

MERANIE

doc. Ing. Peter Kukuča, CSc. MIET

KMer FEI STU



Hodnotenie predmetu

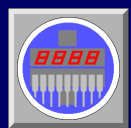
- max. 50 bodov za semester
 - 30 bodov za prípravu na cvičenia a referáty
 - 16 bodov za vstupné testy
 - 14 bodov za odovzdané referáty
 - 20 bodov za dve písomky na prednáškach
- max. 50 bodov za skúšku
- webmail.stuba.sk/~peter.kukuca



Meranie nie je:

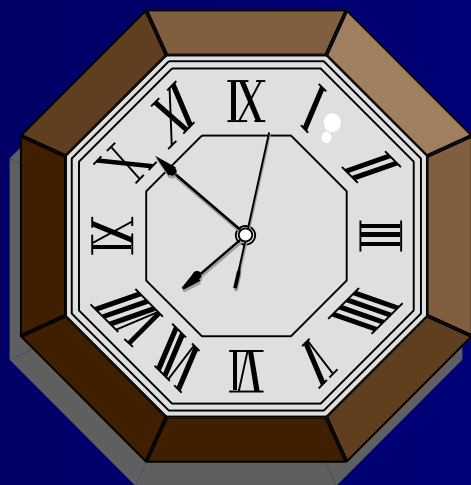
- izolovaná činnosť (meranie ako také)
- len rutinná technická činnosť (pri ktorej nemusím rozmýšľať)
- niečo, čo sa ma netýka (lebo sa s tým nestretnem)





Meranie je:

- jedna z najčastejších ľudských činností
- súčasť väčšiny ľudských činností





Meranie je:

- zistenie kvantitatívnej charakteristiky predmetu alebo javu,

najčastejšie zistenie hodnoty fyzikálnej veličiny
- odpovedanie na otázky



Lord Kelvin:

- *When you can measure what you are speaking about, and can express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, then your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind.*



George Miller:

- *In truth, a good case could be made that if your knowledge is meagre and unsatisfactory, the last thing in the world you should do is make measurements.*

The chance is negligible that you will measure the right things accidentally.



Meranie poskytuje:

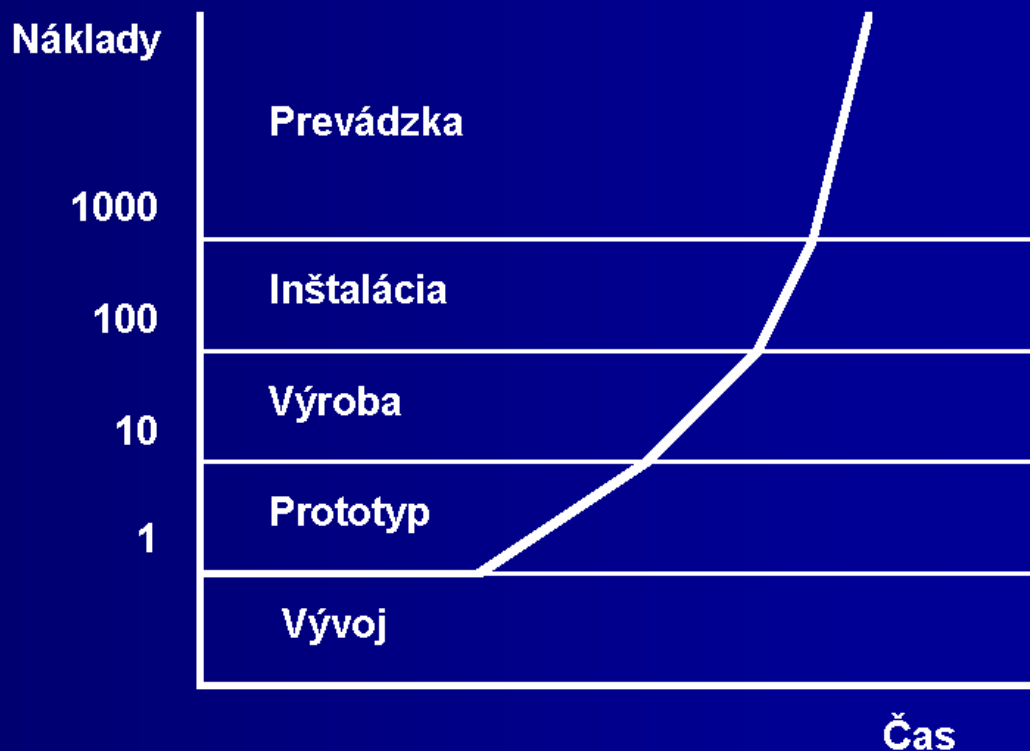
- informácie o výsledku nejakej práce
- konštatovanie stavu





Meranie poskytuje:

- priebežné informácie počas vývoja a výroby - ovplyvnenie výsledku

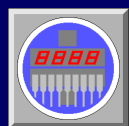




Meranie poskytuje:

- informácie o stave a prevádzke systémov
- zabezpečenie funkcie





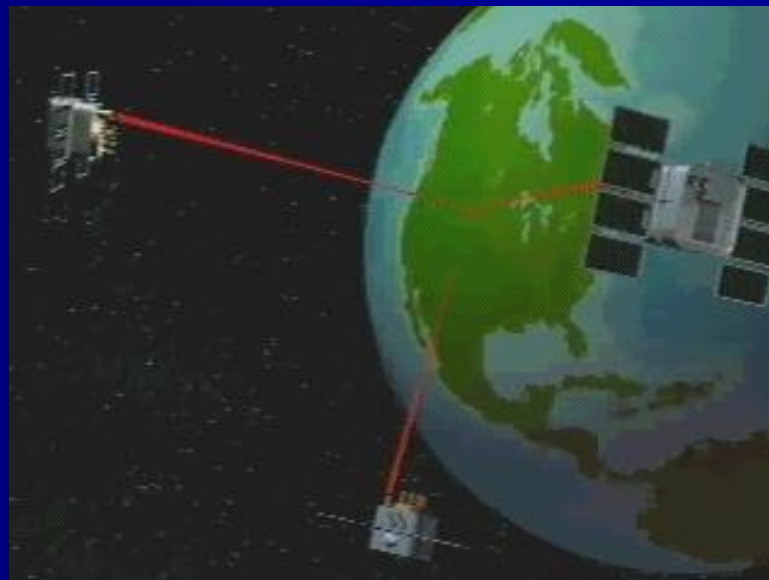
Meranie podporuje:

