

Zajemanje in obdelava procesnih veličin

Elektro in računalniška šola Ptuj

1

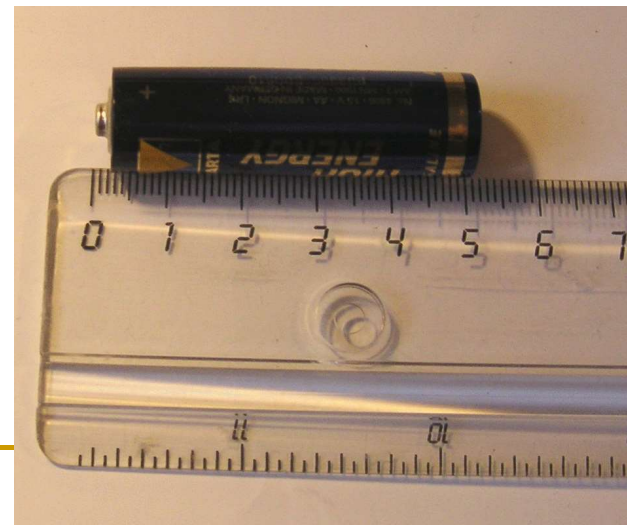
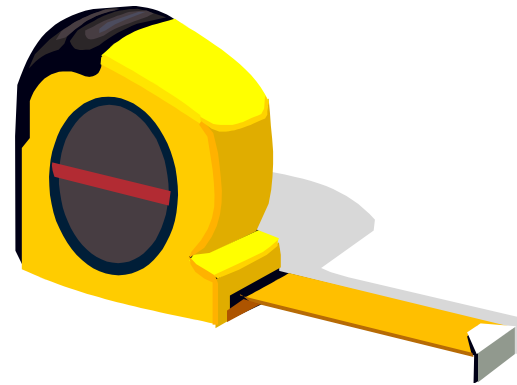
Janez SIPOŠ, univ.dipl.inž.el.

Literatura:

- Franc Bergelj, Osnove meritev,
 - Anton Orehek, Merilniki in merilne metode v elektroniki,
 - Anton Pozne, Električne meritve,
 - Janez Trontelj, Meritve v elektroniki,
 - Ivan Mavsar, Električne meritve,
 - Franc Mlakar, Splošne električne meritve,
-

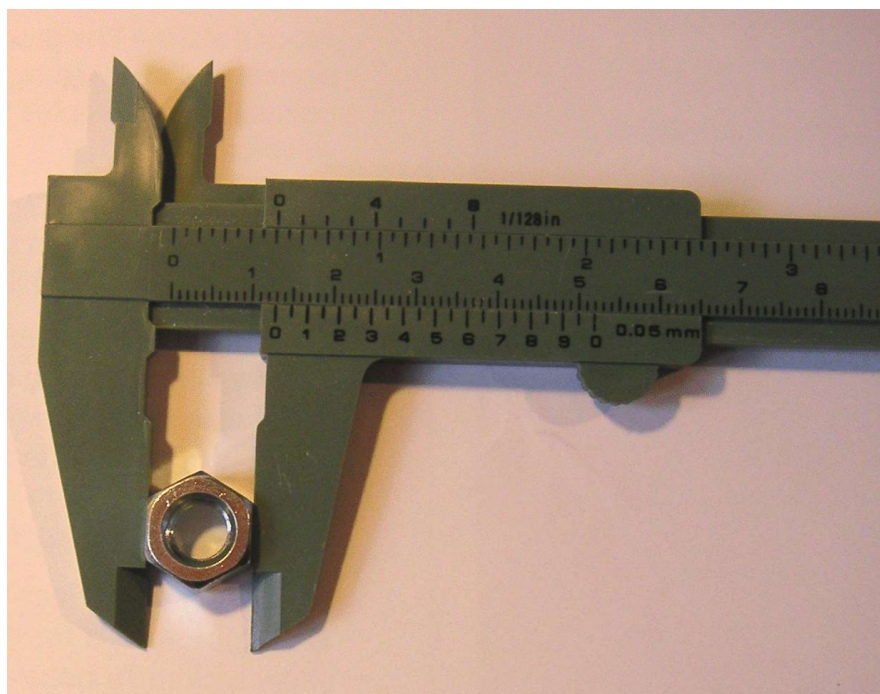
Uvod

Meritev je primerjanje znane veličine z neznano.



Uvod

Meritev nam zagotavlja ustrezno kvaliteto proizvodov in pridobivanje podatkov za nadaljnjo delo.



