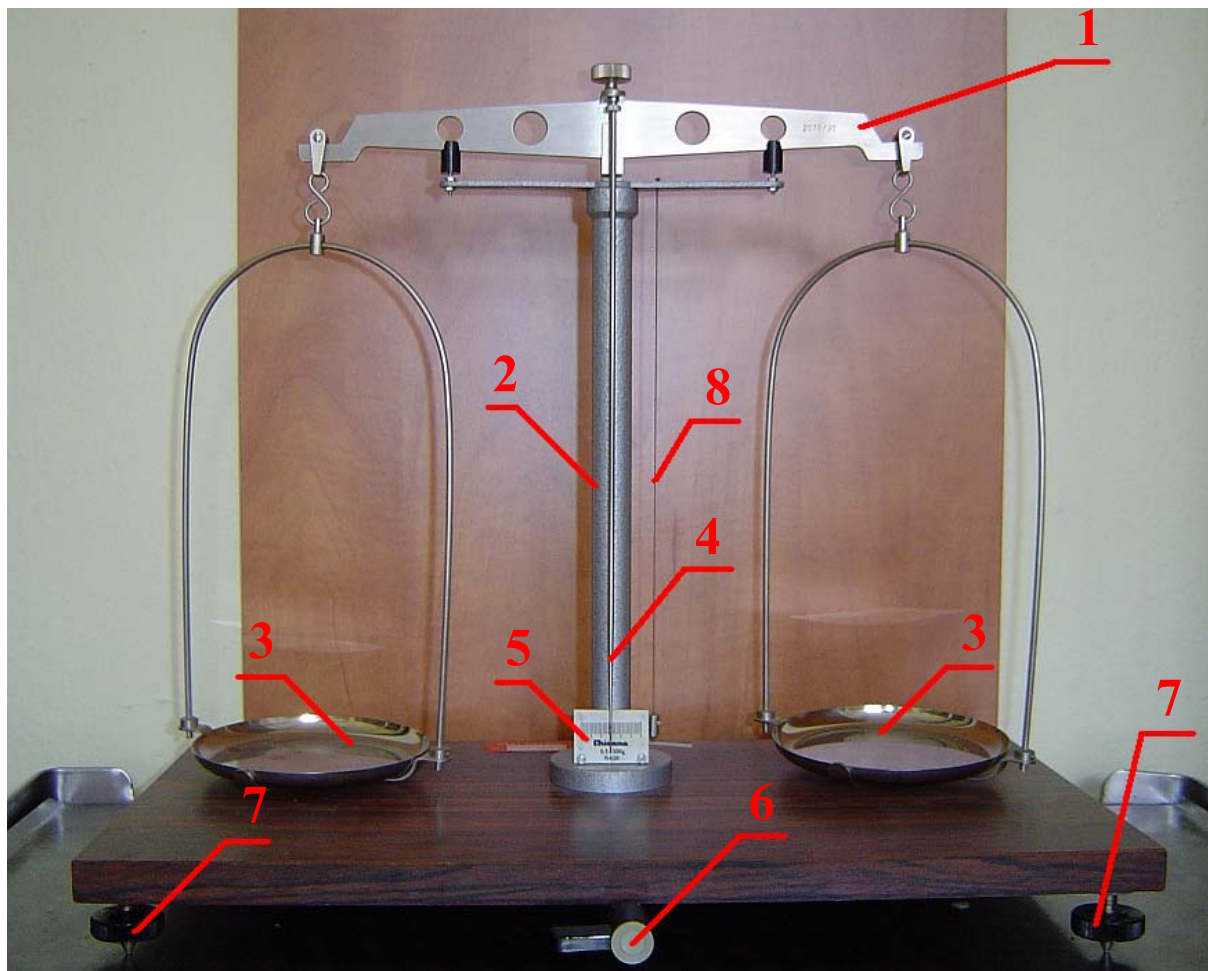


## VÁŽENÍ NA NEBRZDĚNÝCH ANALYTICKÝCH VÁHÁCH

Vážení patří mezi nejpřesnější fyzikální měření. Na laboratorních váhách lze dosáhnout při vážení na vzduchu bez oprav relativní chyby v rozmezí 0,1% - 1%. Při použití nebrzděných analytických vah lze ve vakuu provádět měření s relativní chybou 0,001% - 0,0001%. Pro přesná měření ve fyzikálních laboratořích používáme nebrzděné analytické váhy, kterými lze dosahovat výsledků s relativní chybou pod jedno procento.

### Popis laboratorních analytických vah:



Obrázek 1: Laboratorní analytické váhy

Analytické laboratorní váhy se skládají z *vahadla* (1) opatřeného ocelovým břitem usazeným v ocelovém lůžku. Ocelové lůžko je součástí *nosného sloupku* (2). Na krajních břitech vahadla jsou usazena lůžka nesoucí závěsy *misek vah* (3). Kvalita provedení a stav všech břitů určuje přesnost vah. S váhadlem je spojen ukazatel (*jazyček vah*) (4), který udává výchylku vahadla vzhledem ke *stupnici* (5). Proti nárazům poškození a opotřebení jsou váhy chráněny zajišťovacím zařízením, zvaným *aretace* (6) které podchytí a nadzvedne vahadlo a misky vah, aby při transportu nebo při pokládání těles misky neopotřebovaly břity vah. Pro správnou funkci vah je potřeba ustavení vah do vodorovné polohy, k tomu slouží *stavěcí šrouby* (7) a *olovnice* (8) nebo libela.