- uľahčenie práce
- vyššiu kvalitu výrobkov





Meranie podporuje:



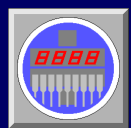
- nové metódy diagnostiky



Meranie limituje:

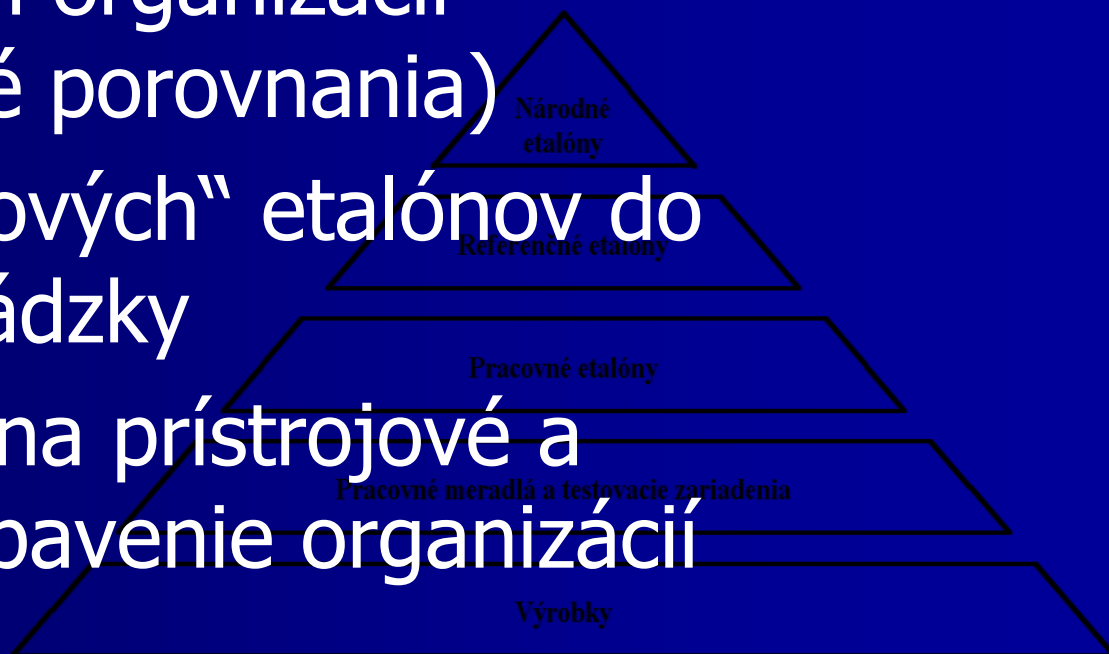
- dosiahnuteľné parametre výrobkov
- „spravodlivosť“ v obchode
- medzinárodnú spoluprácu a obchod





Medzinárodná spolupráca

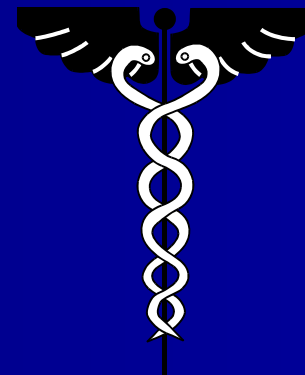
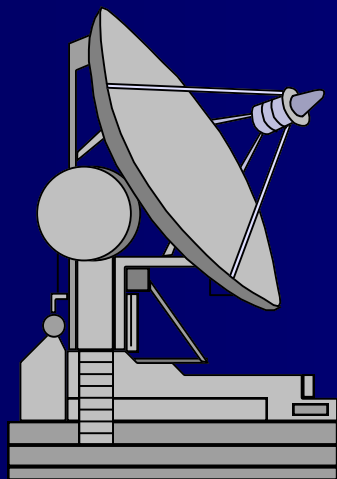
- legislatíva a normalizácia
- dôležitosť medzinárodných metrologických organizácií (medzinárodné porovnania)
- presun „kvantových“ etalónov do výroby a prevádzky
- vyššie nároky na prístrojové a personálne vybavenie organizácií

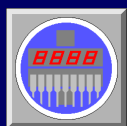




Meranie vyžaduje:

- znalosti objektu merania - v prvom rade treba byť odborníkom vo svojom odbore
- znalosti z teórie merania - spracovanie a vyhodnotenie výsledku merania

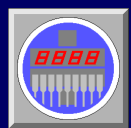




Meranie vyžaduje:

- znalosti reálnych možností meracej techniky - vedieť rozlíšiť „šľahačku na torte“ od skutočne zásadných vlastností meracieho prístroja





Meranie vyžaduje:

- získať informácie – samotné meranie
- namerané údaje spracovať
- správne interpretovať výsledok merania
 - nameraná hodnota
 - meracia jednotka
 - odhad chyby merania
 - podmienky merania





Úlohy pre „používateľov“:

- vedieť si vybrať vhodný (správny) merací prístroj
- vedieť navrhnúť zloženie meracieho systému
- naprogramovať splnenie požadovanej úlohy
- vybrať „tie správne“ merané veličiny



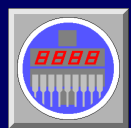
Chyby merania

- Hrubé chyby (omyly)
 - vylúčiť
- Systematické chyby (deterministické)
 - korigovať
- Náhodné chyby (stochastické)
 - zmenšovať



Absolútna chyba ΔX

- $\Delta X = X_m - X_s$
- X_m – nameraná hodnota
- X_s – skutočná hodnota
- $K = X_s - X_m$