Uvod ⁽²⁾

- **Kvaliteta** (kakovost) - lastnosti stvari ali pojavov, ki določajo njihove karakteristike. Kvaliteto določamo z merjenjem po vnaprej določenih kriterijih, za katere se dogovorita stranki.
 - **Zanesljivost** – podaja sposobnost izdelka, da opravlja svojo funkcijo določen čas. Življenjska doba izdelka. Zanesljivost se lahko določi matematično.
-

Osnovni pojmi

- **Veličina** – lastnost pojava, telesa ali snovi, ki se da razlikovati kakovostno in določiti količinsko. (dolžina, el. tok, itd)
 - **Osnovne veličine** – so med seboj neodvisne veličine. Nasprotne od teh so izpeljane veličine, ki pa vsebujejo osnovne veličine.
 - **(Merska) enota** – dogovorno sprejeta določena veličina, ki jo uporabljamo za izražanje veličin iste dimenzije.
-

Električne veličine

- **Električni tok**, lahko primerjamo z vodnim tokom reke ali tokom vode po vodovodnih ceveh.
 - **Električna napetost**, lahko primerjamo s pritiskom vode v vodovodnih ceveh ali višinsko razliko pri rekah.
 - **Električna upornost**, lahko primerjamo s premerom cevi po kateri teče voda.
-

Merjenje električnih veličin

- Električni tok – enota Amper [A], merilnik A-meter
 - Električna napetost – enota Volt [V], merilnik V-meter
-

Analogni merilnik električnega toka in napetosti



Osnovni pojmi

■ Veličina = Mersko število · Enota

■ **Merilni rezultat:** $I = 10 \text{ A}$

Kjer pomeni:	I	- simbol za vrednost električnega toka
	10	- mersko število
	A (Amper)	- enota za električni tok

Uporabljeni simbol (I) pomeni, da je električni tok 10 krat večji od enote ampera.

Meritev

- Preden začnemo meriti, ocenimo merilni rezultat.
 - Glede na oceno velikosti merjene veličine, izberemo merilno sredstvo in glede na zahtevano točnost merilno metodo.
 - Največ dela pri merjenju je potrebno opraviti, preden priključimo prvi instrument.
 - Veda, ki določa pravila meritev je meroslovje ali metrologija.
-

Rezultati meritve

- **Prava vrednost** merjene veličine je idealna vrednost brez napake, ki je ne poznamo.
 - **Izmerjena vrednost** je veličina, ki jo dobimo z merjenjem.
 - **Merilna točnost** je sposobnost merila, da je izmerjena vrednost čim bližje pravi vrednosti.
 - **Merilna sledljivost** omogoča navezavo na pripadajoče etalone.
 - **Etaloni** realizirajo enote fizikalnih veličin.
(<http://www.siq.si/>)
-

Meroslovje

- Z zakoni, ki urejajo področje meritev, se ukvarja:

Urad Republike Slovenije za meroslovje
(<http://www.mirs.si/index.php?id=1398>)

Delovna področja urada so:

- Znanstveno meroslovje
 - Zakonsko meroslovje
 - Plemenite kovine –
 - Meroslovni nadzor
-

Mednarodni sistem enot (SI)

Osnovna veličina	Osnovna enota SI	
	Ime	Simbol
dolžina	meter	m
masa	kilogram	kg
čas	sekunda	s
električni tok	amper	A
termodinamična temperatura	kelvin	K
množina snovi	mol	mol
svetilnost	kandela, candela	cd

Decimalne predpone

ime	znak	vrednost	vrednost
tera	T	10^{12}	1.000.000.000.000
giga	G	10^9	1.000.000.000
mega	M	10^6	1.000.000
kilo	k	10^3	1.000
hekto	h	10^2	100
deka	da	10^1	10
deci	d	10^{-1}	0,1
centi	c	10^{-2}	0,01
mili	m	10^{-3}	0,001
mikro	μ	10^{-6}	0,000.001
nano	n	10^{-9}	0,000.000.001
piko	p	10^{-12}	0,000.000.000.001

