

<b>Slezská univerzita v Opavě – Filosoficko-přírodovědecká fakulta</b>			
<b>Fyzikální praktikum I – Mechanika a molekulová fyzika</b>			
<b>Jméno:</b> Tomáš Stanovský Berenika Čermáková	<b>Ročník, obor:</b> První, Astrofyzika	<b>Vyučující:</b> Mgr. Richard Švacha	<b>Datum měření:</b> 15.11.2018
<b>Akademický rok:</b> 2018/2019	<b>Název úlohy:</b> <b>2. Newtonův zákon</b>		<b>Datum odevzdání:</b>
<b>Číslo úlohy:</b> 3			<b>Hodnocení:</b>

## 1 Pracovní úkoly:

Vyšetřete dynamiku a kinematiku pohybu tělesa po vzduchové dráze s použitím měřicího systému ISES. Z naměřených hodnot ověřte platnost Newtonova zákona a rozhodněte, zda tření na vzduchové dráze můžeme zanedbat. Pokud ne, určete koeficient tření.

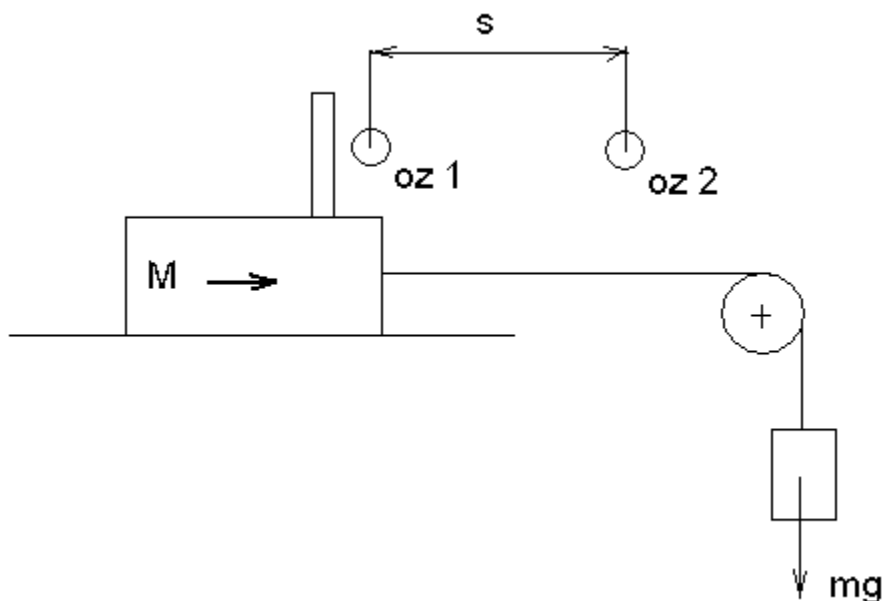
## 2 Teoretický úvod:

V kinematice popisujeme dráhu rovnoměrně zrychleného pohybu vztahem (2.1),

$$s = \frac{1}{2} a_1 t^2 \quad (2.1)$$

kde  $s$  je dráha,  $t$  čas a  $a$  zrychlení.

K provedení rovnoměrně zrychleného pohybu můžeme využít např. experimentálního uspořádání na obr. 1



Obr. 1 – Schéma experimentálního uspořádání

Kde těleso o hmotnosti  $M$  je spojeno přes, v ideálním případě, nehmotnou kladku s tělesem o hmotnosti  $m$  a je uvedeno do pohybu silou  $F_g$  působící na těleso o hmotnosti  $m$ . Na těleso o

hmotnosti  $M$  je umístěna značka, pomocí které můžeme změřit za jaký čas bude uražena dráha  $s$ , která je dána rozmístěním optických závor oz1 a oz2 .

Dynamickým rozbořem úlohy se zanedbáním třecí síly získáme pohybovou rovnici (2.2)

$$\begin{aligned} F &= F_g \\ (M + m).a &= m.g \end{aligned} \quad (2.2)$$

Pokud bychom uvažovali vliv smykového tření s koeficientem  $\mu$  , museli bychom rovnici upravit na tvar (2.3)

$$\begin{aligned} F &= F_g - F_T \\ (M + m).a &= m.g - \mu.M.g \\ (M + m).a &= g.(m - \mu.M) \end{aligned} \quad (2.3)$$

A vyjádřením zrychlení ze vztahů (2.1), (2.2) a (2.3) dostáváme (2.4)

$$a_1 = \frac{2s}{t^2} \quad a_2 = \frac{m.g}{M + m} \quad a_3 = \frac{g(m - \mu.M)}{M + m} \quad (2.4)$$

V této úloze máme za úkol analyzovat takovýto pohyb a stanovit, zda je koeficient smykového tření na vzduchové dráze skutečně zanedbatelný, tedy  $a_1 \approx a_2$  nebo  $a_1 \neq a_2$  a v tom případě musíme se smykovým třením počítat a stanovit ho z rovnice pro  $a_3$ .

Pokud měření na vzduchové dráze ukáže, že  $a_1 \approx a_2$  , potom zrychlení můžeme považovat za sobě rovné a vypočítat hodnotu  $g$ , dosazením do (2.5)

$$\begin{aligned} a_1 &= a_2 \\ \frac{2.s}{t^2} &= \frac{m.g}{M + m} \\ g &= \frac{2.s.(M + m)}{m.t^2} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Měření bude opakováno pro 3 různé hodnoty  $m$ .