Relatívna chyba δX

- $\delta X = \Delta X / X_s$
- $\delta X = \Delta X / X_s$
- $\delta X = \Delta X / X_m$
- $\delta X_p = \Delta X / X_N$
- $\delta X = \Delta X / X \cdot 100 \%$
- $\delta X = \Delta X / X \cdot 10^6 \text{ ppm}$
- X_s – skutočná hodnota
- X_s – správna hodnota
- X_m – nameraná hodnota
- X_N – nominálna hodnota (rozsah)



Chyby merania

- „Skutočné“ hodnoty chýb
 - zistené porovnaním s presnejším meradlom
- Hranice chýb
 - zaručované výrobcom
 - max. chyby s pravdepodobnosťou 100 %
- Neistoty
 - interval chýb s pravdepodobnosťou < 100 %



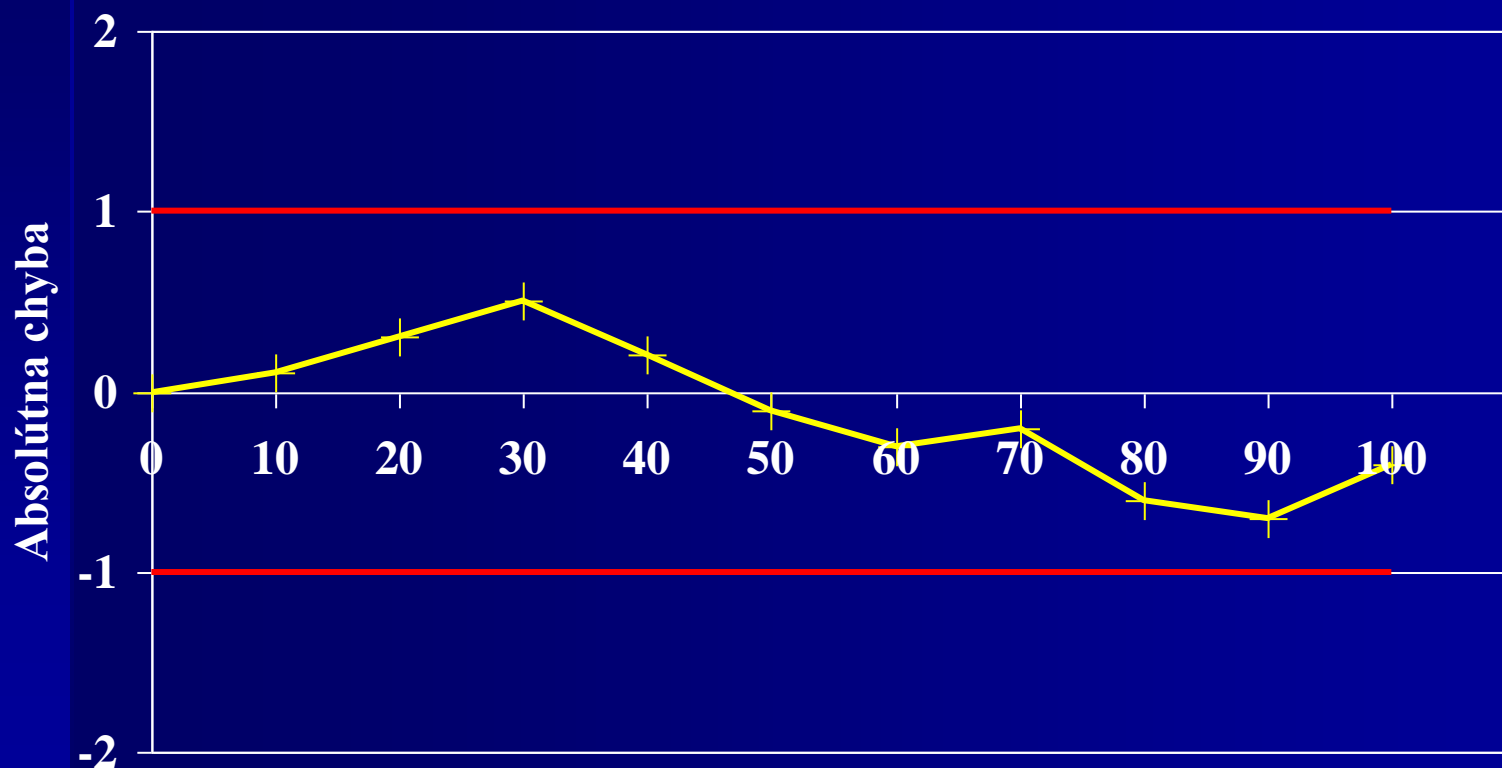
Hranice chýb

- Trieda presnosti
 - maximálna relatívna chyba prístroja
 - *maximálna relatívna chyba údajov*
 - *maximálna relatívna chyba z dĺžky stupnice*
- Dvojčlenný vzorec
 - aditívna zložka
 - multiplikatívna zložka