Način zapisa

Nepregledno Pregledno

0,00123 V 1,23 mV

0,0123 A 12,3 mA

$0,123 \cdot 10^{-3}$ H 123 μ H

12300 Ω 12,3 k Ω

$1,23 \cdot 10^8$ W 123 MW

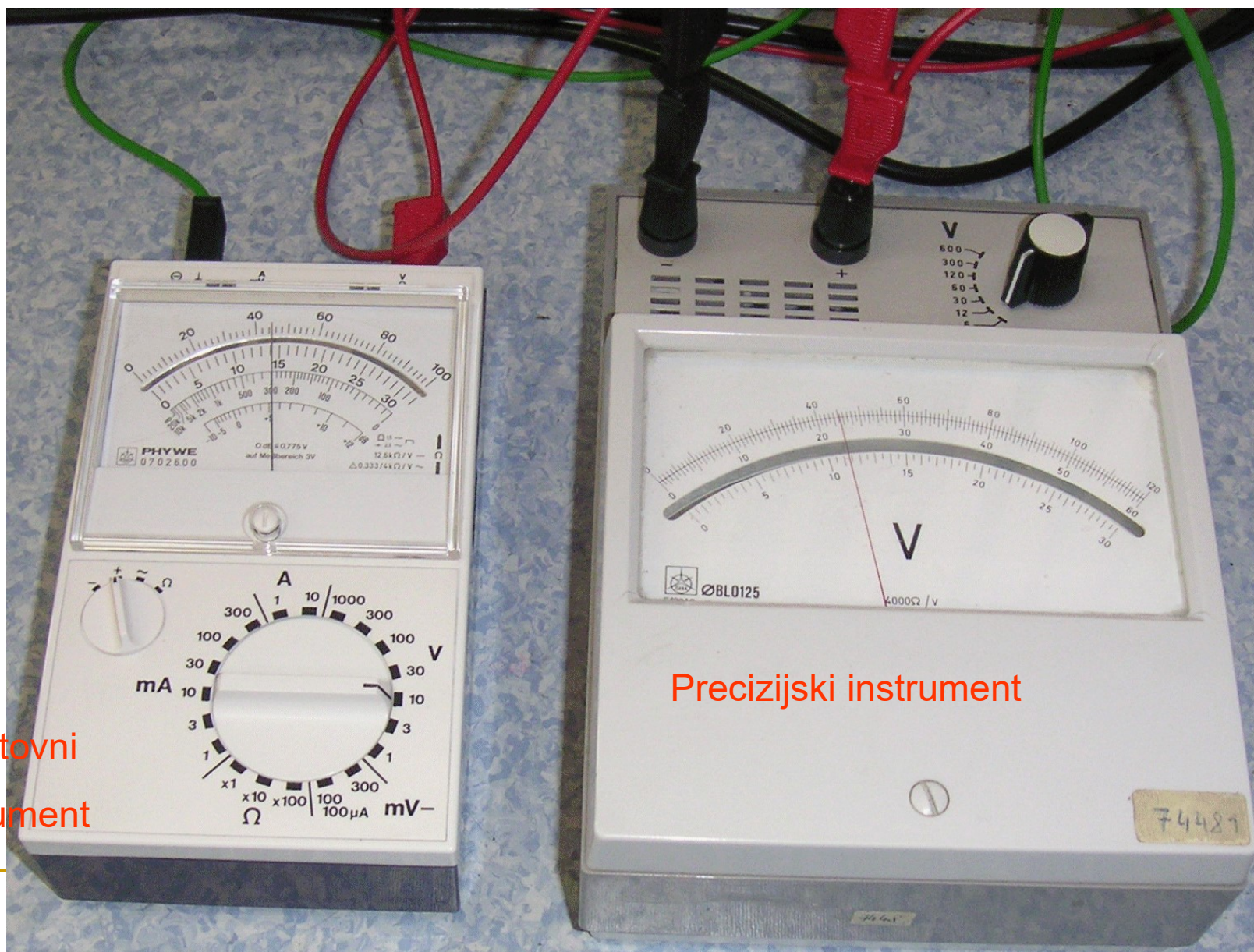
Napaka pri merjenju (Pogrešek)

- Prava vrednost: x
- Izmerjena vrednost: x_i
- Absolutna napaka: $E = x_i - x$
- Relativna (procentualna) napaka:

$$e = \frac{E}{x} = \frac{x_i - x}{x} (\cdot 100\%)$$

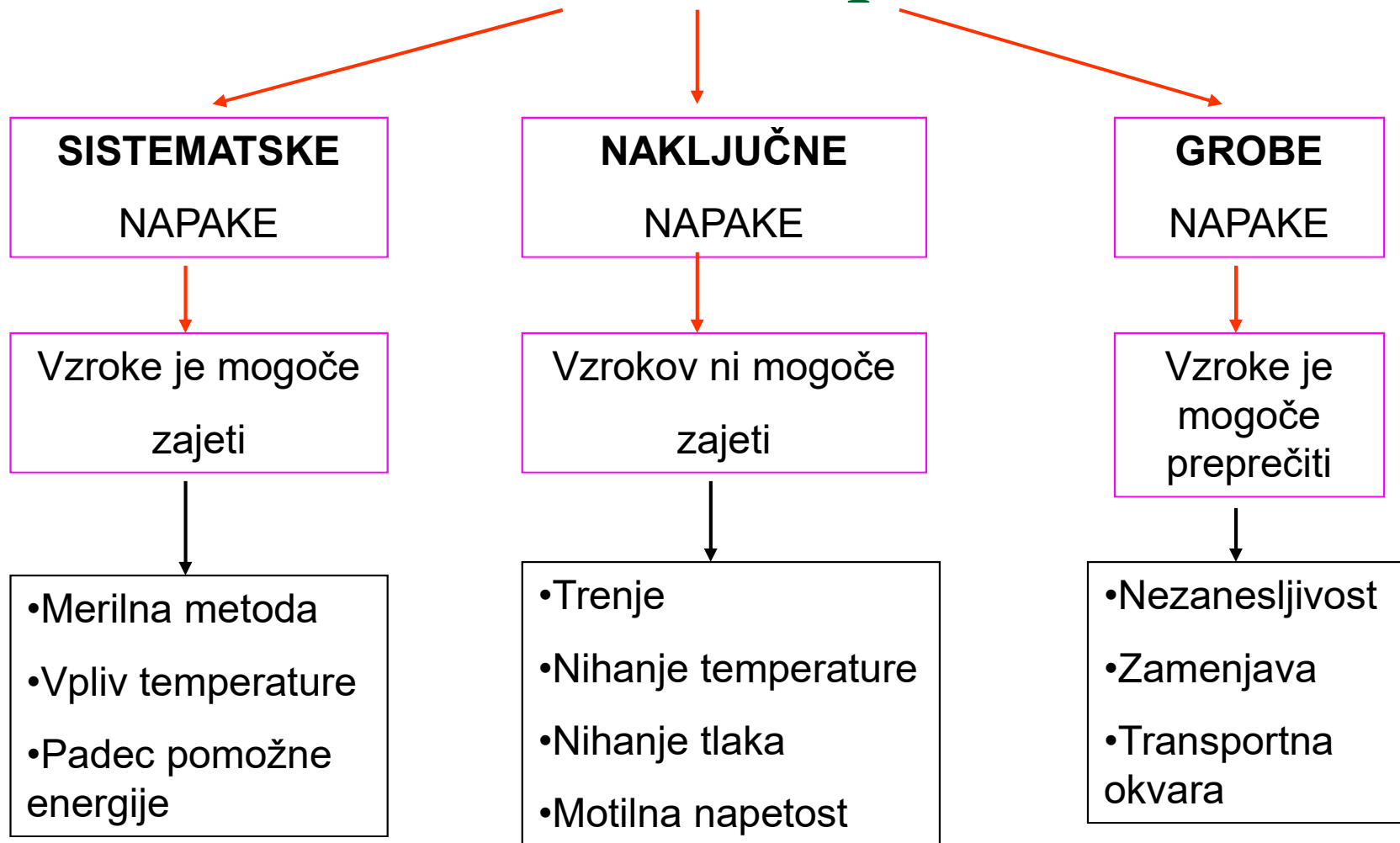
Pogrešek

Obratovni
instrument



Precizijski instrument

Merilne napake



Srednja vrednost (aritmetična sredina)

- Pri večkratnem ponavljanju meritve pri istih pogojih in istih merilnih napravah, dobimo različne vrednosti rezultatov.
- Če je sistemska napaka odpravljena, je **srednja vrednost** vseh vrednosti meritev enaka **pravi vrednosti** merjene veličine.

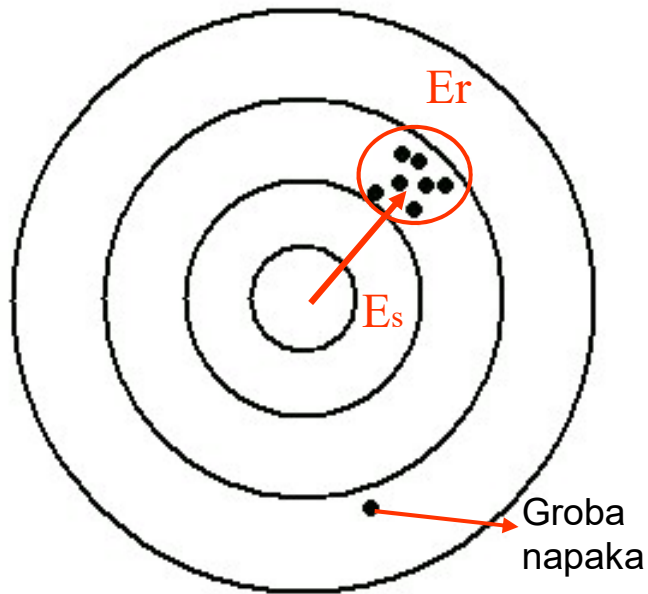
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j$$

N – število vseh meritev

j – katera meritev

Sistemska in naključna napaka

Napaki povzročata, da se ob ponavljanju iste meritve, izmerjene vrednosti razlikujejo.



$$x_{ij} = x + E_s + E_{rj}$$

- Sistemska napaka (E_s) povzroča odmik od središča (prave vrednosti), naključna napaka (E_r) pa razpršenost.
- Če tvorimo aritmetično sredino ($\bar{x}$) izmerjenih vrednosti, se ob velikem številu meritev vpliv naključne napake manjša proti nič.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} = x + E_s + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N E_{rj} \Rightarrow \bar{x} = x + E_s$$

gre proti nič, ko $N \rightarrow \infty$

Meje napake (pogreška) ⁽¹⁾

- Če je merilna naprava brezhibna in jo uporabljamo v mejah referenčnih pogojev, temeljna napaka (razred instrumenta) ne sme preseči določene vrednosti, ki ji pravimo **meja napake** (M_x).

