

FP1-V2. Mjerenje duljine i mase, određivanje gustoće

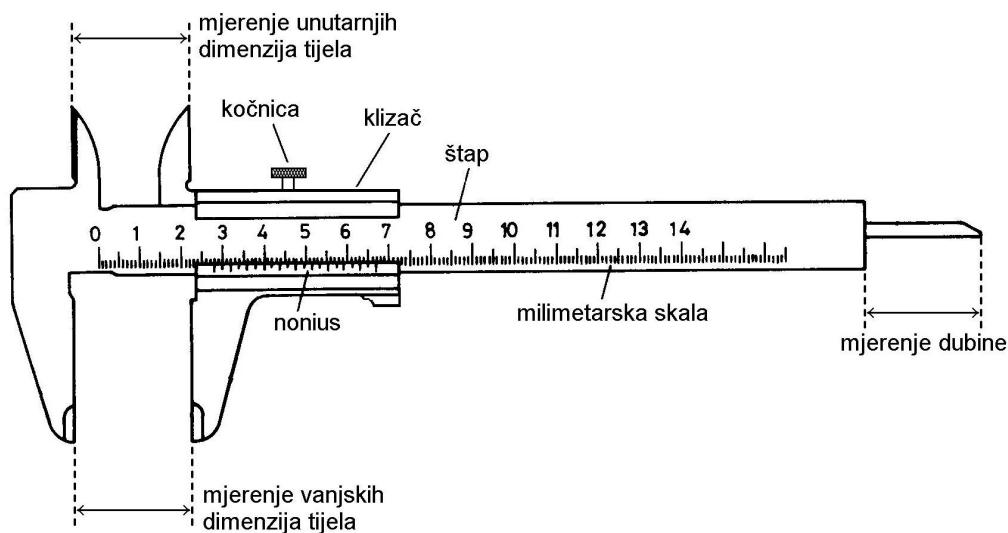
Ključni pojmovi

Gustoća, pomična mjerka, mikrometarski vijak, vaga, račun nepouzdanosti

I. MJERNI UREĐAJI

Pomična mjerka

Za mjerenje dimenzija malih pravilnih krutih tijela služimo se pomičnom mjerkom (Slika 1). Ona se sastoji od štapa na koji je nasuđen 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.

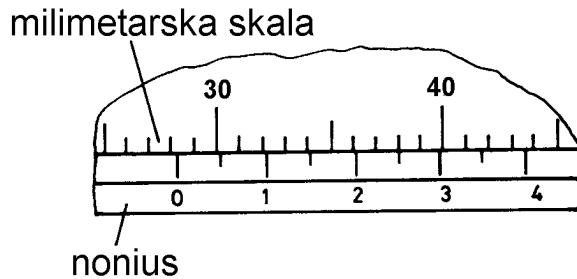


Slika 1: Pomična mjerka.

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).

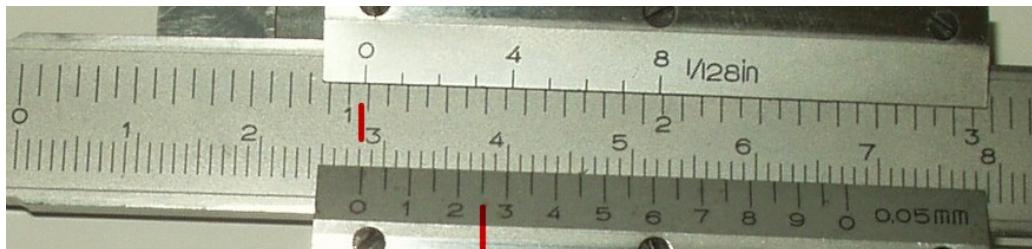
Štap ima na sebi milimetarsku skalu, a na klizaču se nalazi posebna skala koja se naziva *nonius* (Slika 2). Kada je klizač pomaknut do kraja ulijevo, poklapaju se oznake za nulu (0) na objema skalama. Za grubo mjerenje dovoljno je na milimetarskoj skali štapa očitati iznos koji odgovara novom položaju 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.

