

# Fyzikální praktikum 5 - Měření tíhového zrychlení reverzním kyvadlem

Petr Šafařík

1. dubna 2006

## Obsah

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Podmínky</b>   | <b>2</b> |
| <b>2</b> | <b>Zadání</b>   | <b>2</b> |
| <b>3</b> | <b>Zajištění <math>T_1 = T_2</math></b>                       | <b>2</b> |
| <b>4</b> | <b>Měření doby kmitu</b>                                      | <b>3</b> |
| 4.1      | Určení periody . . . . .                                      | 3        |
| 4.2      | Výpočet chyby . . . . .                                       | 3        |
| 4.2.1    | Absolutní chyba $\delta T$ . . . . .                          | 3        |
| 4.2.2    | Relativní chyba $\delta_r T$ . . . . .                        | 4        |
| <b>5</b> | <b>Určení délky <math>l</math></b>                            | <b>4</b> |
| 5.1      | Výsledky měření . . . . .                                     | 4        |
| <b>6</b> | <b>Výpočet místního gravitačního zrychlení <math>g</math></b> | <b>4</b> |
| 6.1      | Absolutní hodnota $g$ . . . . .                               | 4        |
| 6.2      | Výpočet chyby . . . . .                                       | 4        |
| 6.2.1    | Výpočet absolutní chyby . . . . .                             | 4        |
| 6.2.2    | Výpočet relativní chyby . . . . .                             | 5        |
| 6.3      | Výsledná hodnota místního gravitačního zrychlení . . . . .    | 5        |
| <b>7</b> | <b>Závěr</b>  | <b>5</b> |

## 1 Podmínky

Teplota:  $21,06^\circ\text{C}$

Tlak:  $739,5\text{mm} = 98298,3\text{Pa}$

Vlhkost: 53%

## 2 Zadání

Mým úkolem bylo tentokrát zjistit místní tíhové zrychlení reverzním kyvadlem.

## 3 Zajištění $T_1 = T_2$

Při vlastním měření postupujeme tak, že měříme závislost doby kmitu na poloze závaží pro obě osy. Polohu závaží určujeme pomocí nějaké vhodné zvolené vzdáleností  $y$ . Po vynesení obou závislostí do grafu najdeme polohu závaží  $y_0$  takovou, při které obě doby kmitu splynou. Do této polohy závaží vrátíme a změříme ještě jednou a co nejpečlivěji doby kmitu  $T_1$  a  $T_2$  k oběma osám. Nyní by již měly být obě periody velmi blízké.

Tabulka mých měření:

Závaží umístěné nahoře:

| Umístění závaží | $\frac{T_1}{s}$ | $\frac{T_2}{s}$ | Počet period | Perioda |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|---------|
| 2,0             | 1,668           | 9,342           | 4            | 1,9185  |
| 3,5             | 0,031           | 9,912           | 5            | 1,9762  |
| 4,4             | 0,852           | 6,873           | 3            | 2,007   |
| 5,1             | 0,870           | 9,032           | 4            | 2,0405  |

Závaží umístěné dole:

| Umístění závaží | $\frac{T_1}{s}$ | $\frac{T_2}{s}$ | Počet period | Perioda |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|---------|
| 2,0             | 0,435           | 8,359           | 4            | 1,981   |
| 3,5             | 0,939           | 8,824           | 4            | 1,97125 |
| 4,4             | 0,858           | 2,861           | 1            | 2,002   |
| 5,1             | 1,109           | 7,116           | 3            | 2,0023  |

## 4 Měření doby kmitu

### 4.1 Určení periody

Oba grafy se mi protly v bodě  $x = 4,6215$ . Nastavil jsem tedy závaží do této polohy a opět změřil periody.