Pro vážení je nutná sada přesných závaží. Na váhách (většinou na stupnici) je uvedena *váživost*, tj. rozsah vážení, uváděný nejčastěji v gramech. Hodnotu váživosti nelze překračovat, aby nedošlo k poškození vah!

## Princip vážení:

Po odaretování prázdných vah se nejčastěji vahadlo vah rozkmitá. Protože tento kmitavý pohyb je jen minimálně brzděn (jedná se o tzv. nebrzděné váhy), může trvat poměrně dlouhou dobu. Abychom při vážení nemuseli čekat tuto dobu, lze odhadnout polohu, kde se jazýček vah zastaví, pomocí *metody tří kyvů*. Metoda je založena na výpočtu ze tří známých po sobě jdoucích výchylek vah. Tyto výchylky mají tu vlastnost, že první a třetí jsou na stejnou stranu od rovnovážné polohy a prostřední výchylka je na stranu opačnou. Označíme-li si výchylky postupně  $v_1, v_2, v_3$ , pak polohu (výchylku)  $n$ , v níž se váhy zastaví lze určit ze vzorce:

$$n = \frac{\frac{v_1 + v_3}{2} + v_2}{2} \quad (1)$$

Pro seřizené váhy je v ideálním případě *nulová výchylka*  $n_0$  v polovině stupnice. V praxi se téměř vždy výchylka od středu odchyluje o určitý počet dílků. Tato nepatrná výchylka může být způsobena například drobným znečištěním jedné z misek vah. Abychom nemuseli váhy složitě dovažovat, stačí zjistit nulovou výchylku pro prázdné váhy a s touto hodnotou dále pracovat.

Pro zjištění přesné hodnoty hmotnosti váženého předmětu je při použití nulové metody nutno najít takovou kombinaci závaží, která vykompenzuje tíhové účinky váženého předmětu. Protože počet závaží a zejména drobných přívažků je omezen, velice často nastává situace, kdy určitá kombinace závaží je nepatrně těžší a jiná kombinace je nepatrně lehčí než vážený předmět. V takovém případě je možné hmotnost předmětu stanovit pomocí interpolační metody.

### Stanovení hmotnosti s pomocí interpolační metody:

Pro přesné určení hmotnosti je možné použít interpolační metodu. Základem je znalost nulové polohy vah  $n_0$ . Pro hmotnost závaží  $Z_1$  určíme výchylku vah  $n_1$  odpovídající hmotnosti závaží nižší než je skutečná hmotnost váženého předmětu. Pro hmotnost závaží  $Z_2$  určíme výchylku vah  $n_2$  odpovídající hmotnosti závaží vyšší než je skutečná hmotnost váženého předmětu. Přesnou hmotnost  $M$  váženého předmětu lze stanovit ze vztahu:

$$M = Z_1 + \frac{Z_2 - Z_1}{n_2 - n_1} \cdot (n_0 - n_1) \quad (2)$$

### Chyby a nepřesnosti při vážení:

- Přesnost vážení ovlivňují systematické a náhodné chyby
- Přesnost při odečítání výchylky na stupnici
- Správnost sady závaží
- Při vážení na vzduchu se uplatňuje Archimédův zákon. Závaží i vážený předmět jsou v jeho důsledku nadlehčovány. Záleží na rozdílu objemů závaží a vážených předmětů. Budou-li objemy obou těles stejné (materiály mají stejnou hustotu), pak chyba vzniklá v důsledku Archimédova zákona se vykompenzuje. V opačném případě tato chyba roste s velikostí rozdílů objemů váženého tělesa a závaží.

**Stanovení chyby vážení:**

Chyba měření je nejvíce ovlivněna *citlivostí vah*. Citlivost vah lze chápat jako veličinu určující, jak moc se změní výchylka ukazatele na stupnici vah při změně hmotnosti na jedné z misek vah.

Z praktických důvodů definujeme citlivost vah následujícím vztahem:

$$c = \left| \frac{n_2 - n_1}{Z_2 - Z_1} \right| [ \text{d/g} ] \quad (3)$$

Takto definovaná citlivost vah udává, o kolik dílků se změní výchylka vah při změně hmotnost o jeden gram. Čím je hodnota vyšší, váhy jsou citlivější a vážení je přesnější.

Při praktickém vážení se doporučuje počítat s krajní chybou vážení  $\delta_M$  rovnou převrácené hodnotě citlivosti vah:

$$\delta_M = \frac{1}{c} = \left| \frac{Z_2 - Z_1}{n_2 - n_1} \right| [ \text{g} ] \quad (4)$$

Důležitým kritériem přesnosti vážení je relativní chyba:

$$\eta_M = \frac{\delta_M}{M} \cdot 100 [ \% ] \quad (5)$$