Trieda presnosti

■ $tr.pr. = \max(\Delta X / X_N) \cdot 100 \%$



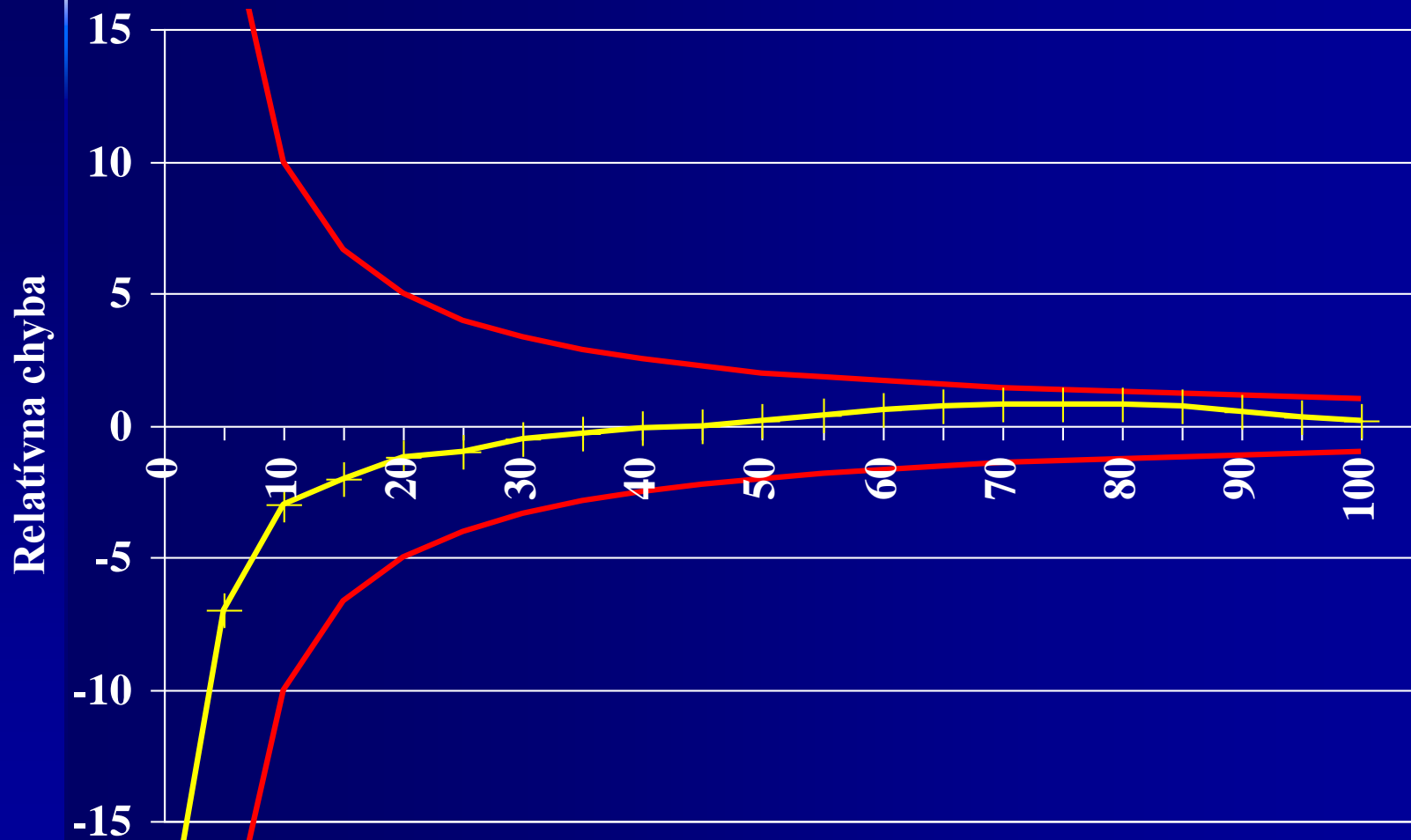


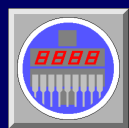
Trieda presnosti

- $\delta X = \Delta X / X \cdot 100 \%$
- $\delta X_p = \Delta X / X_N \cdot 100 \%$
- $\Delta X = \delta X_p \cdot X_N / 100 \%$
- $\delta X = \delta X_p \cdot X_N / X$



Trieda presnosti





Dvojčlenný vzorec

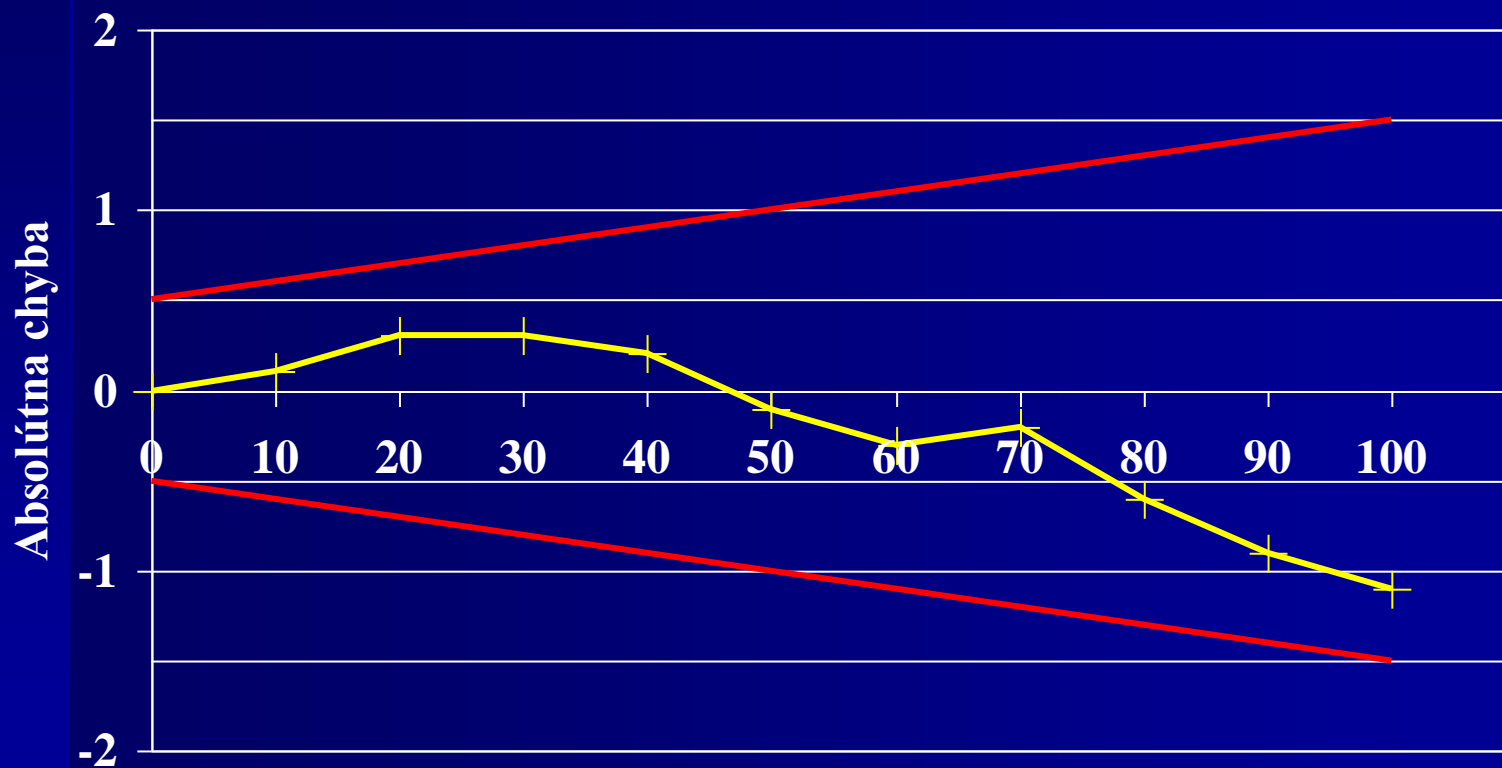
- $\max(\Delta X) = \Delta a + \Delta m$
- $\max(\Delta X) = \Delta a + \delta m \cdot X / 100 \%$
- $\max(\Delta X) = \delta a \cdot X_N / 100 \% + \delta m \cdot X / 100 \%$

