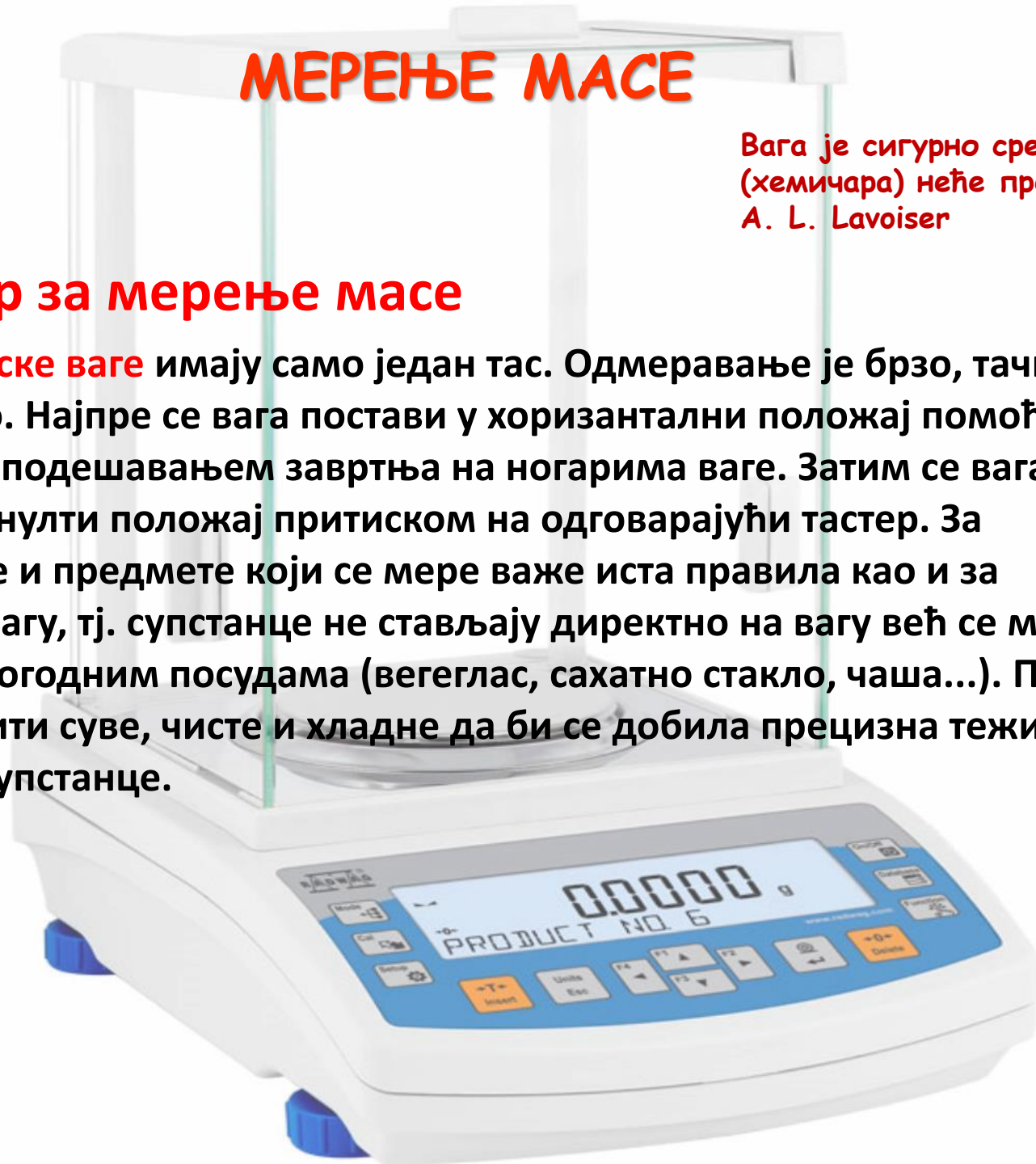


МЕРЕЊЕ МАСЕ

Вага је сигурно средство која (хемичара) неће преварити
A. L. Lavoiser

Прибор за мерење масе

Електронске ваге имају само један тас. Одмеравање је брзо, тачно и прецизно. Најпре се вага постави у хоризантални положај помоћу либеле и подешавањем завртња на ногарима ваге. Затим се вага ставља у нулти положај притиском на одговарајући тастер. За супстанце и предмете који се мере важе иста правила као и за техничк вагу, тј. супстанце не стављају директно на вагу већ се мере у разним погодним посудама (вегелас, сахатно стакло, чаша...). Посуде морају бити суве, чисте и хладне да би се добила прецизна тежина мерене супстанце.



