# GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ NAMĚŘENÝCH ZÁVISLOSTÍ

Výsledek měření závislosti dvou fyzikálních veličin je výhodné zobrazit graficky, protože dává názornou představu o vzájemné závislosti měřených veličin. Zároveň umožňuje další zpracování a odečítání hodnot veličin, které jsme přímo neměřili (interpolaci).

Změříme-li závislost dvou veličin $y = \mathrm{f}(x)$, obdržíme určité množství dvojic hodnot $(x_1, y_1)$, $(x_2, y_2)$, … , které považujeme za souřadnice bodů v pravoúhlé soustavě souřadnic. Z těchto bodů musíme zkonstruovat závislost. Předpokládáme přitom, že závislost odpovídá nějaké spojité matematické funkci. (Děje, které probíhají bez nespojitostí a zlomů jsou ve fyzice velmi časté.) Bohužel naše měření hodnot $x$, $y$ jsou zatížena nahodilými chybami, čímž dochází k jistému rozptýlení bodů kolem dané funkce. Kdybychom proložili křivku procházející těmito všemi body, dostali bychom nepravidelně zvlněnou čáru, která by rozhodně neodpovídala očekávanému hladkému průběhu vyšetřované závislosti. Musíme proto proložit danou teoreticky odůvodněnou (!) matematickou funkci těmito body tak, aby probíhala v co nejtěsnější blízkosti všech bodů. Takový postup se nazývá *grafické vyrovnání* měřené závislosti. V minulosti se užívaly pro grafické vyrovnání různé metody. Dnes, v době výpočetní techniky, se používá převážně regrese, nazývaná též metoda nejmenších čtverců (viz kap. „Chyby měření“, odst. D).

Při vyrovnávání závislosti musí být splněny následující podmínky:

1) Počet měření musí být vetší než počet konstant, které je třeba metodou stanovit.
2) Jako chyby měření se mohou vyskytovat pouze chyby nahodilé. Pokud z měřené závislosti nějaký bod příliš vybočuje, jedná se zřejmě o hrubou chybu a je třeba jej vyřadit dříve než přistoupíme k vyrovnávání.

Nejsnáze lze regresí prokládat přímku, proto se snažíme složitější závislosti převést na lineární (např. logaritmováním, nebo zavedením nové proměnné $z = \mathrm{f}(x)$ tak, aby se funkce změnila na přímkovou závislost).

Po nakreslení grafu neodstraňujeme body, které byly podkladem k jeho sestrojení! Z jejich polohy vzhledem k proložené čáře totiž můžeme usuzovat na dostatečnost souhlasu provedených měření s teoretickým předpokladem tvaru funkce.

### *Pravidla pro tvorbu grafických závislostí*

Nejdříve je nutné rozhodnout, jaký typ stupnice použít pro jednotlivé osy. Používají se dva druhy stupnic:

a) ***Rovnoměrné stupnice***. Zde je poloha dílků na ose (v milimetrech) daná vztahem $x = m.Z$, kde vynášená fyzikální veličina $Z$ je aritmetická posloupnost hodnot (např. 10, 20, 30, … , nebo 3,9 , 4,0 , 4,1 , 4,2 , … apod.) a $m$ je tzv. *modul*. Modul udává počet milimetrů připadající na jednotku vynášené fyzikální veličiny (např. 10 mm/°C). Stupnice je tedy rovnoměrně očíslována a rovnoměrně dělena.

b) ***Nerovnoměrné stupnice***. Dělení osy je dáno funkčním vztahem $x = m.\mathrm{f}(Z)$, kde $m$ je modul a fyzikální veličina $Z$ nabývá hodnot $Z_0$, $Z_1$, $Z_2$, … , $Z_n$. Na osu se pak vynáší posloupnost hodnot $x_0 = m.\mathrm{f}(Z_0)$, $x_1 = m.\mathrm{f}(Z_1)$, $x_2 = m.\mathrm{f}(Z_2)$, … , přičemž každý vynesený dílek se označí příslušnou hodnotou argumentu $Z_i$. Dostaneme tak stupnici s nerovnoměrnou vzdáleností mezi dílky.

Nejčastěji užívaná nerovnoměrná stupnice je **logaritmická**. Je definovaná vztahem $x = m.\log Z$ a je číslována pro $Z = 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000$, atd. Rozložení dílků na ose se přesně opakuje v intervalech, které odpovídají za sebou jdoucím mocninám deseti (jak ostatně vyplývá z vlastností funkce logaritmus).