- (0,1 % z údaje + 0,05 % z rozsahu)
- (50 ppm + 10 digit)



Dvojčlenný vzorec

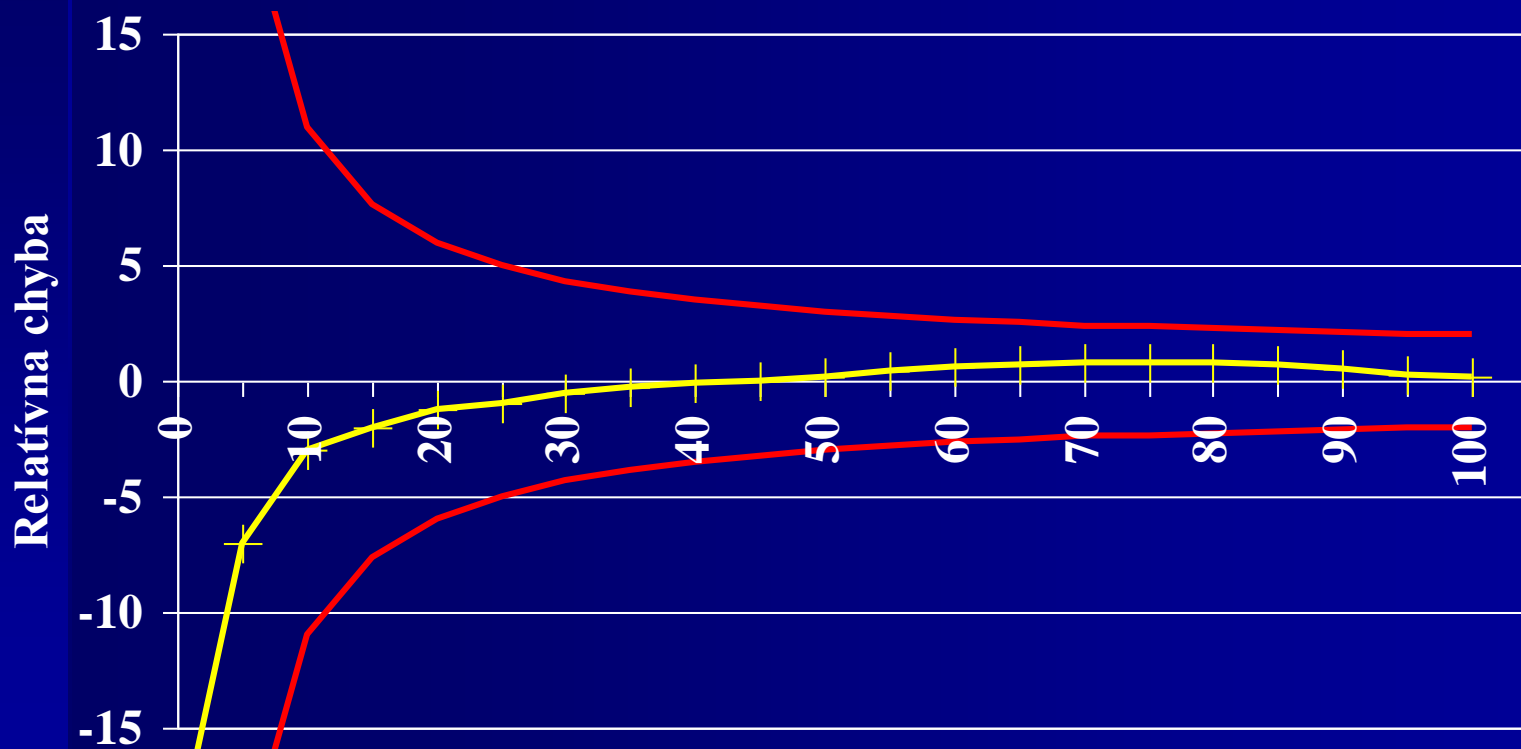
■ $\max(\Delta X) = \Delta a + \delta m \cdot X / 100 \%$





Dvojčlenný vzorec

■ $\max(\delta X) = \delta a \cdot X_N / X + \delta m$





Neistoty

- Uncertainty u
- Interval okolo nameranej hodnoty, v ktorom sa nachádza skutočná hodnota s istou pravdepodobnosťou ($\sim 60 - 70 \%$).
- Daná hodnotou výberovej smerodajnej odchýlky výberového aritmetického priemeru meranej veličiny.



