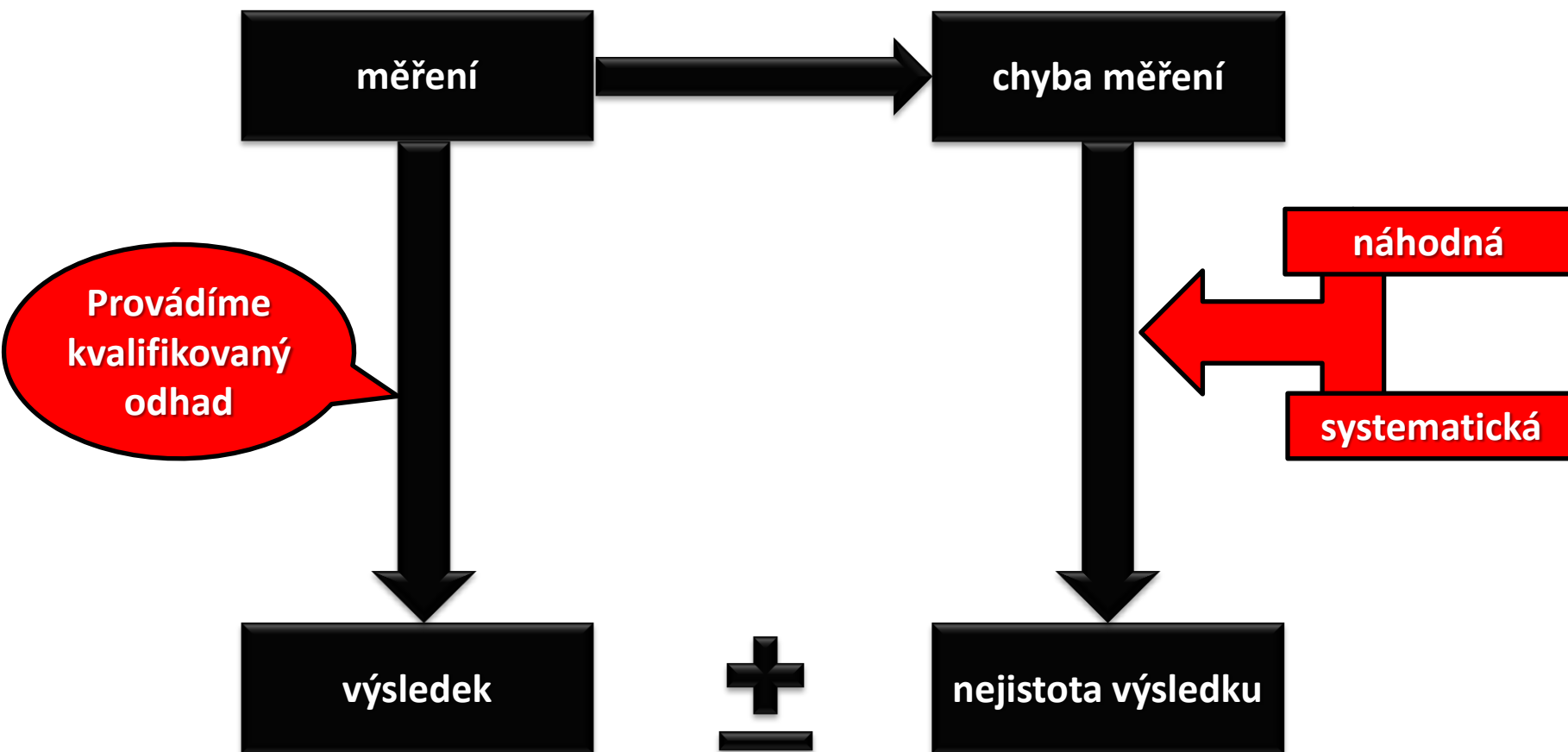


NEJISTOTY MĚŘENÍ

Nejistoty měření



Nejistoty měření

výsledek



nejistota výsledku

**měřená
veličina**

**parametr
přidružený k
výsledku
měření**

- obsah alkoholu v krvi (mg/g)
- obsah drogy v těle
- množství kadmia v potravinářských výrobcích