### 3 Použité měřicí přístroje a pomůcky

- Vzduchová dráha
- Svinovací metr
- Pracovní PC stanice se softwarem ISES s dvěma opt. závorami
- Sada závaží
- Elektronické váhy

### 4 Postup měření

- 1) Nejprve určíme hmotnosti jednotlivých závaží a vozíčku a sestavíme sestavu podle obr. (1).
- 2) Poté provedeme sérii měření pro 3 různé hmotnosti závaží  $m$ . Softwarem ISES vyhodnocujeme čas  $\Delta t$  mezi přerušením paprsku, způsobeném projetím vozíčku první a druhou optickou závorou.

- 3) Vypočteme zrychlení  $a_1$ ,  $a_2$  a na základě jejich velikostí provedeme rozbor úlohy a vliv tření.

## 5 Naměřené hodnoty

$m_1 = 10,2\text{g}$ ;  $m_2 = 19,7\text{g}$ ;  $M = 292\text{g}$ ;  $s = 0,9\text{ m}$

Tab. 1: Naměřené hodnoty času pro závaží  $m_1=10,2\text{g}$

n	$t_n/s$	$t_{n1}/s$	$t_i=(t_{n1} - t_n) /s$	$(t_i - t_0) /s$	$(t_i - t_0)^2/s^2$
1	0,385	2,650	2,265	0,037	0,0014
2	0,260	2,458	2,198	-0,030	0,0009
3	0,031	2,279	2,248	0,020	0,0004
4	0,460	2,676	2,216	-0,012	0,0001
5	0,504	2,719	2,215	-0,013	0,0002
$t_0$		$t_0 =$	2,228	$t_{01} =$	0,003

$$t_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{i=n} (t_i - t_0)^2} = \sqrt{\frac{0,003}{20}} = 0,01\text{ s}$$

$$u_A = \sqrt{2} \times t_A = 0,017\text{ s}$$

$$t_1 = (2,228 \pm 0,017)\text{s} = 2,228(1 \pm 0,008)\text{s}$$

$$a_1 = \frac{2s}{t^2} = 0,363\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_2 = \frac{mg}{M + m} = 0,331\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\mu = \frac{m}{M} - \frac{a_2(M + m)}{Mg} = 0,00001$$

Tab. 2: Naměřené hodnoty času pro závaží  $m_2=19,7\text{g}$

n	$t_n/s$	$t_{n1}/s$	$t_i=(t_{n1} - t_n) /s$	$(t_i - t_0) /s$	$(t_i - t_0)^2/s^2$
1	0,436	2,096	1,660	0,030	0,00090
2	0,391	2,013	1,622	-0,008	0,00006
3	0,358	1,982	1,624	-0,006	0,00004
4	0,412	2,035	1,623	-0,007	0,00005
5	0,416	2,037	1,621	-0,009	0,00008
$t_0$		$t_0 =$	1,630	$t_{01} =$	0,001

$$t_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{i=n} (t_i - t_0)^2} = \sqrt{\frac{0,001}{20}} = 0,008 \text{ s}$$

$$u_A = \sqrt{2} \times t_A = 0,01 \text{ s}$$

$$t_2 = (1,63 \pm 0,01) \text{ s} = 1,63(1 \pm 0,01) \text{ s}$$

$$a_1 = \frac{2s}{t^2} = 0,685 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_2 = \frac{mg}{M+m} = 0,620 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\mu = \frac{m}{M} - \frac{a_2(M+m)}{Mg} = 0,000001$$

Tab. 3: Naměřené hodnoty času pro závaží  $m_1+m_2=29,9\text{g}$

n	$t_n/\text{s}$	$t_{n1}/\text{s}$	$t_i=(t_{n1} - t_n) / \text{s}$	$(t_i - t_0) / \text{s}$	$(t_i - t_0)^2/\text{s}^2$
1	0,371	1,741	1,370	0,023	0,000529
2	0,361	1,699	1,338	-0,009	0,000081
3	0,400	1,741	1,341	-0,006	0,000036
4	0,386	1,722	1,336	-0,011	0,000121
5	0,400	1,749	1,349	0,002	0,000004
		$t_0 =$	1,347	$t_{01} =$	0,0008

$$t_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{i=n} (t_i - t_0)^2} = \sqrt{\frac{0,0008}{20}} = 0,006 \text{ s}$$

$$u_A = \sqrt{2} \times t_A = 0,008 \text{ s}$$

$$t_2 = (1,347 \pm 0,008) \text{ s} = 1,347(1 \pm 0,007) \text{ s}$$

$$a_1 = \frac{2s}{t^2} = 0,992 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_2 = \frac{mg}{M+m} = 0,911 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\mu = \frac{m}{M} - \frac{a_2(M+m)}{Mg} = 0,00002$$

#### Závěr:

Pro tři závaží jsme změřili různé délky časů a také různé hodnoty zrychlení. Rozdíly hodnot zrychlení  $a_1$  a  $a_2$  jsou však malé. Koeficienty tření  $\mu$  jsou v řádech  $10^{-5}$ .