- **Razred instrumenta – r (temeljna napaka)** je definirana na referenčno vrednost merjene veličine X_r , ki je lahko:

- merilni doseg X_D , oznaka na instrumentu 1,
- merilni razpon X_R , oznaka na instrumentu |1|,
- vsakokratna izmerjena vrednost X_i , oznaka na instrumentu ①,
- dolžina skale l_D (se ne uporablja), oznaka na instrumentu 1✓

- Razrede instrumentov (r) delimo na:

Precizijski: 0,1 0,2 0,5

Laboratorijski: 0,5 1,0

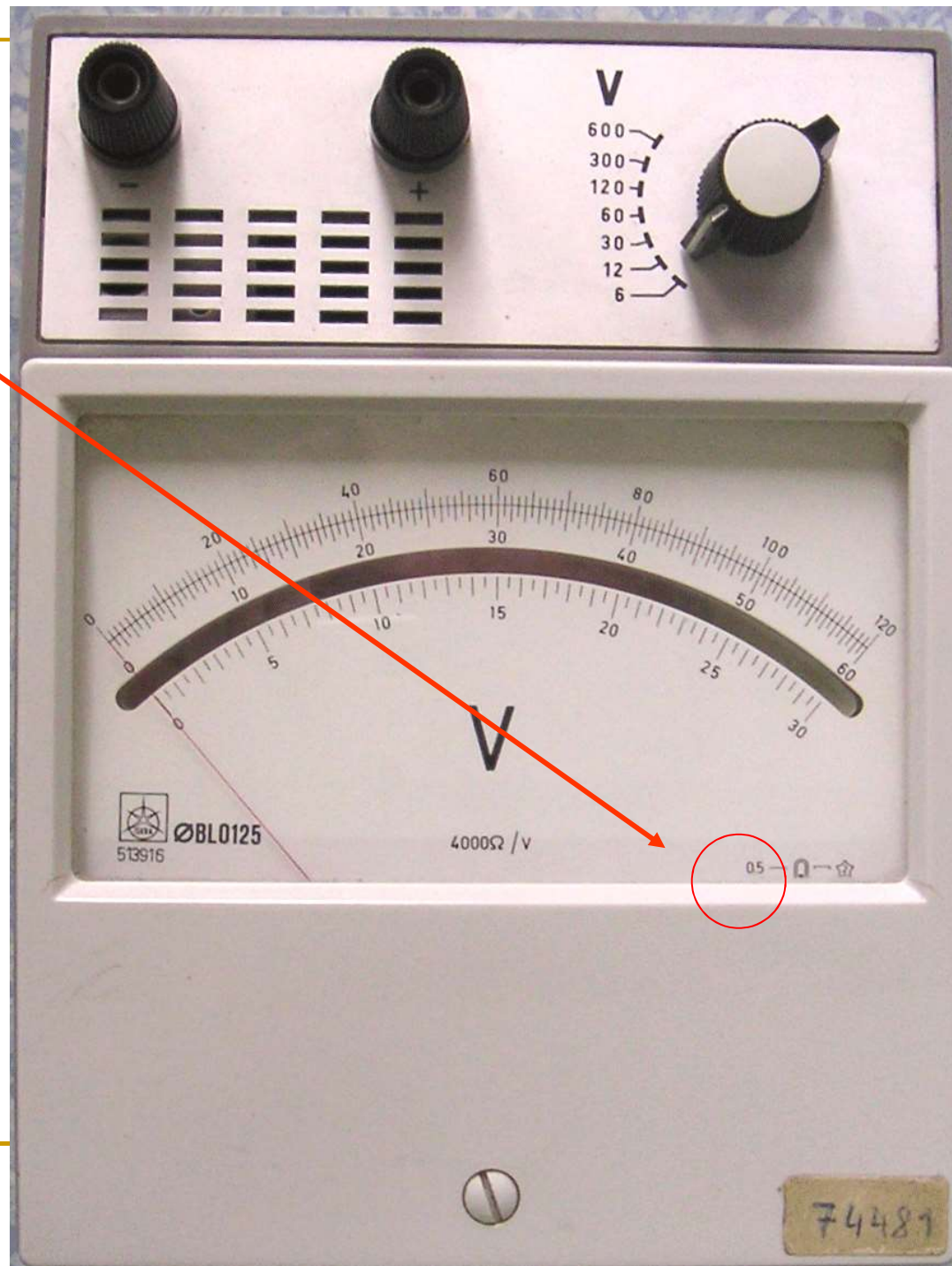
Obratovni: 1,0 1,5 2,5 5 10

Razred instrumenta

$$r = 0,5 \text{ (\%)}$$

Meje napake pri polnem odklonu

$$M_U = \pm \frac{r}{100} U_D = \pm \frac{0,5}{100} 120V = \pm 0,6V$$

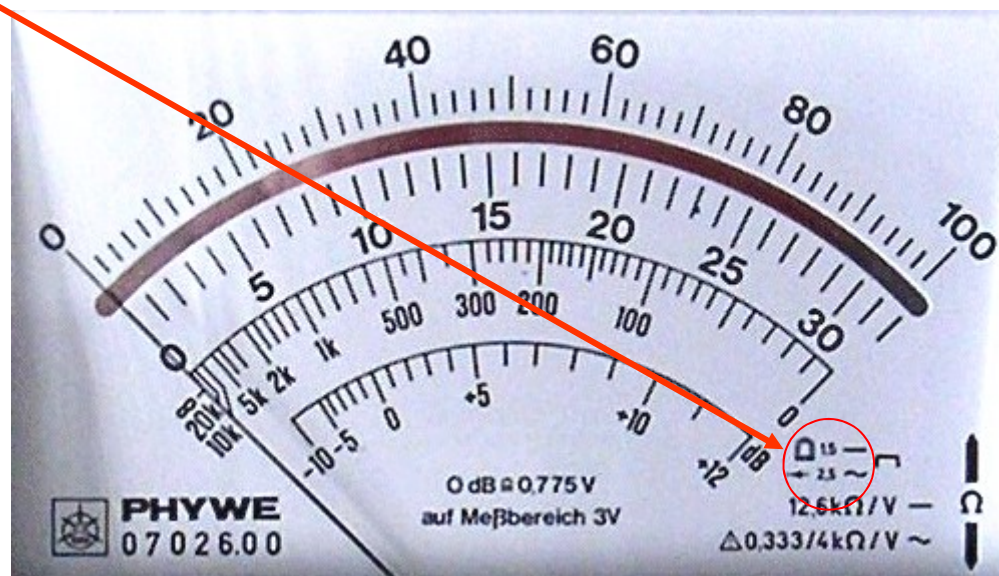


Razred instrumenta

$r = 1,5$ (%) enosmerno

$r = 2,5$ (%) izmenično

Meje napake pri polnem odklonu



$$M_U = \pm \frac{r}{100} U_D = \pm \frac{1,5}{100} 100V = \pm 1,5V$$

$$M_U = \pm \frac{r}{100} U_D = \pm \frac{2,5}{100} 100V = \pm 2,5V$$

Meje napake (pogreška) (2)


$$M_x = \pm \frac{r}{100} x_r$$

$$m_x = \frac{M_x}{x_i}$$

$$m_x [\%] = \frac{M_x}{x_i} 100$$

r – razred točnosti

x_r – referenčna vrednost merjene veličine

m_x – relativna meja napake (pogreška)

$m_x [\%]$ – relativna napaka v %

x_i – izmerjena vrednost

Če je $x_r = x_i$

je $m_x = \pm r/100$

Primer izračuna:

Imamo voltmetr razreda $r = 0,5$ z merilnim dosegom $U_D = 100V$. Prvič kaže $U_{i1} = 15,5V$ in drugič $U_{i2} = 92,4V$.

Absolutna meja napake je:

$$M_U = \pm \frac{r}{100} U_D = \pm \frac{0,5}{100} 100V = \pm 0,5V$$

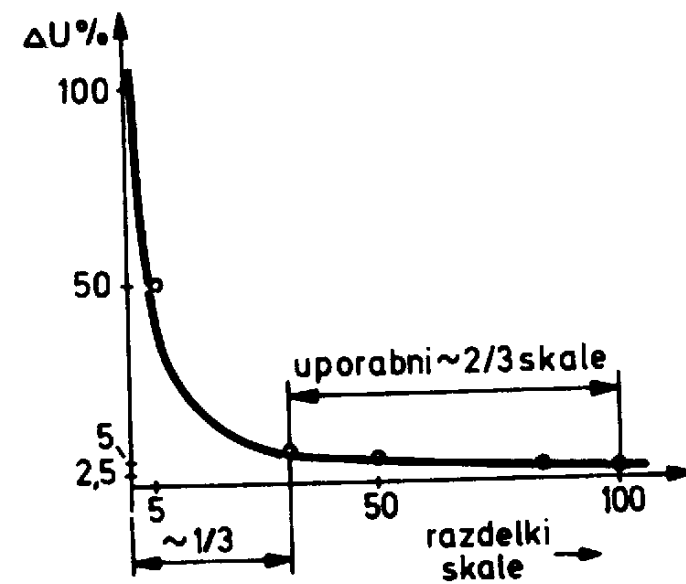
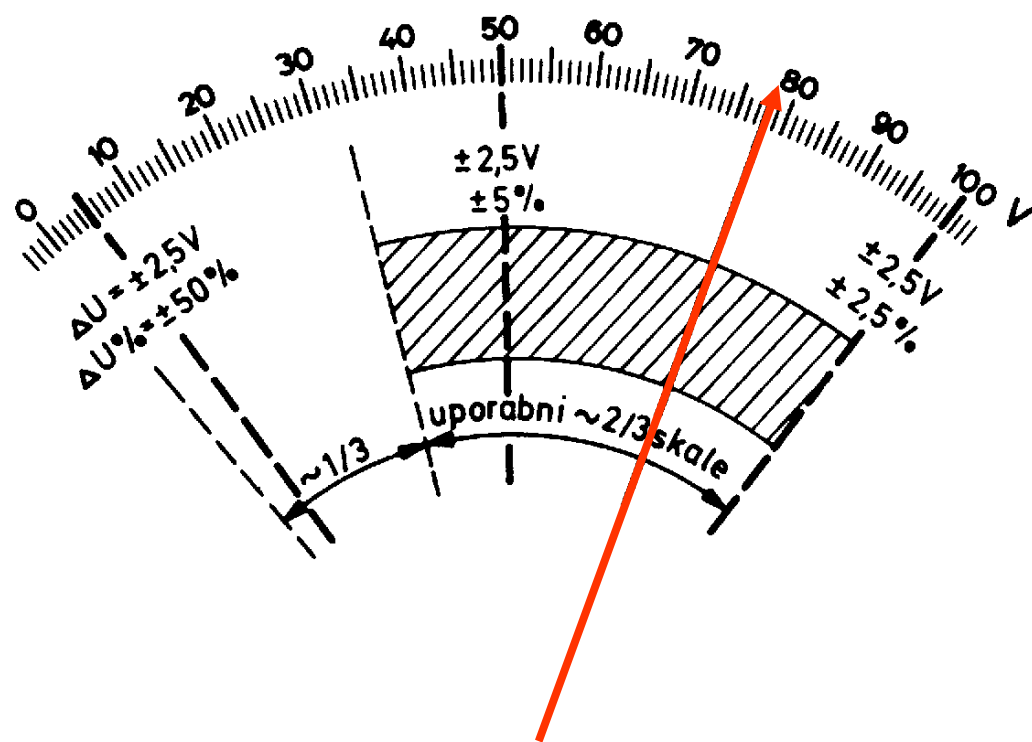
Relativna meja napake je:

$$mu_1 = \pm \frac{r}{100} \frac{U_D}{U_{i1}} = \pm \frac{0,5}{100} \frac{100V}{15,5V} = \pm 3,2 \cdot 10^{-2} = \pm 3,2\%$$

$$mu_2 = \pm \frac{r}{100} \frac{U_D}{U_{i2}} = \pm \frac{0,5}{100} \frac{100V}{92,4V} = \pm 5,4 \cdot 10^{-3} = \pm 0,54\%$$

Priporočilo! Uporabljajmo le zadnji dve tretjini kazalnega območja instrumenta.

Kako merimo?



Meje napake (pogreška) ⁽³⁾



Za **digitalne instrumente** se običajno podaja meja napake:

$$M_x = \pm(a \cdot x_i + b \cdot x_D)$$

meja napake na merilni doseg

meja napake na vsakokratno izmerjeno vrednost

$$M_x = \pm(a \cdot x_i + b \cdot digit)$$

digit (številka) – najmanjše ali zadnje decimalno mesto

x_D – merilni doseg

x_i – izmerjena vrednost

Primer izračuna:

Digitalni voltmeter ima merilni doseg $U_D = 2V$, kaže $U_i = 1,204V$, deklarirana meja napake pa je $M_u = \pm(0,05\%U_i + 0,02\%U_D)$.

$$M_U = \pm\left(\frac{0,05}{100}1,204V + \frac{0,02}{100}2V\right) = \pm(0,6mV + 0,4mV) = \pm1,01mV$$

Če je meja napake deklarirana s številom digitov je za primer:
 $M_u = \pm(0,5\%U_i + 2d)$, $U_i = 1,347$ in $1d = 0,001V$.

