

Úloha 8: Určení tíhového zrychlení z doby kyvu reverzního kyvadla

Pomůcky

Reverzní kyvadlo, propojovací modul, světelná závora, mikrometr, posuvné měřítko, pásové měřítko

Úkoly

Stanovte velikost tíhového zrychlení g_t v laboratoři.

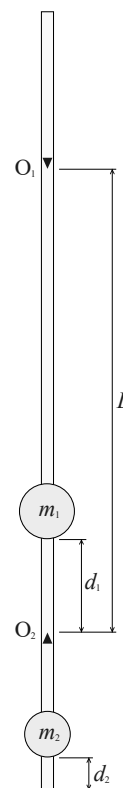
Z naměřené hodnoty tíhového zrychlení vypočítejte hmotnost Země M_Z .

Dílčí úkoly

1. Určete vzdálenost os reverzního kyvadla L .
2. Pro různé polohy závaží změřte dobu kyvu reverzního kyvadla v obou osách a graficky znázorněte závislosti doby kyvu na poloze závaží.
3. Pomocí počítačového SW proveďte grafickou interpolaci. Nalezněte polohu závaží, pro kterou je doba kyvu totožná pro obě osy.
4. Pro nalezenou polohu závaží změřte opakovaně ($3\times$) dobu kyvu reverzního kyvadla pro obě osy.

Poznámky k měření

- Poloha závaží m_1 mezi osami se nemění. Zkontrolujte, že vzdálenost d_1 okraje tohoto závaží od osy O_2 je v intervalu 18 až 22 cm.
- Poloha závaží m_2 je určena vzdáleností d_2 mezi okrajem kyvadla a hranou závaží. Proměřte alespoň pět různých poloh pro d_2 v intervalu od 3 do 10 cm.
- Vzdálenost druhého závaží od hrany měřte posuvným měřítkem.
- Měření dob kyvu a grafická interpolace se provádí pomocí počítačového programu.
- Reverzní kyvadlo se musí pohybovat v jedné rovině. Počítačové měření doby kyvu lze spustit vždy po ověření správného pohybu.
- Dobu kyvu stanovte jako průměr všech hodnot získaných v dílčím úkolu 4.



Matematické modely pro výpočet nepřímo měřených veličin

Tíhové zrychlení g_t v laboratoři:

$$g_t = L \cdot \left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2 \quad (1)$$

L ... vzdálenost os reverzního kyvadla

τ ... doba kyvu reverzního kyvadla pro nalezenou polohu závaží (shodná doba kyvu pro obě osy)

Hmotnost Země M_Z z naměřeného tíhového zrychlení g_t :

$$M_Z = \frac{g_t R_Z^2}{\kappa} \quad (2)$$

R_Z ... poloměr Země

κ ... gravitační konstanta

Poznámky a návod k výpočtu nejistot

Tíhové zrychlení g_t :

- Nejistoty se určují na základě vztahu (1).
- Nejistota typu A se neurčuje u žádné přímo měřené veličiny. Kombinovaná nejistota se tedy rovná nejistotě typu B.
- Měření doby kyvu nelze považovat za opakované měření, protože průměr se počítá z časů pro obě osy. Jedná se tedy o dvě různá měření.
- Maximální chyba vzdálenosti os L musí reflektovat okolnosti měření (vzdálenost, překážky v prostoru měření).
- Maximální chyba doby kyvu τ se stanoví jako rozdíl maximální a minimální hodnoty naměřené v dílčím úkolu 4.
- Nejistotu lze vyjádřit pomocí relativních nejistot.

Hmotnost Země M_Z :

- Nejistoty se určují na základě vztahu (2).
- Nejistoty tabulkových hodnot (R_Z a κ) lze v kontextu laboratorních měření zanedbat a při výpočtu nejistot jsou považovány za konstanty. Nejistota se tedy v tomto případě stanovuje pouze z nejistoty tíhového zrychlení g_t .
- Nejistotu typu B, která se rovná kombinované nejistotě, lze vyjádřit pomocí relativních nejistot.

Podněty k diskusi

- Tíhové zrychlení g_t pro Prahu lze dohledat v tabulkách. Stanovte odchylku od tabulkové hodnoty a diskutujte přesnost měření.
- Vztah (2) vychází z Newtonova gravitačního zákona. Pro výpočet hmotnosti Země lze použít pouze za předpokladu, že platí $g_t \doteq g_0$, kde g_0 je gravitační zrychlení. Diskutujte, zda je vhodné zjednodušení použít.
Pomůcka: 1) Porovnejte rozdíl velikostí g_t a g_0 s nejistotou tíhového zrychlení. 2) Nalezněte teoretickou hodnotu odstředivého zrychlení v Praze a porovnejte s nejistotou tíhového zrychlení.
- Hmotnost Země M_Z je též uvedena v tabulkách. Stanovte odchylku od tabulkové hodnoty a diskutujte přesnost stanovení hmotnosti Země i s ohledem na zjednodušení diskutovaném v předchozím bodě.