...

chyba měření

= rozdíl mezi výsledkem
analýzy a skutečnou
hodnotou

vyjadřuje interval, ve
kterém se nachází
skutečná hodnota
měřené veličiny s
určitou
pravděpodobností
(obvykle 95 %)

nejistota ≠ chyba

Nejistoty měření

standardní nejistota $u(x_i)$	= nejistota výsledku měření vyjádřená formou směrodatné odchylky
kombinovaná (standardní) nejistota $u_c(y)$	= standardní nejistota výsledku měření, jehož hodnota závisí na několika vstupních veličinách nejistota vzniká kombinací jednotlivých složek nejistot
relativní standardní (kombinovaná) nejistota $u_r(y)$ nebo rsu	analogie k relativní směrodatné odchylce $u_r(y) = \frac{u(y)}{y}$
rozšířená nejistota $U(y)$	= veličina definující interval hodnot, ve kterém leží skutečná hodnota veličiny y s určitou předem danou pravděpodobností $U(y) = k \cdot u_{(c)}(y)$ k = koeficient rozšíření (=pokrytí; coverage factor) $k = 1,96 \rightarrow k = 2$ výsledek se uvádí jako $y \pm U(y)$
odhad nejistoty	 způsob A: nejistota zjišťována z měření v laboratoři (nejčastěji výběrová směrodatná odchylka) způsob B: nejistota získaná z jiných zdrojů (specifikace výrobce, literární údaje, certifikáty,...)

Výpočet standardních nejistot

- nejistota veličiny s normálním rozdělením

- vypočítá se jako výběrová směrodatná odchylka
- pro aritmetický průměr → směrodatná odchylka průměru

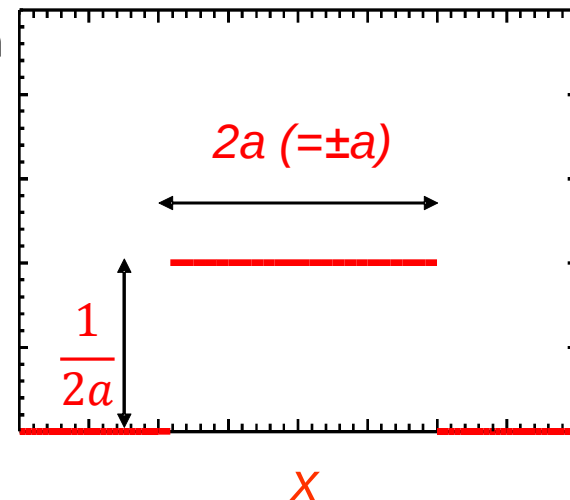
$$s_{n-1}$$

$$s_p$$

- nejistota veličiny s rovnoměrným nebo neznámým rozdělením

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad a = \frac{\text{horní mez} - \text{dolní mez}}{2}$$

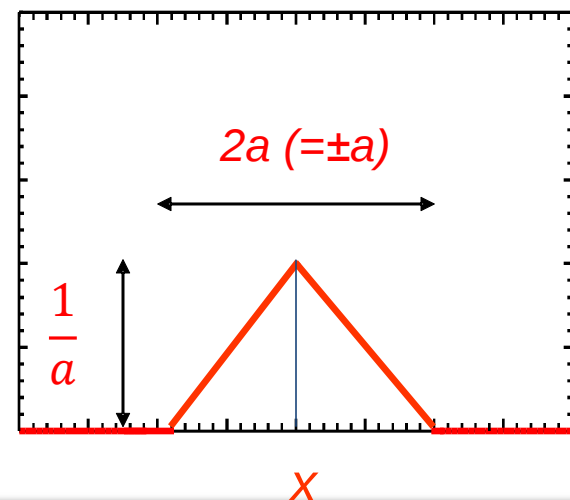
- pro **neznámé rozdělení** aproximujeme standardní nejistoty **rovnoměrným rozdělením**