Chyby meracích prístrojov

- Referenčné podmienky
 - teplota
 - frekvencia (frekvenčný rozsah)
 - časový priebeh striedavej veličiny
 - ...
- Prídavné chyby
 - mimo referenčných podmienok
 - vplyv meracieho prístroja (spotreba)



Korekcia spotreby MP

- Neexistuje univerzálny (definičný) vzorec
- Individuálna analýza vplyvu MP na výsledok merania
- Pozor na zanedbanie vplyvu MP
 - MP s malým vstupným odporom
 - extrémne podmienky merania, napr. vysoká frekvencia

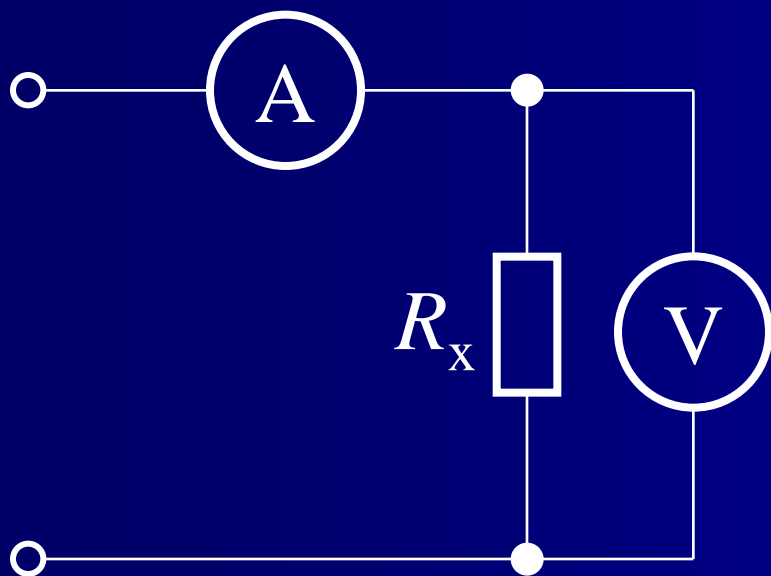


Zapojenie MP

- Paralelne „ako voltmeter“
 - veľký vstupný odpor
 - koľko je dost’?
- Sériovo „ako ampérmeter“
 - malý vstupný odpor
 - mikroampérmeter
- Prispôsobenie impedancii systému



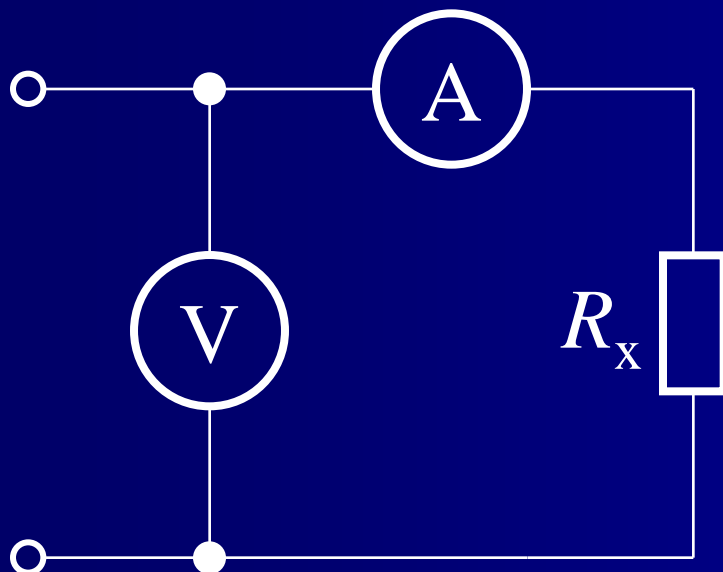
Korekcia spotreby MP



$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$



Korekcia spotreby MP

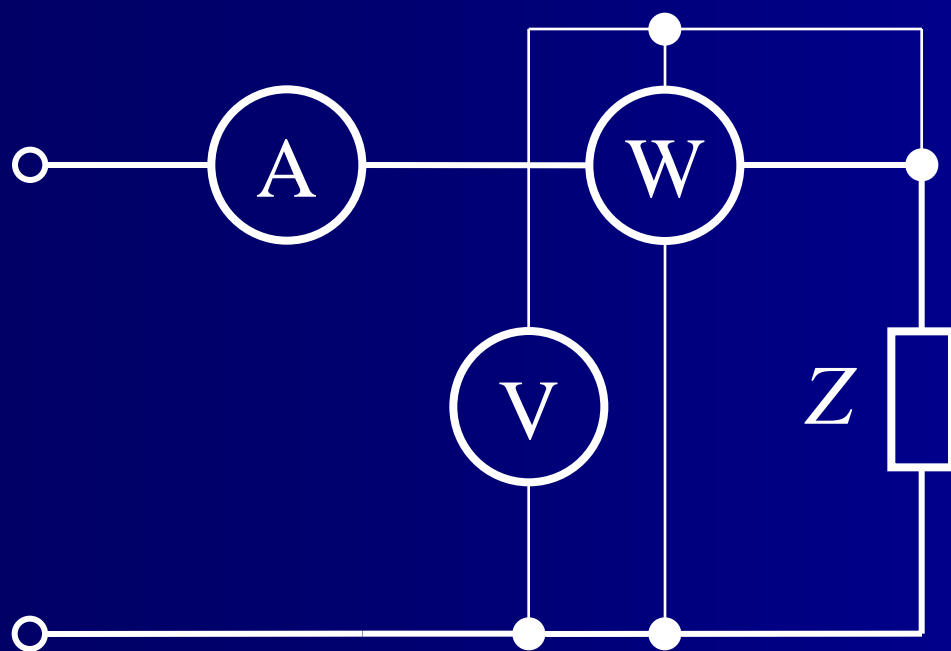


$$R_x = \frac{U - I \cdot R_A}{I}$$



Korekcia spotreby MP

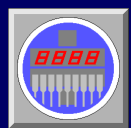
$$P = P_w - \frac{U^2}{\frac{R_v \cdot R_{vw}}{R_v + R_{vw}}}$$