Závaží umístěné nahoře:

| Číslo měření | $\frac{T_1}{s}$ | $\frac{T_2}{s}$ | Počet period | Perioda |
|--------------|-----------------|-----------------|--------------|---------|
| 1            | 0,445           | 8,504           | 4            | 2,01475 |
| 2            | 0,475           | 8,524           | 4            | 2,1225  |

Závaží umístěné dole:

| Číslo měření | $\frac{T_1}{s}$ | $\frac{T_2}{s}$ | Počet period | Perioda |
|--------------|-----------------|-----------------|--------------|---------|
| 1            | 0,156           | 8,152           | 4            | 1,999   |
| 2            | 0,173           | 8,203           | 4            | 2,075   |

| Délka periody         | $\Delta i_T^2 \cdot 10^{-4}$                |
|-----------------------|---|
| 1,999                 | 2,8957                                      |
| 2,075                 | 4,9228                                      |
| 2,01475               | 1,4487                                      |
| 2,1225                | 4,8563                                      |
| $\bar{T} = 2,0528125$ | $\sum \Delta i_T^2 = 14,1235 \cdot 10^{-4}$ |

$$\bar{T} = \frac{8,21125}{4} = 2,0528125s \quad (1)$$

### 4.2 Výpočet chyby

#### 4.2.1 Absolutní chyba $\delta T$

Velikost absolutní chyby  $\delta T$  se získá ze vztahu

$$\delta T = \sqrt{\frac{\sum \Delta i_T^2}{n \cdot (n - 1)}} \quad (2)$$

Po dosazení do vztahu pro výpočet chyby získáme:

$$\delta T = \sqrt{\frac{14,1235 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot (4-1)}} = 0,011$$

### 4.2.2 Relativní chyba $\delta_r T$

Relativní chyba  $\delta_r T$  se získá ze vztahu

$$\delta_r T = \frac{\delta T}{\bar{T}} \quad (3)$$

neboli:  $\delta : rT = \frac{0,010848771}{2,0528125} \cdot 100\% = 0,5285\%$

## 5 Určení délky $l$

### 5.1 Výsledky měření

|                                       |              |              |
|---------------------------------------|--------------|--------------|
|                                       | Délka $x_1$  | Délka $x_2$  |
| Horní mez                             | 70,2cm       | 69,4cm       |
| Dolní mez                             | 20,2cm       | 19,4cm       |
|                                       | $x_1 = 50cm$ | $x_2 = 50cm$ |
| $l = x_1 + x_2 = 50cm + 50cm = 1,00m$ |              |              |
| $l = 1,00m$                           |              |              |

## 6 Výpočet místního gravitačního zrychlení $g$

### 6.1 Absolutní hodnota $g$

Místní gravitační zrychlení  $g$  vypočítáme pomocí již zjištěných veličin podle následujícího vztahu:

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2} \quad (4)$$

Po dosazení získáme následující hodnotu:

$$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 1,00m}{2,0528125^2 \cdot s^2} = 9,37ms^{-2}$$

### 6.2 Výpočet chyby

Chyba měřidla délky je  $\pm 1mm$

Chyba měřidla času je  $\pm 0,001s$

#### 6.2.1 Výpočet absolutní chyby

Absolutní chyba bude výsledkem tohoto vzorce:

$$\delta g = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial l}\right)^2 \cdot (\delta l)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial T}\right)^2 \cdot (\delta T)^2} \quad (5)$$

Dosadíme-li:

$$\delta g = \sqrt{\left(\frac{4\pi^2}{T^2}\right)^2 \cdot (\delta l)^2 + \left(\frac{-2 \cdot 4\pi^2 l}{T^3}\right)^2 \cdot (\delta T)^2}$$

$$\delta g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \sqrt{(\delta l)^2 + \frac{4l^2}{T^2} \cdot (\delta T)^2}$$

$$\delta g = \frac{4\pi}{0,001s} \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-6} + 0,949208 \cdot 1,17695 \cdot 10^{-4}}$$

$$\delta g = 0,1334ms^{-2}$$

### 6.2.2 Výpočet relativní chyby

Relativní chyba se získá jako poměr absolutní chyby a absolutní hodnoty  $g$ :

$$\delta_r g = \frac{\delta g}{g} \cdot 100\% \quad (6)$$

neboli:

$$\delta_r g = \frac{0,1334}{9,37} = 1,4\%$$

## 6.3 Výsledná hodnota místního gravitačního zrychlení

Výslednou hodnotu místního gravitačního zrychlení jsem určil na

$$g = (9,37 \pm 0,13)ms^{-2}$$

## 7 Závěr

Výslednou hodnotu místního gravitačního zrychlení jsem určil na

$$g = (9,37 \pm 0,13)ms^{-2} \text{ s relativní chybou } 1,4\%.$$