- nejistota veličiny s trojúhelníkovým rozdělením

$$u = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

- např. tolerance odměrného nádobí (odměrné baňky, pipety, byrety)



Rovnice měření a zákon šíření nejistot

$$y = f(x_i)$$

měřená
veličina

vstupní
veličiny

Funkce $f(x_i)$ musí obsahovat všechny vstupní veličiny, aby při bilancování byly uvažovány všechny zdroje nejistot.

$$c_i = \frac{\partial y}{\partial x_i}$$

citlivost
(koeficienty
selektivity)

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u(x_i)^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i \cdot c_j \cdot u(x_i, x_j)}$$

Pokud jsou x_i vzájemně nezávislé, je člen $\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i \cdot c_j \cdot u(x_i, x_j)$ roven 0.

Aditivní a multiplikativní model

Pravidlo 1: Aditivní model

$$y = k(x_1 + x_2 + x_3) \quad k \text{ je konstanta}$$

$$u(y) = k \sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2 + u(x_3)^2}$$

Pravidlo 2: Multiplikativní model

$$y = k(x_1 \cdot x_2 \cdot x_3) \quad k \text{ je konstanta}$$

$$u(y) = y \cdot \sqrt{\left(\frac{u(x_1)}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{u(x_2)}{x_2}\right)^2 + \left(\frac{u(x_3)}{x_3}\right)^2}$$

$$u_r(y) = \sqrt{u_r(x_1)^2 + u_r(x_2)^2 + u_r(x_3)^2}$$

Kragtenův algoritmus

Pravidlo 3: Kragtenův algoritmus (aproximace pomocí Taylorova rozvoje diferencí)

- pro aditivní model, multiplikativní model i jejich kombinace

$$c_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} = \frac{y(x_i + u_{x_i}) - y(x_i)}{u_{x_i}} \longrightarrow u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u(x_i)^2} \quad x_i - \text{vzájemně nezávislé (snímek 4)}$$

$$\downarrow$$

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [y(x_i + u_{x_i}) - y(x_i)]^2}$$

- formulace rovnice měření
- hodnoty všech vstupních údajů (veličiny x_i , standardní nejistoty $u(x_i)$, relativní standardní nejistoty $u_{r(i)}$)
- vytvoření tabulky ($n \times n$):

x_1	u_1
x_1	u_1
x_2	u_2
x_3	u_3

$x_1 + u_1$	x_1	x_1
x_2	$x_2 + u_2$	x_2
x_3	x_3	$x_3 + u_3$

$y(x_1, u_1)$

$y(x_1 + u_1; x_2; x_3)$	$y(x_1; x_2 + u_2; x_3)$	$y(x_1; x_2; x_3 + u_3)$
--------------------------	--------------------------	--------------------------

$y(x_1)$

$y(x_1; x_2; x_3)$

diff²

$[y(x_1; x_2; x_3) - y(x_1 + u_1; x_2; x_3)]^2$	$[y(x_1; x_2; x_3) - y(x_1; x_2 + u_2; x_3)]^2$	$[y(x_1; x_2; x_3) - y(x_1; x_2; x_3 + u_3)]^2$
---	---	---

suma(diff²)

$\text{diff}_1^2 + \text{diff}_2^2 + \text{diff}_3^2$

index

$\text{diff}_1^2 / \text{suma}(\text{diff}^2) \cdot 100\%$	$\text{diff}_2^2 / \text{suma}(\text{diff}^2) \cdot 100\%$	$\text{diff}_3^2 / \text{suma}(\text{diff}^2) \cdot 100\%$
--	--	--

$$u(y) = \sqrt{\text{suma}(\text{diff}^2)}$$