МЕРЕЊЕ МАСЕ

Вага је сигурно средство која
(хемичара) неће преварити
A. L. Lavoiser

Прибор за мерење масе

Пре почетка мерења требало би проверити капацитет обе ваге.

За укључивање/искључивање ваге користити „on/off“ дугме. Након укључивања треба сачекати неколико секунди. Уколико вага не показује вредност 0,00 g за техничку, односно 0,00000 за аналитичку вагу, притиснути дугме за тарирање ($\rightarrow 0/T \leftarrow$). Поступак изузимања масе суда постављеног на вагу из мерене масе зове се **тарирање ваге**.

Мерење се изводи пажљивим спуштањем предмета на тас и након краћег времена врши се читавање масе предмета. Ако се врше два узастопна мерења, односно, мерење празног суда и суда са узорком, након мерења празног суда притиснути дугме за тарирање, чиме се поништава маса празног суда, и директно читава (нето) маса мереног узорка.

МЕРЕЊЕ МАСЕ

Вага је сигурно средство која
(хемичара) неће преварити
A. L. Lavoiser

Прибор за мерење масе

Аналитичка вага RADWAG AS 220 R2 пружа потребну тачност без обзира на промене у температури, положају јер је за то одговоран систем интерних, аутоматизованих тегова који врше калибрацију ваге чим се за тим укаже потреба.

Приказ резултата мерења се одвија на великом и читљивом LCD екрану. На екрану је придодата и додатна текстуална линија чиме је омогућен приказ додатних информација (ID узорка, вредност таре,...). Велики број пиктограмских сигнала пружа тренутну информацију о активном режиму мерења, изабраним јединицама, конекцији са рачунаром, као и мерним и сервисним функцијама. Велика радна површина таса је начињена од нерђајућег челика. Кућиште ваге је израђено од отпорне пластичне масе.

Основна предност вага са једним тасом је брзина мерења, јер се тегови брзо постављају уз помоћ једног селектора у виду точкића.

Друга битна предност је што њена осетљивост не зависи од масе која се мери (оптерећења), за разлику од ваге са два таса, јер је полука код ваге са једним тасом стално под истим оптерећењем.

МЕРЕЊЕ МАСЕ



Прибор за мерење масе

Без обзира на врсту ваге, при мерењу се морају поштовати следећа правила:

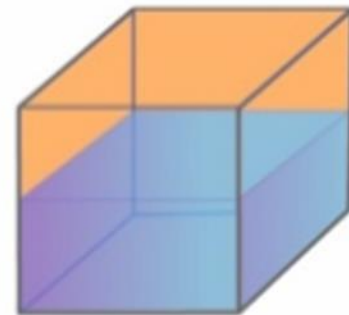
- пре почетка мерења проверити **да ли је вага у хоризонталном положају** помоћу либеле, и уколико је потребно подесити положај завртањем ножица ваге,
- неоптерећена вага показује вредност од 0,00 g, односно 0,0000 g; уколико је неопходно, поново нулирати вагу,
- предмети који се мере морају бити хладни, суви и чисти; **супстанце се никада не стављају директно на тас ваге**, већ се одмеравају у лабораторијској чаши, сахатном стаклу или посебним подметачима за мерење израђеним од пластике или специјалне хартије, тефлона итд.,
- ако се вага случајно запрља, мерење се прекида, вага очисти и операција мерења понавља,

МЕРЕЊЕ МАСЕ

Прибор за мерење масе

- свака вага има одређени **капацитет**, који је назначен на самој ваги; вага се ни у ком случају не сме преоптеретити; аналитичка вага је обично конструисана са максималним оптерећењем до 200 g,
- ако се у оквиру једног огледа врши више мерења, мора се користити иста вага за сва мерења и
- по завршетку мерења **вагу треба оставити чисту, сувих и чистих тасова, укочену и затворених врата.**

МЕРЕЊЕ ЗАПРЕМИНЕ



Запремина се обележава са V .