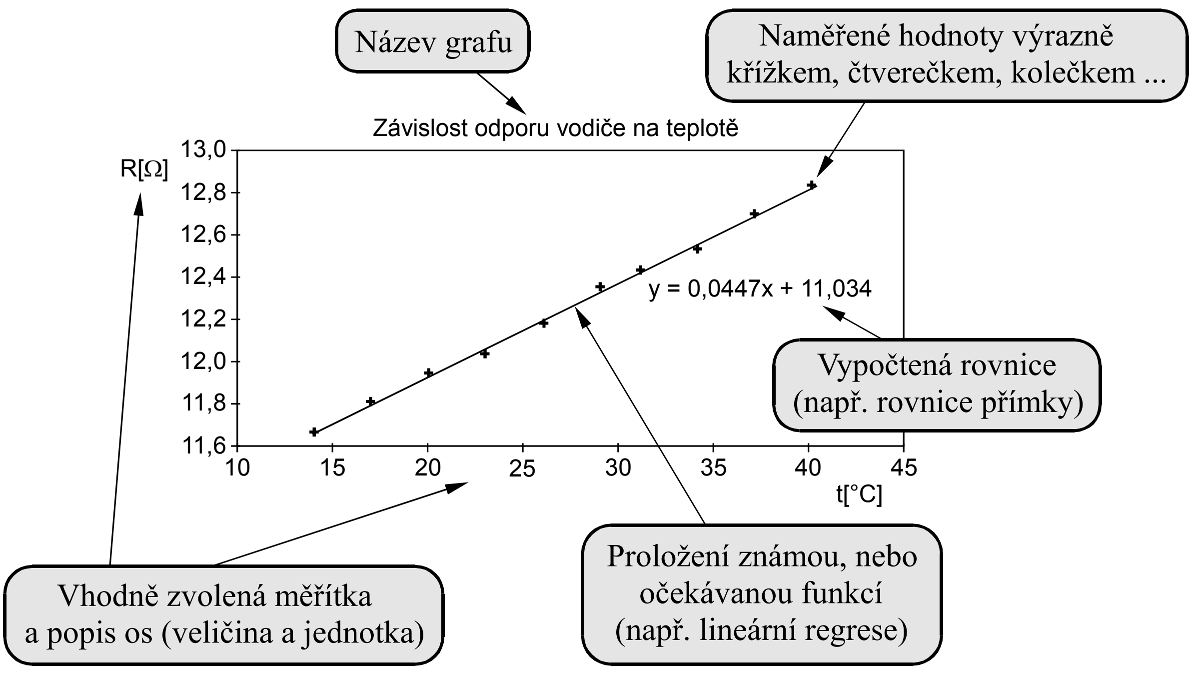
Mocninná stupnice je daná funkcí $x = m \cdot Z^n$ a konstruuje se zcela obdobně.

Logaritmickou stupnici na jedné nebo obou osách použijeme většinou v případech, kdy rozsah hodnot naměřené veličiny zabírá velký rozsah (např. od 1 do 150) a chceme alespoň přibližně zachovat stálou relativní chybu při odečítání z grafu. Dalším důvodem bývá snaha dát závislosti jednoduchý tvar – např. zobrazit ji jako přímku.

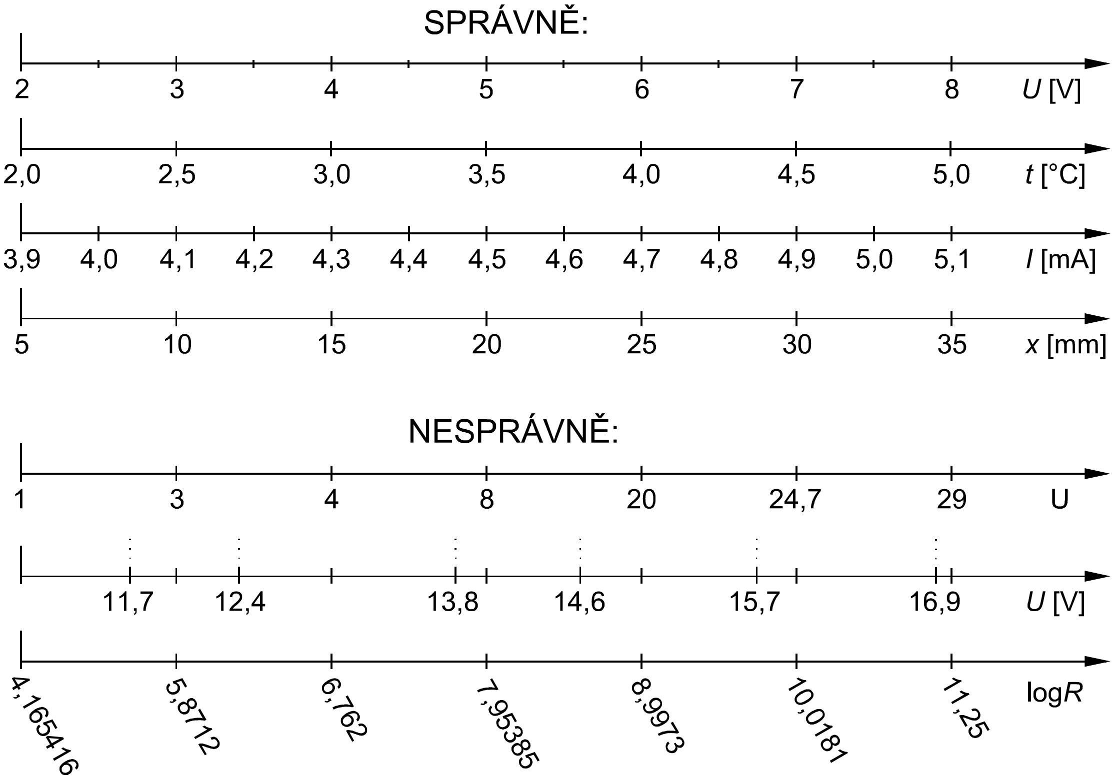
Při grafických konstrukcích se často používá grafických papírů. Vyrábějí se klasické milimetrové papíry, semilogaritmické (jedna osa logaritmická, druhá rovnoměrná) a logaritmické papíry (obě osy logaritmické).

