

Výfučtení: Sliby chyby

Chyby, kde se berou?

Slovem chyba nebo odchylka nemáme ve fyzice na mysli chybu ve významu omyl, ale (ne)přesnost, s jakou se nám podařilo nějakou veličinu změřit. Nejjednodušší fyzikální měření, jaké si člověk může představit, je měření délky. Slovem chyba tedy nemyslíme například to, že si „experimentátor“ nevyšiml, že stupnice je místo v centimetrech v palcích, ale jak daleko od naměřené délky se skutečná délka předmětu může nacházet. Pokud někdo řekne, že změřil délku například tužky jako $(21,20 \pm 0,05)$ cm. Znamená to, že délka tužky bude někde mezi 21,15 a 21,25 cm. Závorky naznačují, že jednotky centimetrů platí pro naměřenou hodnotu i odchylku.

Pravítka, váhy, teploměry, úhломěry

Experimentátor z předchozího odstavce patrně užil pravítka s nejmenším dílkem stupnice velikosti 1 mm. (Je totiž zvykem, že při měření měřidlem se stupnicí se udává jako chyba polovina nejmenšího dílku na stupnici – například pravítka, u rovnoramenných vah by roli nejmenšího dílku stupnice hrálo nejmenší použité závaží).

Rtuťový teploměr má nejmenší dílek zpravidla desetinu stupně. Je-li změřená teplota například 37°C , zapíšeme výsledek ve tvaru $(37,00 \pm 0,05)^\circ\text{C}$. Všimněte si, že hodnotu uvádíme na stejný počet desetinných míst, jako chybu. U složitějších měřicích přístrojů (digitální váhy, ampérmetry na měření proudu, ...) bývá na přístrojích uvedena přesnost, s jakou je výsledek naměřen.

Užitečným údajem je též relativní chyba. Máme změřenou tužku $(21,20 \pm 0,05)$ cm a tloušťku koženého náramku $(0,10 \pm 0,05)$ cm. Obojí bylo měřeno stejným měřidlem, velikost chyby je stejná, ale u tloušťky náramku chyba tvoří polovinu měřené délky, bylo by třeba použít přesnější měřidlo, například šupleru.

Relativní chybu δ určíme podle vzorce

$$\delta = \frac{\text{velikost chyby}}{\text{naměřená hodnota}}.$$

Pro tužku a kožený náramek to bude

$$\delta_{\text{náramek}} = \frac{0,05 \text{ cm}}{0,10 \text{ cm}} = 0,5,$$

$$\delta_{\text{tužka}} = \frac{0,05 \text{ cm}}{21,20 \text{ cm}} = 0,002.$$

Všimněte si, že relativní chyba je bezrozměrná (nemá jednotky, centimetry se ve zlomku vykrátí). Po vynásobení relativní chyby 100 % dostaneme relativní chybu v procentech.¹ Nepřesnost určení délky tužky tvoří 0,2 % její velikosti a u náramku je to 50 %. Relativní chybu tedy můžeme použít jako ukazatel, zda je použitý způsob měření dostatečně dobrý. Relativní chyba v řádu jednotek procent je snesitelná, více by to však být nemělo (na náramek musíme tedy použít jiné měřidlo).

¹Když vynásobíme něco 100, je to stokrát větší. Zde se však relativní chyba nemění, jelikož platí $100\% = 1$.

Měřicí přístroje všeho druhu

U složitějších přístrojů (ručičkové, digitální) bývá někde na přístroji uvedena jeho přesnost. Analogové přístroje (ručičkové, ty jež nejsou digitální) jsou rozděleny do několika tříd přesnosti označených $p = 0,1; 0,2$ (pro velmi přesné laboratorní přístroje) $0,5; 1$ (laboratorní přístroje) $1,5; 2,5; 5$ (přístroje provozní). Údaj p bývá vyznačen na štítku stupnice. Odchylku Δ pak určíme podle vzorce

$$\Delta = \text{rozsah stupnice} \cdot \frac{p}{100}.$$

Bývá vždy výhodné měřit raději v první polovině měřicího rozsahu stupnice (tedy zvolit u přístroje s různými rozsahy takový rozsah, aby se měřená hodnota nalézala v první polovině stupnice). U některých přístrojů se totiž parametr p mění i s tím, kde se na stupnici nacházíte a obecně roste u hodnot blíže k maximálnímu rozsahu.

Měření nepřímou

Často se stává, že veličinu, kterou chcete změřit, přímo přiložením nebo zapojením jednoho měřidla určit nelze nebo na to nemáme vhodná měřidla. Příkladem může být třeba odpor R . Chceme-li zjistit odpor drátu, použijeme ampérmetr (na měření proudu I) a voltmetr (na měření napětí U) a podle Ohmova zákona pak dopočítáme odpor

$$R = \frac{U}{I}.$$

Jak pak ale určit chybu určení odporu z chyb napětí a proudu? Napoví vám tabulka 1.

Tabulka 1: Výpočet chyby nepřímou měřenou veličiny.

c je veličina, kterou chceme spočítat z naměřených veličin $a \pm \Delta a$, $b \pm \Delta b$; Δc je její chyba, δc je její relativní chyba.

Počtení operace	Stanovení odchylky
$c = a + b$	$\Delta c = \Delta a + \Delta b$
$c = a - b$	$\Delta c = \Delta a + \Delta b$
$c = ab$	$\delta c = \delta a + \delta b$
$c = a/b$	$\delta c = \delta a + \delta b$
$c = a^n$	$\delta c = n\delta a$
$c = \sqrt[n]{a}$	$\delta c = \delta a/n$

Někdy je výhodné počítat chybu přes relativní odchylky, někdy přes normální chyby. Normální chybu z relativní odchylky dostaneme jednoduše:

$$\delta = \Delta \cdot \text{naměřená hodnota}$$

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.