$$M_U = \pm\left(\frac{0,5}{100}1,347V + 2 \cdot 0,001V\right) = \pm8,8mV$$

Primer izračuna:



merilno območje

NAPAKA - točnost

resolucija

3.2. Special Characteristics

MODEL	FUNCTION	RANGE	ACCURACY	RESOLUTION
M-3860D M-3850D M-3870D	DC VOLTAGE	400 mV 4 V 40 V 400 V 1000 V	$\pm 0.3\%$ of rdg +1 dgt $\pm 0.5\%$ of rdg +1 dgt	100 μ V 1 mV 10 mV 100 mV 1 V
M-3850D M-3870D	AC VOLTAGE	400 mV 4 V 40 V 400 V 750 V	$\pm 0.8\%$ of rdg +3 dgt $\pm 1.0\%$ of rdg +3 dgt	100 μ V 1 mV 10 mV 100 mV 1 V
3860D	AC VOLTAGE (True rms)	400 mV 4 V 40 V 400 V 750V	$\pm 0.8\% + 3$ dgt ($\pm 2.5\% + 5$ dgt) $\pm 1.0\%$ of rdg +3 dgt	100 μ V 1 mV 10 mV 100 mV 1 V

Note: Impedence of AC Voltage True rms (M-3860D)
1. 40Hz to 20KHz for 400mV, 4V, 40V & 200V
2. 40Hz to 1KHz for above 200V to 750V

Podajanje merilnih rezultatov

Rezultat merjenja podamo tako, da navedemo izmerjeno vrednost in negotovost (interval mej točnosti).

$$x = x_i \pm U$$

- Negotovost ($\pm U$) **zaokrožimo vedno navzgor**. Če je prva številka (ničle ne štejemo) 3 do 9 zaokrožimo na tem mestu. Če je 1 ali 2 pa na naslednjem nižjem decimalnem mestu.
- Izmerjeno vrednost zaokrožimo na decimalnem mestu, ki ga določa negotovost. Če je desno od mesta zaokrožitve številka:
 - 0 do 4, ne spremenimo,
 - 5 do 9 pa zaokrožimo navzgor.

Primer: izmerjena vrednost je: $U=13,345\text{V}$ in meje napake $M_U = \pm 0,123\text{V}$

Najprej zaokrožimo merilno negotovost: $M_U = \pm 0,13\text{V}$

Merilni rezultat: **$U=13,35\text{V} \pm 0,13\text{V}$**

Vaja



Enosmerna napetost:

Območje	Natančnost	Ločljivost
200 mV	+/- 0,5 % prikaza + 1 šdevilka	100 μ V
2 V		1 mV
20 V		10 mV
200 V		100 mV
1.000 V		1 V

Podaj merilni rezultat!



Rešitev vaje:

Odčitamo z instrumenta in iz priloženih podatkov.

$$U_i = 1,209V$$

$$M_O = U_D = 2V$$

$$M_U = \pm(0,5\%U_i + 1d)$$

$$1d = 0,001V$$

Izračun meje napake oziroma velikost negotovosti.

$$M_U = \pm((0,5/100)1,209V + 0,001V) = \pm 0,007045 = \pm 7,045mV$$

$$\text{Zaokrožimo na: } M_U = \pm 0,008V$$

$$\text{Rezultat: } U_i = 1,209 \pm 0,008V$$

Izmerjena vrednost leži v intervalu: $1,201V < U_i < 1,217V$

Vprašanja

1. Merljive lastnosti stvari ali pojavov imenujemo:
 2. Zanesljivost je sposobnost izdelka, da ...
 3. Lastnost, ki se da določiti kakovostno in količinsko imenujemo:
 4. Določene veličine istih dimenzij izražamo z ...
 5. Poimenuj s splošnimi izrazi zapis: $I=5A$.
 6. Naštej osnovne veličine in enote sistema merskih enot.
 7. Decimalne enote uporabljamo zato, da _____ ali _____ mersko število.
 8. Kaj je etalon?
-

Vprašanja

9. Kako z drugim izrazom imenujemo kalibracijo?
 10. Kako izračunamo absolutno napako pri merjenju (s pojasnilom oznak)?
 11. Naštej temeljne merilne napake.
 12. Kakšne so sistemske napake?
 13. Kdo povzroča naključne napake?
 14. Zaradi česa nastopajo grobe napake?
 15. Kako zmanjšamo naključne napake?
-

Vprašanja

16. Kako izračunamo mejo napake in kaj pomenijo oznake?
 17. Izračunaj absolutno mejo napake, če so podatki:
 18. Izračunaj mejo napake za digitalni instrument, če so podatki:
 19. Izračunaj mejo napake za digitalni instrument, če so podatki:
 20. Kako podajamo merjene rezultate?
 21. Zaokroži naslednji izmerjeni rezultat:
-