

Úloha Fyzikální praktikum pro SŠ

č. 1 Měření tíhového zrychlení

Měření místního tíhového zrychlení z doby 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 udávána 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 miliontin 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 brzděn 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, ρ hustota vzduchu ($\rho = 1,2 \text{ kgm}^{-3}$) 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 je snímán pomocí bezdrátového siloměru, dopad pak zaznamenáme bezdrátovým mikrofonom. Tato čidla budou měřené hodnoty posílat do PC bezdrátově pomocí rozhraní Bluetooth.
- 2) Bezdrátová čidla krátkým stiskem zapneme (začnou červeně blikat). Na počítači spustíme program *Pasco Volný pád*. V záložce hardware bychom měli vidět obě čidla, klinutím na ně je připojíme. Pokud čidla nevidíme, je ve Windows nutné zapnout rozhraní Bluetooth. Pokud jsou baterie v čidlech dostatečně nabité, propojení kabelem čidla nepotřebují (ten slouží k nabíjení po měření).
- 3) Mikrofon obalíme vrstvou polyetylenové fólie a vsuneme do kovadliny.
Důležité upozornění: Mikrofon z kovadliny nesmí v žádném případě z otvorů vyčnívat. Jinak hrozí jeho zničení při pádu kuličky!
- 4) V softwaru PASCO nastavíme kontinuální měření, společnou vzorkovací frekvenci 500 Hz a dobu měření 10 s. Případná starší data vymažeme.
- 5) Kovovou kuličku zavěsíme bavlněnou nitkou na siloměr, na místo dopadu položíme kovadlinu s mikrofonom.
Důležité upozornění: Přímo na siloměru musí být zavěšen dlouhý drát, teprve na něm pak nitka s kuličkou. Jinak hrozí poškození přístroje teplem.
- 6) Svinovacím metrem co nejpřesněji změříme vzdálenost dolního okraje kuličky od dopadové plochy.
- 7) Spustíme měření a ihned poté přepálíme závěs kuličky.
- 8) Počátek volného pádu odečteme z okamžiku odlehčení siloměru, dopad určíme ze signálu mikrofonu. Použijeme nástroj kříž. Před odečtem oblast vhodně zvětšíme (klikneme do místa, myš dáme nad vodorovnou osu a použijeme kolečko myši)
- 9) Měření opakujeme 5 krát, měřené hodnoty zapisujeme do tabulky. Pro každé měření vypočteme tíhové zrychlení. Z vypočtených hodnot určíme střední hodnotu a chybu. Výsledek porovnáme s tabulkovou hodnotou a komentujeme případný nesoulad.
- 10) Na pokyn vyučujícího můžeme celou sadu měření opakovat i pro dřevěnou kuličku, případně i pro dvě nebo více různých výšek volného pádu (například 0,5m a 1,5m). Všimáme si vlivu odporové síly a srovnáme je s náhodnými chybami měření.
- 11) 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.
- 12) Po skončení měření čidla dlouhým stiskem vypneme. Vybitá čidla zapojíme do nabíječky.**