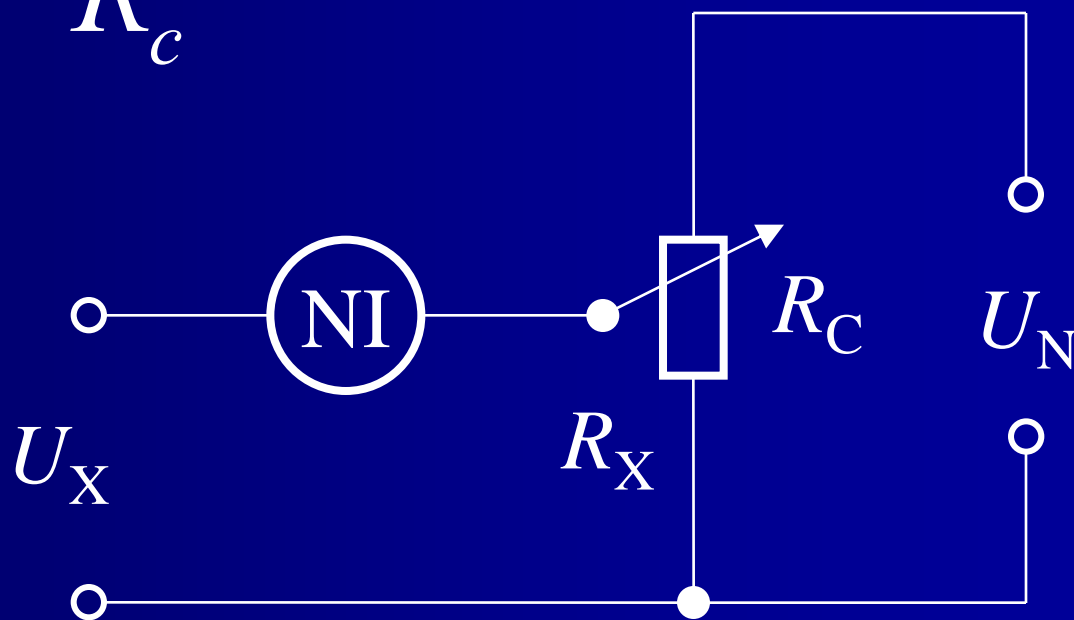
Meracie metódy

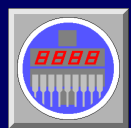
- Priame meranie
- Nepriame meranie
 - výpočtom z iných (priamo) nameraných hodnôt
 - kompenzačná metóda
 - komparačná metóda
 - substitučná metóda
 - mostíkové metódy
- Výchylkové a nulové metódy