Основна јединица запремине у Међународном систему јединица је **кубни метар (m^3)**.

Веће јединице запремине од $1 m^3$ се готово уопште не срећу у пракси, док се мање јединице користе и то:

$$1 dm^3 = 0,001 m^3$$

$$1 cm^3 = 0,000001 m^3$$

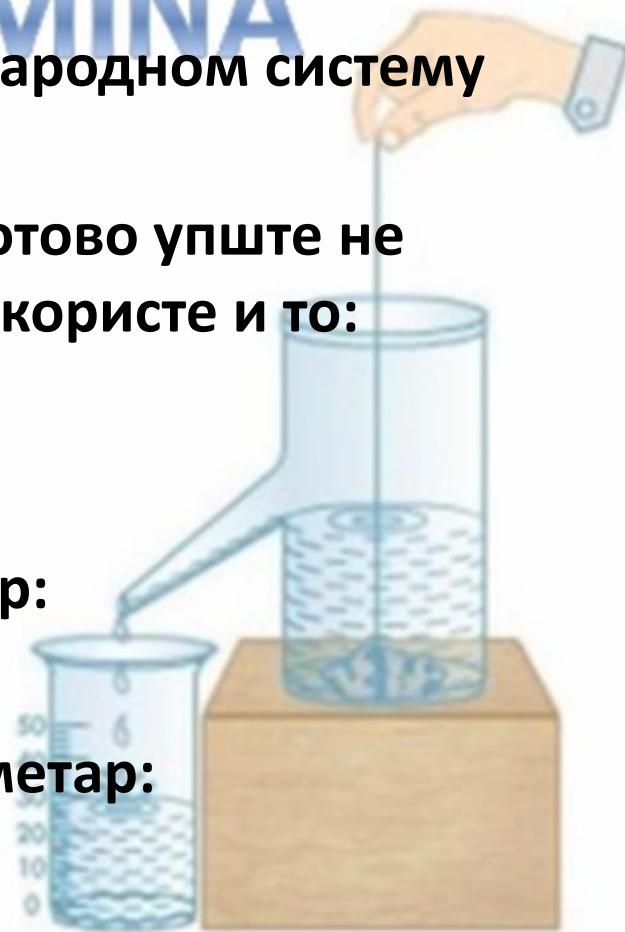
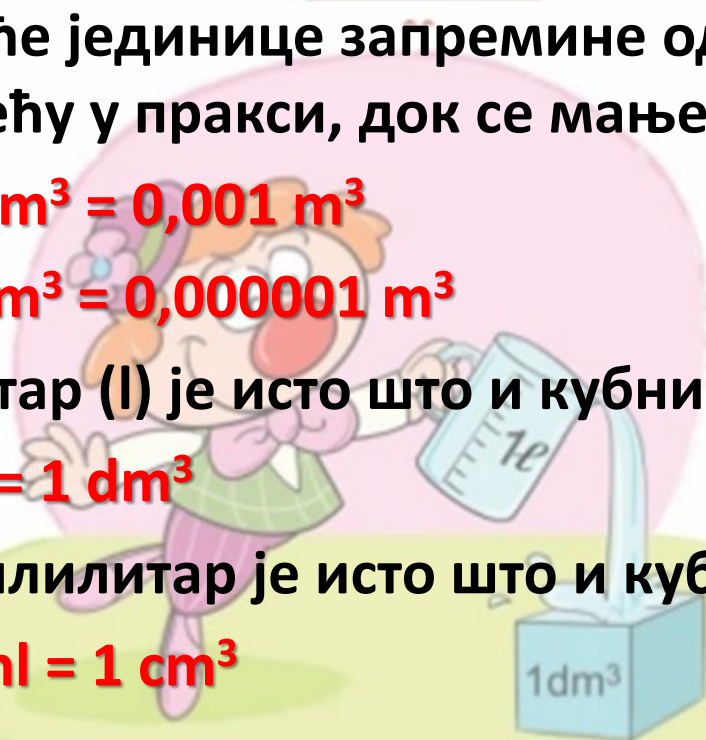
Литар (l) је исто што и кубни дециметар:

$$1 l = 1 dm^3$$

Милилитар је исто што и кубни центиметар:

$$1 ml = 1 cm^3$$

25 cm

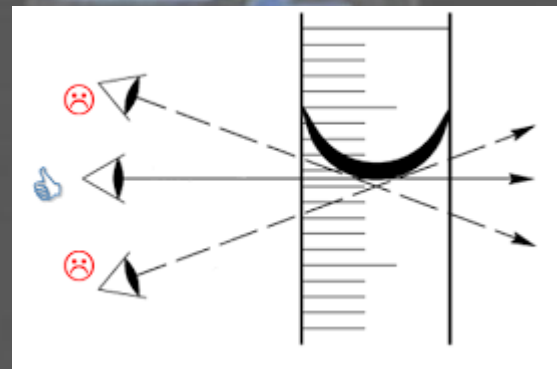
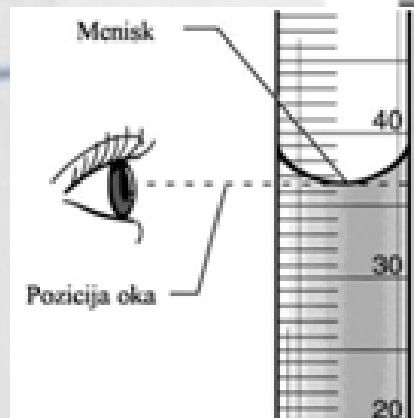
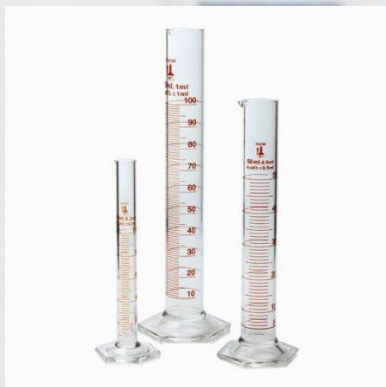


МЕРЕЊЕ ЗАПРЕМИНЕ

Прибор за мерење запремине - градуисани судови

Мензура служи за грубо одмеравање запремине течности са прецизношћу читавања запремине једнаком половини величине најмањег подељка. Такође, правилно је за мерење одређене запремине увек изабрати прву „већу“ мензуру (запремину од 40 cm^3 треба измерити мензуром од 50 cm^3 а не од 25 cm^3 (или 100 cm^3)).

Приликом читавања запремине која се налази у мензури увек се посматра **доњи мениск течности**.

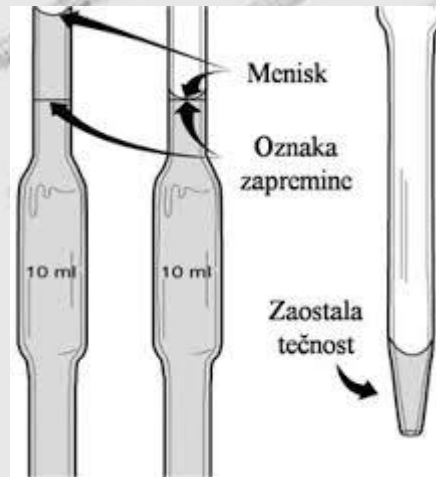


МЕРЕЊЕ ЗАПРЕМИНЕ

Прибор за мерење запремине - градуисани судови

Пипета се користи за преношење и укапавање течности, прецизније одмеравање течности у односу на мензурку. Постоје градуисане пипете код којих вредности на скали могу ићи одоздо навише или обрнуто.

Постоје и микропипете (запремина мања од 1 cm^3 , и тзв. трбушасте пипете (веће запремине) које омогућавају тачније мерење запремине од градуисаних.



МЕРЕЊЕ ЗАПРЕМИНЕ

Прибор за мерење запремине - градуисани судови

Пропипета се користи за пипетирање раствора, састоји се од гумене лоптице са три вентила и навлачи се на пипету.

