

### POKUS

- Změřte dobu  $T$  jako funkci efektivního členu gravitačního zrychlení  $g_{eff}$
- Změřte dobu  $T$  pro různé délky kyvadla  $L$

### ÚKOL

Změřte dobu kmitání kyvadla jako funkci efektivního členu gravitačního zrychlení.

### SHRNUTÍ

Doba kmitání kyvadla je prodloužená odklopením jeho osy od té horizontální, zatímco efektivní člen gravitačního zrychlení se zmenší.

### POŽADOVANÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ

1	Variabilní $g$ kyvadlo	5401.U8403950
1	Podpěra pro optickou závoru	5401.U8403955
1	Optická závora	5401.U11365
1	Digitální čítač (230 V, 50 / 60 Hz)	5401.U8533341230
1	Trojnohý stojan 150 mm	5401.U13270
1	Nerezová tyč 470 mm	5401.U15002



### ZÁKLADNÍ PRINCIPY

Doba kmitání kyvadla je určena matematicky délkou kyvadla  $L$  a zrychlením následkem gravitace  $g$ . Efekt gravitačního zrychlení může být předveden nakloněním osy kyvadla, takže její pozice už nebude horizontální.

Když je osa nakloněná, člen gravitačního zrychlení  $g$ , který je souběžný s osou  $g_{par}$  je neefektivní tím, že osa je stálá (obrázek 1). Zbývající člen, který je efektivní  $g_{eff}$  je dán následující rovnicí:

$$(1) g_{eff} = g \cdot \cos\alpha$$

$\alpha$ : sklon osy do horizontální pozice

Když je kyvadlo odchýleno v úhlu  $\psi$  z jeho klidové pozice, na zavěšené závaží o hmotnosti  $m$  působí zpětná síla následující velikosti:

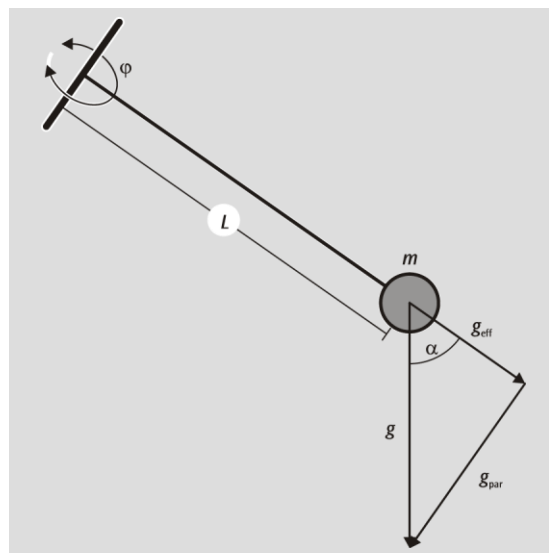
$$(2) F = -m \cdot g_{eff} \cdot \sin\psi$$

Pro malé úhly je rovnice pro kyvadlo následující:

$$(3) m \cdot L \cdot \psi + m \cdot g_{eff} \cdot \psi = 0$$

Úhlová frekvence kyvadla je proto následující:

$$(4) \omega = \sqrt{\frac{g_{eff}}{L}}$$



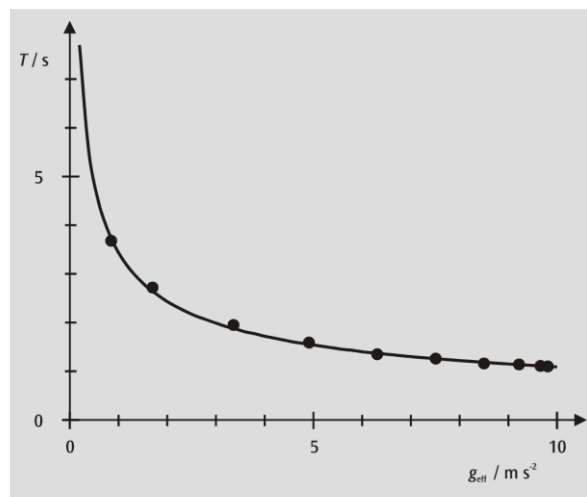
Obrázek 1: Variabilní  $g$  kyvadlo (schéma).

## VYHODNOCENÍ

Rovnice (4) naznačuje, že doba kmitání kyvadla je následující:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g_{eff}}}$$

To znamená, že zkrácením kyvadla způsobíme, že doba kmitání bude kratší a snížením efektivního členu gravitačního zrychlení způsobíme, že doba kmitání bude delší.



Obrázek 2: Doba kmitání kyvadla jako funkce efektivního členu gravitačního zrychlení. Křivka spočítána pro délku kyvadla o délce  $L = 30 \text{ cm}$ .



**HELAGO-CZ, s.r.o.**

Kladská 1082

500 03 Hradec Králové

Tel.: 495 220 229

Fax: 495 220 154

E-mail: [info@helago-cz.cz](mailto:info@helago-cz.cz)

<http://www.helago-cz.cz>