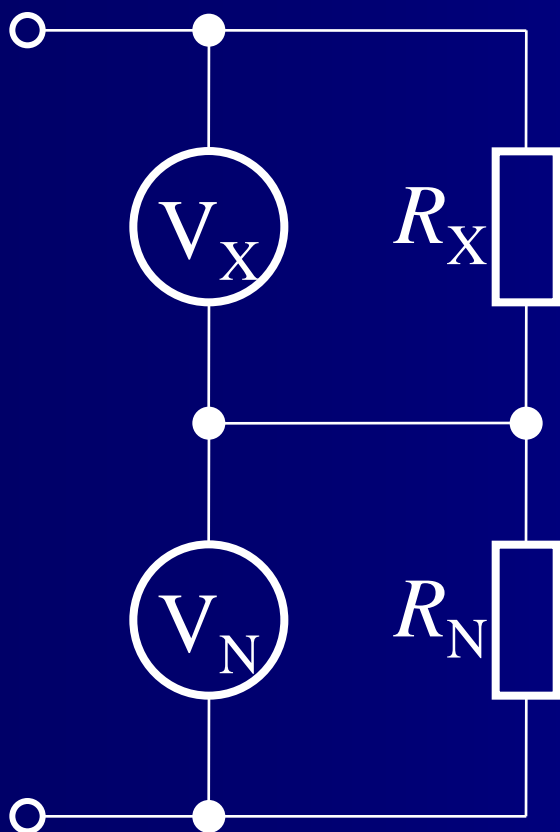
Kompenzační metoda

$$U_x = U_N \frac{R_x}{R_c}$$

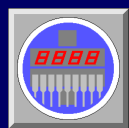




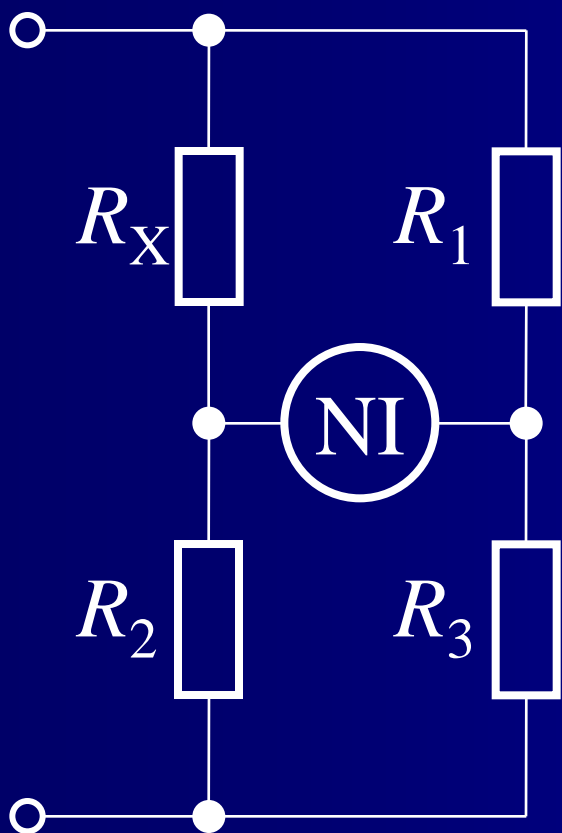
Komparační metóda



$$R_X = R_N \frac{U_X}{U_N}$$



Mostíková metoda

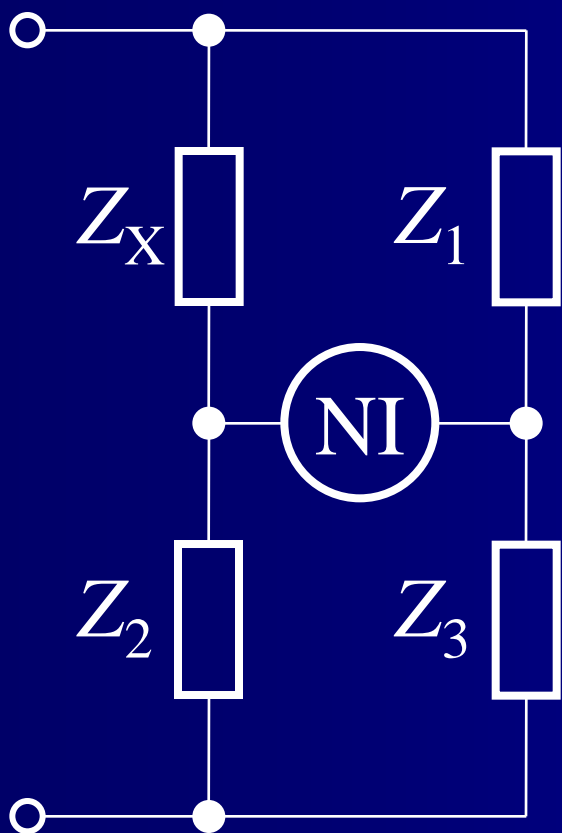


$$R_X \cdot R_3 = R_1 \cdot R_2$$

$$R_X = R_1 \frac{R_2}{R_3}$$



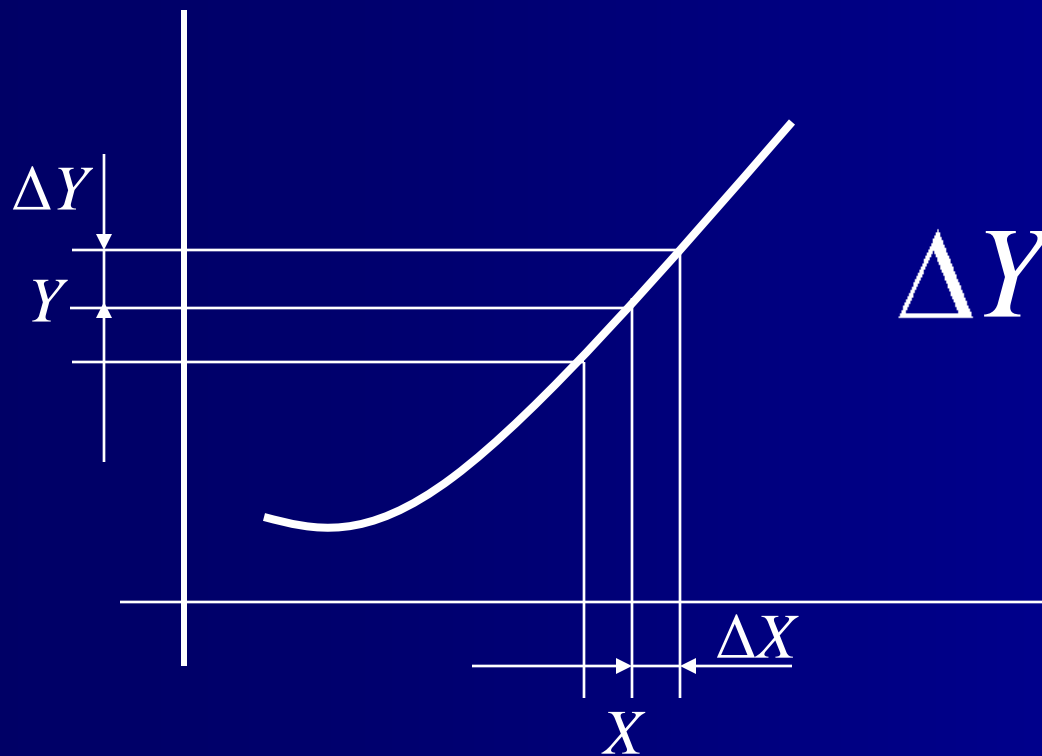
Mostíková metoda



$$Z_X = Z_1 \frac{Z_2}{Z_3}$$



Zákon prenášania chýb

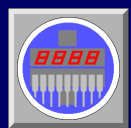


$$\Delta Y = \frac{dY}{dX} \cdot \Delta X$$



Zákon prenášania chýb

$$\Delta Y = \frac{dY}{dX} \cdot \Delta X$$



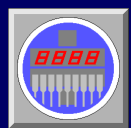
Zákon prenášania chýb

$$\Delta Y = \frac{\partial Y}{\partial X} \cdot \Delta X$$



Zákon prenášania chýb

$$\Delta Y = \sum_i \left[\frac{\partial Y}{\partial X_i} \cdot \Delta X_i \right]$$



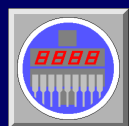
Zákon prenášania chýb

$$\Delta Y = \sum_i \left| \frac{\partial Y}{\partial X_i} \cdot \Delta X_i \right|$$



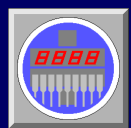
Zákon prenášania chýb

$$\delta Y = \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{1}{Y} \sum_i \left| \frac{\partial Y}{\partial X_i} \cdot \Delta X_i \right|$$



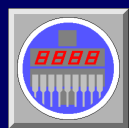
Zákon prenášania chýb

$$\delta Y = \frac{1}{Y} \sum_i \left| \frac{\partial Y}{\partial X_i} \cdot X_i \cdot \delta X_i \right|$$



Zákon prenášania chýb

$$\delta Y = \sum_i \left| \frac{\partial Y}{\partial X_i} \cdot \frac{X_i}{Y} \cdot \delta X_i \right|$$



Zákon prenášania chýb

$$Y = X_1 \pm X_2$$

$$\Delta Y = \Delta X_1 + \Delta X_2$$

$$Y = X_1 \times / \div X_2$$

$$\delta Y = \delta X_1 + \delta X_2$$