Помоћу **вентила А (Air)** истискује се ваздух из лоптице. Пипета се потом урони у раствор и помоћу **вентила S (Suction)** усиса раствор у пипету. Ако се пипета није напунила, поново се стисне вентил А, испразни лоптица и настави усисавање до отприлике 1 cm изнад ознаке. **Вентилом Е (Empty)** се испусти раствор до ознаке, односно испусти се садржај пипете у припремљену посуду без скидања пропипете са пипете.

Никад се не сме дозволити да раствор уђе у пропипету!

Током испуштања течности врх пипете треба да додирује зид суда. Када сва течност истекне, сачека се 10 секунди да се сва течност слије са зидова.

Начин калибрације пипета је такав да запремина последње капи, која заостаје у врху пипете, није узета у обзир и никада је не треба истискивати.

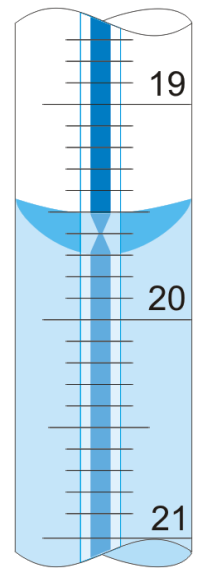
МЕРЕЊЕ ЗАПРЕМИНЕ

Прибор за мерење запремине - градуисани судови

Бирета се користи за најпрецизније мерење запремине течности.

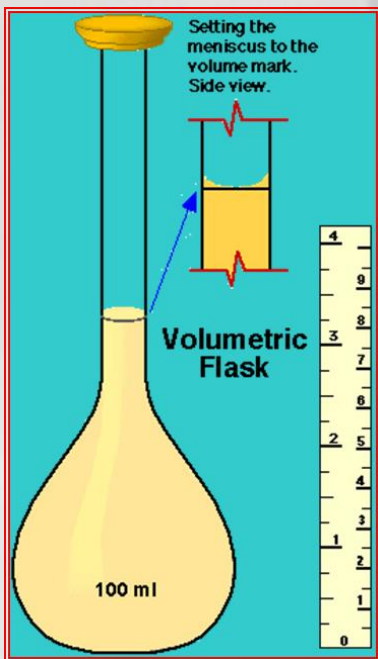
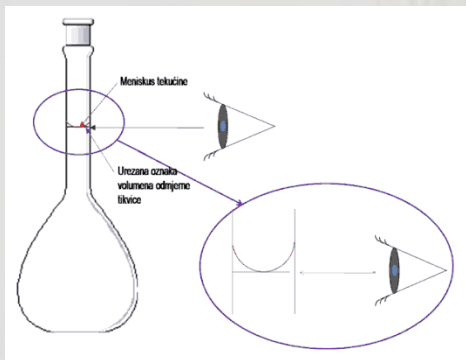
Шелбахова (Schelbach) бирета има задњи зид обојен у бело са плавом цртом на средини. На месту мениска течности црта изгледа као пресечена што олакшава читавање запремине.

Брзина којом се испушта течност из бирете не сме да буде велика како не би настала грешка у мерењу запремине услед заостале течности која се није слила низ њене зидове. Славина на бирети мора бити чиста и подмазана лабораторијском машћу уколико није израђена од пластичних материјала или тефлона.



МЕРЕЊЕ ЗАПРЕМИНЕ

Прибор за мерење запремине. Градуисани судови



Нормални суд служи за прављење раствора одређених концентрација било разблаживањем концентрованих раствора или растварањем чврстих супстанци. Приликом растварања чврстих супстанци, оне се прво растворе у чаши, па се раствор помоћу левка и стакленог штапића прелије у суд, водећи рачуна да не дође до прскања, а чаша се више пута испере употребљеним растварачем и такође прелије у мерни суд. У току допуњавања мерног суда, непосредно пре него што ниво течности стигне до суженог дела, суд се затвори и садржај добро промућка. Тек тада се изврши коначно допуњавање до ознаке, суд затвори и садржај поново промућка. Нормални судови морају бити чисти и суви. Не смеју се сушити у сушници како не би дошло до малих, али неповратних промена њихове запремине услед дејства топлоте. Мокре посуде је пожељно је испрати малим запреминама раствора који се одмерава.

ТАЧНОСТ И ПРЕЦИЗНОСТ ГРАДУИСАНИХ СУДОВА

Тачност градуисаних судова се често изражава кроз величину познату као **толеранција**.

