

*Cílem úlohy je určit místní tíhové zrychlení měřením doby a dráhy volného pádu tělesa.*

V tíhovém (nebo gravitačním) poli padá libovolné těleso se shodným zrychlením, které se na Zemi v různých místech jen málo liší od hodnoty  $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ . Pro město Brno je udávaná hodnota  $g = 9,809980 \text{ ms}^{-2}$ .

Tíhové zrychlení je možné měřit více způsoby. Ve školní laboratorní praxi se nejčastěji používají kyvadla, která umožňují relativně jednoduché měření tíhového zrychlení s chybou pod jedno procento. V současné době nejpřesnější přístroje, tzv. absolutní balistické gravimetry, využívají principiálně nejjednoduššího způsobu – přímého měření zrychlení volného pádu tělesa ve vakuu. Chyba měření takovými přístroji je v řádu milióntin procenta.

Na stejném principu je založeno i měření tíhového zrychlení v tomto praktiku, i když dosažitelná přesnost je samozřejmě mnohem nižší a je srovnatelná s jednoduchým kyvadlovým měřením.

Pro rovnoměrně zrychlený pohyb – volný pád – platí následující vztahy:

Dráha uražená z nulové rychlosti:

$$s = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow g = \frac{2s}{t^2}$$

dosažená rychlost:

$$v = gt.$$

Vyloučením tíhového zrychlení ze dvou výše uvedených vztahů dostaneme rovnice

$$s = \frac{1}{2}vt \Rightarrow v = \frac{2s}{t}.$$

Symbole použité ve vztazích mají obvyklý význam.

Při běžných podmínkách jsou předchozí vztahy splněny jen přibližně. Volný pád u zemského povrchu je bržděn aerodynamickým odporem vzduchu. Pro odporovou sílu platí vztah:

$$F_{odp} = \frac{1}{2}Sc_x\rho v^2,$$

kde  $S$  je čelní plocha padajícího tělesa,  $\rho$  hustota vzduchu ( $\rho = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$ ) a  $c_x$  tzv. koeficient odporu (pro kouli  $c_x = 0,50$ ). Při reálném měření tíhového zrychlení z volného pádu ve vzduchu tedy systematicky naměříme menší hodnotu, než je hodnota správná.

Vliv odporu vzduchu je tím menší, čím pomaleji těleso padá, tedy z čím menší výšky jej při měření pouštíme. Na druhé straně při krátkém pádu rostou náhodné chyby měření, protože nedokážeme měřit s dostatečnou přesností velmi krátké doby letu.

## Postup

- 1) Dobu volného pádu měříme pomocí měřicího systému PASCO. Počáteční okamžik odpoutání kuličky je snímán pomocí siloměru, dopad kuličky pak zaznamenáme mikrofonom. Obě čidla jsou bezdrátová, v praktiku je však máme pro zvýšení přesnosti připojena k počítači přes USB rozhraní.
- 2) Jsou-li čidla připojena přes USB, není třeba je zapínat. Na počítači spustíme program *Tíhové zrychlení* (na ploše). V záložce hardware bychom měli vidět obě čidla.
- 3) Kovovou kuličku zavěsíme bavlněnou nitkou na siloměr, na místo dopadu položíme kovadlinu s mikrofonom. Mikrofon ponecháváme v kovadlině v polyetylenové fólii.

### Důležité upozornění:

1. Přímou na siloměru musí být zavěšen dlouhý drát, teprve na něm pak nitka s kuličkou. Jinak hrozí poškození přístroje teplem.
  2. Mikrofon z kovadliny nesmí v žádném případě z otvorů vyčnívat. Jinak hrozí jeho zničení při pádu kuličky!
- 4) Svinovacím metrem co nejpřesněji změříme vzdálenost dolního okraje kuličky od dopadové plochy.
  - 5) V softwaru nastavíme kontinuální měření a společnou vzorkovací frekvenci 1000 Hz. Případná starší data vymažeme.
  - 6) Spustíme měření a ihned poté přepálíme závěs kuličky.
  - 7) Počátek volného pádu odečteme z okamžiku odlehčení siloměru, dopad určíme ze signálu mikrofonomu. Použijeme nástroj kříž. Před odečtem oblast vhodně zvětšíme (klikneme do místa, myš dáme nad vodorovnou osu a použijeme kolečko myši).
  - 8) Měření opakujeme 5x, měřené hodnoty zapisujeme do tabulky. Pro každé měření vypočteme tíhové zrychlení. Z vypočtených hodnot určíme střední hodnotu a nejistotu. Výsledek porovnáme s tabulkovou hodnotou a komentujeme případný nesoulad.
  - 9) Na pokyn vyučujícího můžeme celou sadu měření opakovat pro ocelové kuličky různých průměrů a pro kuličky z různých materiálů, případně i pro dvě nebo více různých výšek volného pádu (například 0,5 m a 1,5 m). Všimáme si vlivu odporové síly a srovnáme je s náhodnými chybami měření.
  - 10) Dle požadavků vyučujícího můžeme srovnat odporovou sílu těsně před dopadem se silou tíhovou, která působí na padající těleso, a tak alespoň kvalitativně posoudit význam rušivého vlivu odporové síly. Hmotnost tělesa určíme vážením na digitálních vahách. Odporovou sílu spočítáme z naměřené vzdálenosti a doby pádu s pomocí dříve uvedených vztahů.
  - 11) Po skončení měření čidla dlouhým stiskem vypneme.