

1. Mjerenje duljine i mase

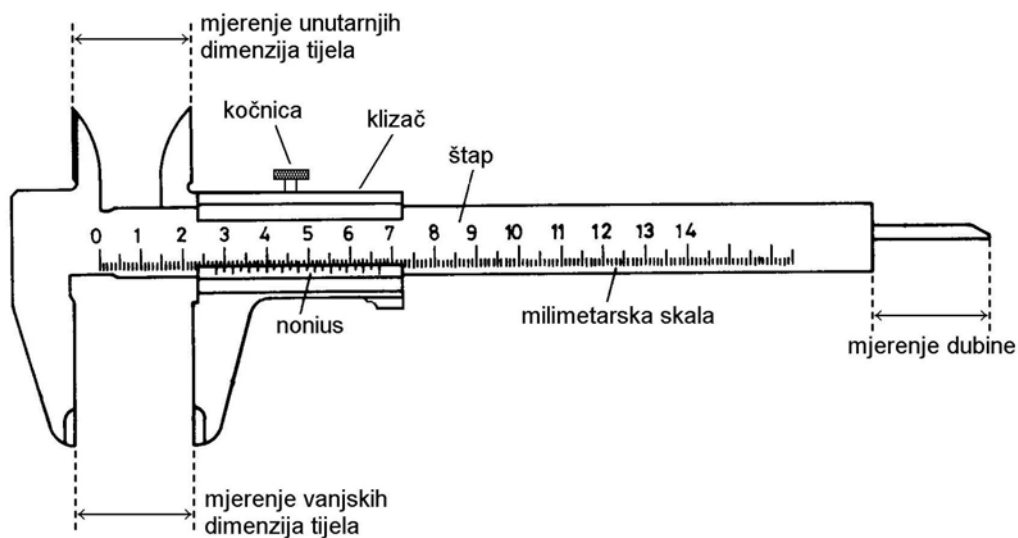
Zadaci

Uz vježbu se nalaze četiri prstena različitih dimenzija izrađena od materijala različitih gustoća. Izmjerite gustoću jednog od prstenova mjereći njegovu masu i volumen. Volumen izmjerite mjereći svaku veličinu (unutarnji promjer, vanjski promjer, visina, masa) barem 5 puta. Unutarnji i vanjski promjer prstena izmjerite samo pomičnom mjerkom, a visinu prstena izmjerite i pomičnom mjerkom i mikrometarskim vijkom. Rezultate statistički obradite i sve izmjerene i izračunate veličine prikazite u obliku $x = (\bar{x} \pm M_{\bar{x}})$. Komentirajte!

Mjerni uređaji

Pomična mjerka

Za mjerenje dimenzija malih pravilnih krutih tijela služimo se pomičnom mjerkom (slika 1 i 2). Ona se sastoji od štapa na koji je nasaden klizač. Da bi se izbjeglo nekontrolirano klizanje i pogrešno mjerenje, klizač ima vijak s gornje strane koji služi kao mehanizam za kočenje. Kada se svjesno želi pomicati klizač, treba otpustiti kočnicu i povući nazubljenu polugu na donjoj strani klizača.

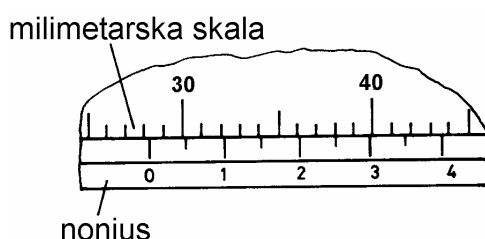


Slika 1. Pomična mjerka

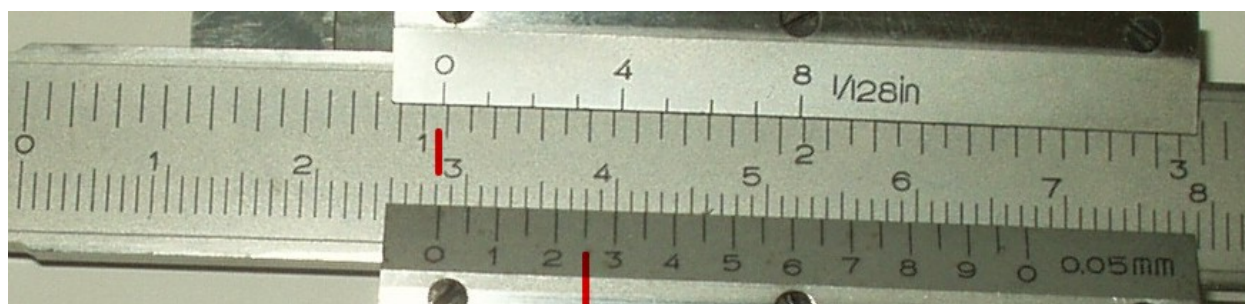
Pomičnom mjerkom mogu se mjeriti:

- vanjske dimenzije tijela (stavljanjem tijela između velikih krakova na donjoj strani mjerke)
- unutarnje dimenzije cijevi, prstena ili otvorene kutije (uvlačenjem gornjih krakova mjerke u šupljinu tijela)
- dubina neke posude (guranjem šipke na desnoj strani mjerke do dna posude).

Štap ima na sebi milimetarsku skalu, a na klizaču se nalazi posebna skala koja se naziva *nonius* (Nonius, 1542; Vernier). Kada je klizač pomaknut do kraja ulijevo, poklapaju se oznake za nulu (0) na objema skalama. Za grubo mjerenje dovoljno je na milimetarskoj skali štapa očitati iznos koji odgovara novom položaju oznake 0 na klizaču. Tako možemo očitati iznos duljine u milimetrima i procijeniti desetinke milimetra. Za točnije mjerenje duljine moramo poznavati princip noniusa.



Slika 2. Nonius



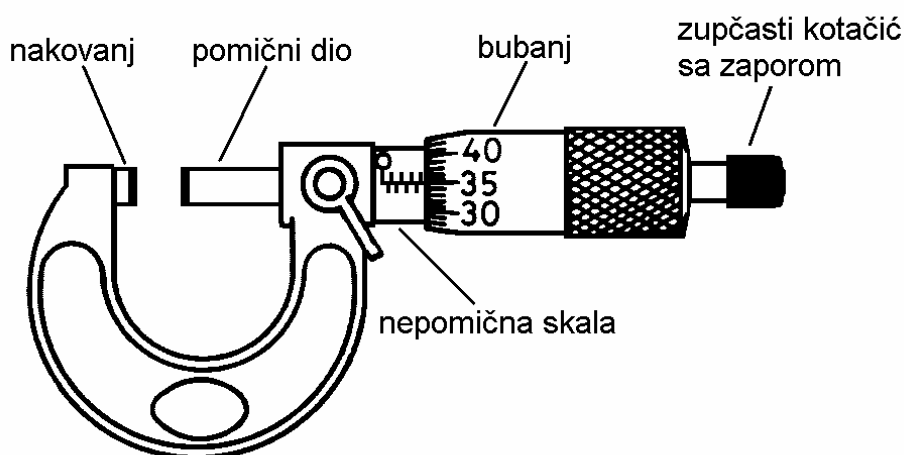
Slika 3. Uvećani prikaz milimetarske skale i noniusa za očitavanje 28.25 mm.

Noniusova je ideja bila vrlo dosjetljiva. Umjesto da se svaki milimetarski razmak ispunja mnoštvom vrlo tankih zarez za finiju podjelu, napravio je jednu pomičnu skalu s N zarez s točno određenim svojstvom (u našem slučaju $N=20$ – ukupno ima 21 zarez ali lijevu oznaku 0 ne brojimo jer je analogna pomaku od 1 mm ulijevo od desne oznake 0). Kada se klizač pomakne do kraja ulijevo tako da se poklope oznaka 0 na milimetarskoj skali s *lijevom* oznakom 0 na noniusu, vidimo da se *desna* oznaka 0 na noniusu nalazi 1 mm lijevo od oznake 4 cm na štapu. To znači da se oznaka 25 na noniusu nalazi 0.25 mm lijevo od oznake 1 cm na štapu, oznaka 50 na noniusu nalazi se na 0.50 mm lijevo od oznake 2 cm na štapu itd. Zamislimo da mjerimo debljinu nekog listića koja iznosi točno 0.25 mm. Očito je da će se pritom oznaka 25 na noniusu poklopiti s oznakom 1 cm na štapu, dok se ostale oznake na dvjema skalama neće poklapati. Lako zaključujemo da se mjerenjem debljine $n/20$ mm, gdje je $n=1,2,...,19$, mora poklopiti n -ta oznaka na noniusu s nekom od oznaka na skali štapa. Ako mjerimo debljinu pločice koja iznosi npr. 1.25 mm, onda će oznaka 0 na noniusu biti malo pomaknuta udesno od oznake 1 mm na štapu, a oznaka 25 na noniusu poklopit će se s oznakom 1.1 cm na štapu, tj. sve se zbiva s pomakom od 1 mm u odnosu prema gornjem slučaju listića debljine 0.25 mm. Dakle, za