Толеранција је максимална дозвољена грешка при примени судова.

Капацитет, cm ³	Birete	Pipete	Normalni sudovi
2			
5		0,01	0,02
10	0,01	0,01	0,02
25	0,02	0,02	0,03
50	0,03	0,03	0,05
100	0,05	0,05	0,08
500	0,10	0,08	0,15
1000			0,30

ТАЧНОСТ И ПРЕЦИЗНОСТ ГРАДУИСАНИХ СУДОВА

Опрема	Прецизност	Намена
Лабораторијска чаша (250 cm ³)	±10 cm ³	Припрема раствора, складиштење хемикалија, извођење хемијских реакција
Ерленмајер (250 cm ³)	±6 cm ³	
Мензура (250 cm ³)	±1 cm ³	Мерење запремине (умерена прецизност)
Мензура (100 cm ³)	±0,4 cm ³	
Мензура (10 cm ³)	±0,1 cm ³	Мерење запремине (велика прецизност)
Нормални суд (100 cm ³)	±0,08 cm ³	Припрема раствора (велика прецизност)
Градуисана бирета по Mohr-у (10 cm ³)	±0,05 cm ³	Мерење запремине (велика прецизност)
Бирета (250cm ³)	±0,02 cm ³	За волуметријске титрације (изузетно велика прецизност)
Волуметријска пипета (5 cm ³ , 10 cm ³)	±0,01 cm ³	Мерење запремине (изузетно велика прецизност)
Аутоматска пипета (5 cm ³)	±0,025 cm ³	

ГУСТИНА

Густина је врло важно физичко својство супстанци, које може да послужи за идентификацију елемената и једињења, као и за одређивање састава хомогених смеша. **Густина тела је једнака количнику њене масе и запремине, и то је стална величина:**

$$\rho = m / V$$

Означава се грчким словом ρ , а њена основна мерна јединица је kg/m^3 .

Поред основне мерне јединице (kg/m^3), често се користи и мања јединица **грам по центиметру кубном (g/cm^3)**.

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{\frac{1}{1000} \text{kg}}{\frac{1}{1000000} \text{m}^3} = \frac{1000000 \text{kg}}{1000 \text{m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

ГУСТИНА

Густина тела одређује његову масу.

На пример, густина воде је 1000 kg/m^3 , док је густина злата 19300 kg/m^3 .

Флаша воде запремине $0,5 \text{ l}$ има масу од $0,5 \text{ kg}$, док би златна полуга исте запремине имала масу од $9,65 \text{ kg}$.