***Shrnutí***

1) Zvolíme typ stupnice na osách.
2) Zvolíme vhodné měřítko zobrazení na jednotlivých osách tak, aby závislost vyplňovala celé okno grafu (dané osami x a y).
3) Nezávisle proměnnou veličinu vynášíme vždy na **vodorovnou** osu, závisle proměnnou (tj. veličinu, jejíž funkční závislost na jiné veličině zjišťujeme)



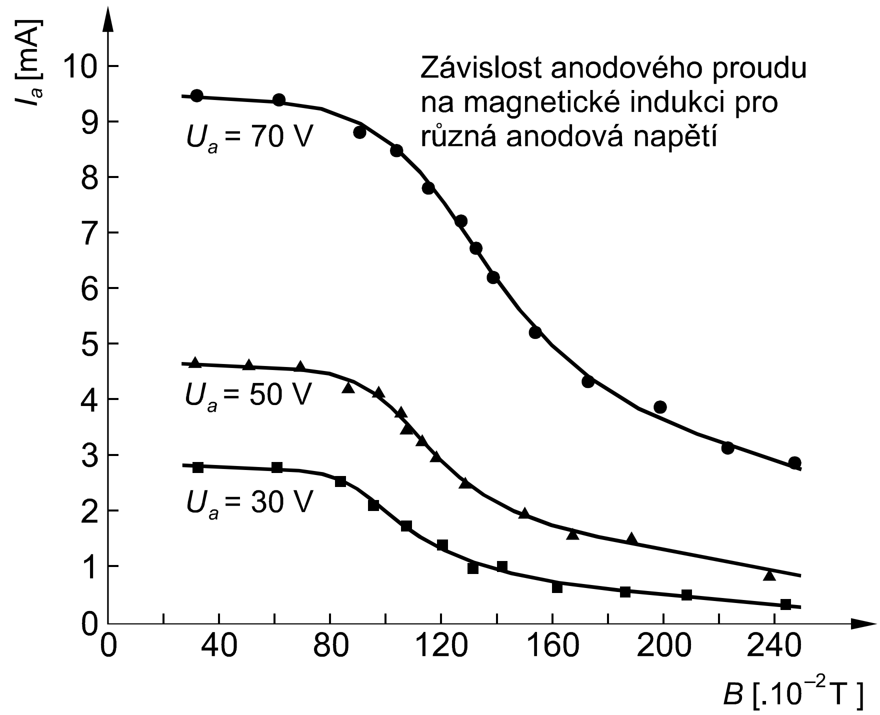

Obr. 1 Příklad grafického zpracování lineární závislosti




Obr. 2 Příklady správného a nesprávného škálování stupnic

vynášíme vždy na osu **svislou**!!

4) Stupnici je třeba dělit a číslovat uváženě – ani příliš hustě, ani příliš řídce. Všechna čísla musí mít stejný počet desetinných míst!
5) Na osách musí být uveden název (značka) fyzikální veličiny a její jednotky




Obr. 3 Příklad grafického zobrazení naměřených hodnot

v hranatých závorkách. Konkrétní naměřené hodnoty nesmí být na osách vyznačovány (viz obr. 2).

6) Naměřené body vynášíme pomocí grafických značek (■, ◆, ⊙, □, **X**, apod.).
7) Do grafu zakreslíme funkční závislost vypočtenou regresí. Vzorec vypočtené funkční závislosti musíme též uvést.
8) Nevíme-li, jaký matematický vztah by měla závislost teoreticky splňovat, spojíme pouze jednotlivé body slabými čárkovanými přímkami. Též můžeme proložit naměřenými body křivku pomocí křivítka.
9) V záhlaví grafu uvedeme název závislosti (např. Závislost odporu termistoru NR-15 na teplotě).

Poznámka: použijeme-li ke zhotovení grafu tabulkový procesor Microsoft Excel, musíme zvolit typ grafu *XY-bodový*. Chceme-li proložit přímku, zvolíme *Přidat spojnici trendu* a vybereme *Lineární regresi*.