mjerenje duljine bitno je očitati cijeli broj milimetara pomoću noniusove oznake 0 i dodati $n/20$ milimetara ako se n -ta oznaka noniusa poklapa s nekom (nije bitno kojom) oznakom na štapu. Primjer je prikazan na slici 2, gdje se uvećano vidi bitan isječak štapa i noniusa. Mjerena duljina iznosi 28.25 mm. Dakle, nonius nam omogućuje mjerenje duljine do točnosti očitavanja od 0.05 mm (vidi naznaku na klizaču).

Mikrometarski vijak

Slično pomičnoj mjerici, mikrometarski vijak sastoji se od nepomičnog i pomičnog dijela kao što se vidi na slici 3.



Slika 3. Mikrometarski vijak



Slika 4. Uvećani prikaz skale mikrometarskog vijka

Umjesto da klizi, pomični se dio miče pomoću vijka. Mjerenje duljina pomoću vijka zasniva se na proporcionalnosti između translacijskog pomaka vijka i kuta zakretanja vijka. Kad se vijak okreće u matici, njegov pomak očitava se na nepomičnoj skali tako da se prati pomak ruba bubnja. Hod vijka (translacijski pomak za puni okret) iznosi točno 0.5 mm. Budući da je skala na

bubnju podijeljena na 50 djelića, moguće je mjeriti duljinu do točnosti očitavanja od 0.01 mm, što je peterostruko točnije od mogućnosti koju pruža pomična mjerka.

Tijelo kojemu se mjere dimenzije stavi se između nakovnja i vijka (pomični dio), a vijak se približava tijelu sve dok ga ne dodirne. Dodir mora biti lagan da se tijelo ne bi deformiralo. Poželjno je da pritisak bude uvijek jednak. Da se to postigne, mikrometarski vijak se okreće isključivo pomoću zupčastog kotačića sa zaporom (engl. ratchet knob) koji klikne kad pritisak pomičnog dijela na tijelo dosegne određenu vrijednost. Nakon toga nema potrebe više okretati nazubljenu glavu jer sigurnosni mehanizam mikrometarskog vijka sprječava daljnje stezanje. Bubanj s rotirajućom Vernierovom skalom ne smije se dirati!

OPREZ: Mikrometarski vijak ima sistematsku pogrešku koju treba oduzeti od očitavanja!

Vaga



Slika 5. Precizna vaga s točnošću od 1 mg

Vaga se uključuje pritiskom na tipku **On/Zero**. Maknite sve predmete sa zdjelice i još jednom pritisnite **On/Zero** kako biste namjestili nulti položaj vage. Otvorite bočna vratašca zaštitnog kućišta i polagano pincetom stavite predmet kojeg želite izmjeriti na vagu. Zatvorite kućište i očitajte masu sa zaslona vage te je nakon toga isključite tako da pritisnete i držite tipku **On/Zero** dok se na zaslonu ne pojavi poruka **Off**. Nakon gašenja vage, uklonite predmet koji ste vagali.

OPREZ: Vaga je predviđena za mjerenje masa do 210 g. Stavljanje na vagu mase veće od dopuštene može rezultirati njezinim oštećenjem!

NAPOMENA: Prilikom ponavljanja mjerenja bilo koje dimenzije tijela, tijelo malo pomaknite. Npr., između dvaju mjerenja unutarnjeg promjera, prsten malo zarotirajte pa tek onda ponovno izmjerite. Time se statistički uzimaju u obzir eventualne nepravilnosti tijela.

Računalne simulacije na internetu

Radi upoznavanja s mjernim uređajima prije dolaska u praktikum, možete posjetiti neke od ovih mrežnih stranica:

Pomična mjerka:

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/Vernier/Vernier.html>

<http://members.shaw.ca/ron.blond/Vern.APPLET/index.html>

Mikrometarski vijak:

<http://members.shaw.ca/ron.blond/Micrometer.APPLET/index.html>

<http://www.phy.uct.ac.za/courses/c1lab/vernier1.html>