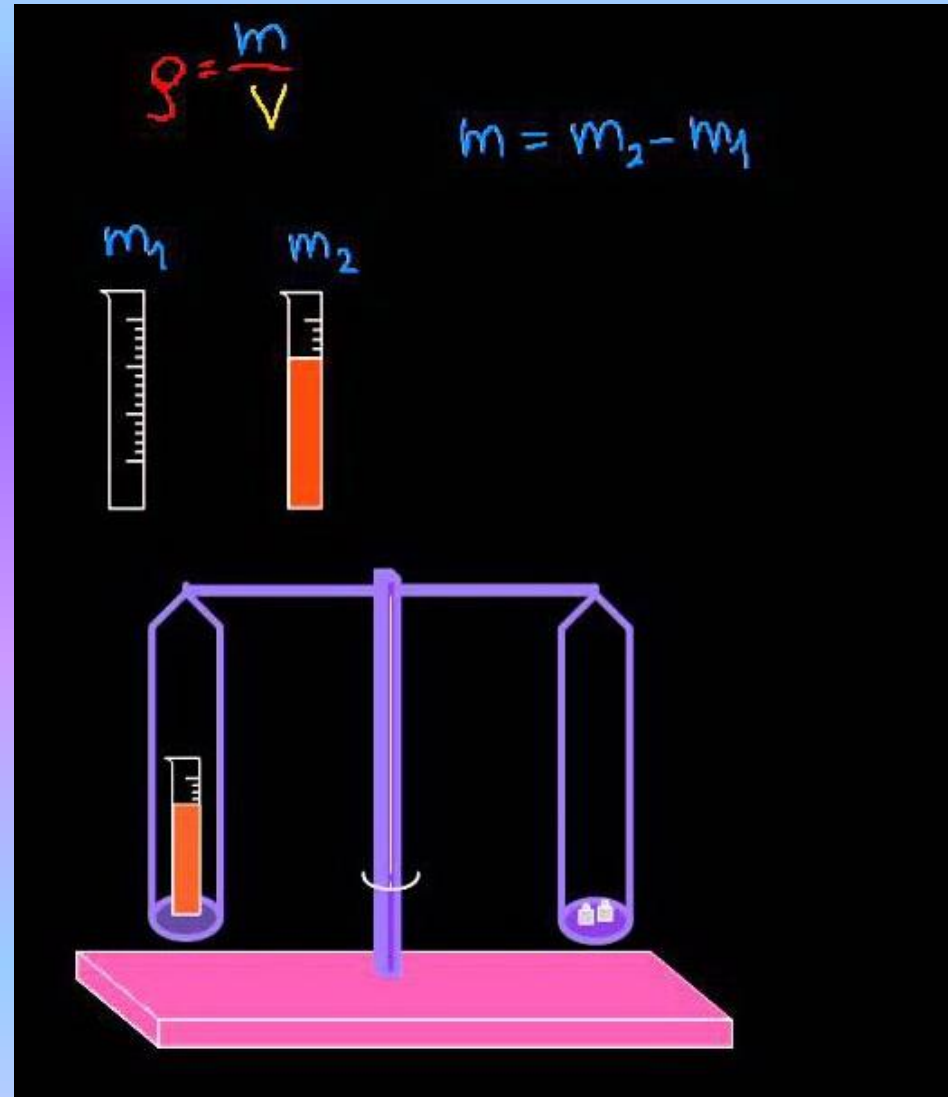
МЕРЕЊЕ ГУСТИНЕ ТЕЧНОСТИ

Експериментално одређивање густине течности може да се изведе на више начина.

Мерење густине течности помоћу мензуре

Једна од могућности је да се измери маса познате запремине течности и примени израз за израчунавање густине:

$$\rho = m / V$$



МЕРЕЊЕ ГУСТИНЕ ТЕЧНОСТИ

Мерење густине течности помоћу пикнометра

Пикнометар је стаклена бочица са шлифованим чепом одређене запремине која се користи за врло тачно одређивање густине.

Пикнометар се затвара чепом кроз који пролази узана капилара.

Када је стаклени чеп у свом лежишту, а пикнометар напуњен течношћу до врха капиларе, онда он садржи на датој температури тачно одређену запремину течности.

Запремина и температура назначени су на телу пикнометра.



МЕРЕЊЕ ГУСТИНЕ ТЕЧНОСТИ

Мерење густине течности помоћу ареометра

Ареометар је затворена стаклена цев са проширењем у основи.

У проширеном делу се налази оловна сачма или жива, што омогућава ареометру да вертикално плива у течности.

Горњи део ареометра има скалу са јединицама за густину. При мерењу ареометром он се урања у течност чија се густина одређује.

Очитавање густине се врши тако што се на скали чита подељак који се поклапа са нивоом течности.



МЕРЕЊЕ ТЕМПЕРАТУРЕ

Прибор за мерење температуре

За мерење температуре у лабораторији се користе различите врсте термометара са различитим температурним опсезима у чијим резервоарима се налази **жива** или **етанол**.

С обзиром да жива мрзне на $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$, а кључа на температури од $357\text{ }^{\circ}\text{C}$, термометри се могу користити за одређивање температуре у овом опсегу.

О штетним ефектима живе и мерама опреза које треба поштовати приликом рада са термометрима већ је добро познато.

МЕРЕЊЕ ТЕМПЕРАТУРЕ

Прибор за мерење температуре

За мерење и регулацију температуре флуида у агресивним и неагресивним срединама користе се тзв. **контактни термометри**, чији се рад заснива на промени одређене физичке карактеристике сензора у зависности од температуре (деформација предмета, промена отпорности, настајање термоелектричког напона, промена густине/запремине течности у сензору) која се преко механизма преноси на казаљку (дисплеј).





ХВАЛА НА ПАЖЊИ!