Noniusova je ideja bila vrlo dosjetljiva. Umjesto da se svaki milimetarski razmak ispunи mnoštvom vrlo tankih zareza za finiju podjelu, napravio je jednu pomičnu skalu s N zarezima s točno određenim svojstvom (u našem slučaju $N = 20$ – ukupno ima 21 rez, ali lijevu oznaku 0 ne brojimo jer je analogna pomaknu 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 dyjema skalama neće poklapati. Lako zaključujemo da se mjeranjem debljine $n/20$ mm, gdje je $n = 1, 2, \dots, 19$, 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 poklopiti 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 mjerjenje 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.

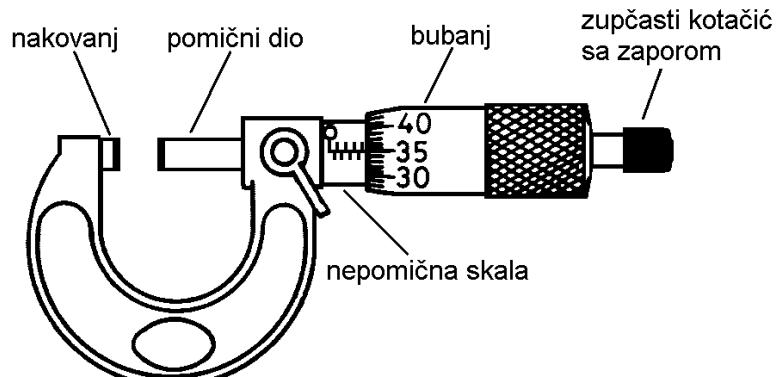
Primjer je prikazan na Slici 2, gdje se uvećano vidi bitan isječak štapa i noniusa. Mjerena duljina iznosi 28,25 mm. Dakle, nonius nam omogućuje mjerjenje duljine do točnosti očitanja od 0,05 mm (vidi naznaku na klizaču).



Slika 3: Uvećani prikaz milimetarske skale i noniusa za očitanje 28,25 mm.

Mikrometarski vijak

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



Slika 4: Mikrometarski vijak.



Slika 5: 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 bubenja. Hod vijka (translacijski pomak za puni okret) iznosi točno 0,5 mm. Budući da je skala na bubenju podijeljena na 50 djelića, moguće je mjeriti duljinu do točnosti očitanja od 0,01 mm, što je peterostruko točnije od mogućnosti koju pruža pomična mjerka.

Tijelo kojemu se mijere 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 (*eng. 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 sustavnu pogrešku koju treba oduzeti od očitanja!

Vaga

Vaga se uključuje laganim pritiskom na tipku **On/Zero**. Maknite sve predmete sa zdjelice i još jednom pritisnite **On/Zero** kako biste namjestili nulli položaj vase. Kad je nulli položaj namješten, na lijevom gornjem kutu zaslona će se prikazati znak \bigcirc . Otvorite bočna vratašca zaštitnog kućišta i polagano pincetom stavite predmet koji želite izmjeriti na vagu. Zatvorite kućište i pričekajte da se vaga stabilizira. Dok traje vaganje, odmaknite se malo od stola na kojem se nalazi vaga. Svako naslanjanje i trešnja podloge na kojoj se nalazi vaga otežava stabilizaciju vase. Stabilno očitanje mase dobit ćete kad se na lijevom kraju zaslona pojavi znak *. Očitajte tu masu te nakon toga isključite vagu tako da pritisnete i držite tipku **On/Zero** dok se na zaslonu ne pojavi poruka **Off**. Nakon gašenja vase, uklonite predmet koji ste vagali.

Ne uklanjajte plastični pokrov koji стоји preko zaslona i tipaka! On služi za zaštitu od prašine i mehaničkih oštećenja, a ne predstavlja nikakvu smetnju normalnom radu s vagom.

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

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



Slika 6: Precizna vaga s točnošću od 1 mg.

Zadaci

1. U praktikumu ćete naći nekoliko malih tijela različitih geometrijskih oblika i dimenzija, izrađenih od istog ili od različitih materijala. Odredite njihovu gustoću mijereći njihovu masu i volumen. S voditeljem praktikuma se dogovorite koja i koliko tijela koristiti za mjerenje. Volumen izmjerite mijereći svaku relevantnu veličinu (npr. umutarnji promjer, vanjski promjer, visinu, masu) barem 5 puta. Ako ste koristili sva tijela od istog materijala, izračunajte i poopćeni prosjek gustoće svih tijela.