<table>
<tr><td colspan="4">Slezská univerzita v Opavě – Filosoficko-přírodovědecká fakulta</td></tr>
<tr><td colspan="4">Fyzikální praktikum I – Mechanika a molekulová fyzika</td></tr>
<tr><td>Jméno:
Tomáš Stanovský
Berenika Čermáková</td><td>Ročník, obor:
První, Astrofyzika</td><td>Vyučující:
Mgr. Richard Švacha</td><td>Datum měření:
15.11.2018</td></tr>
<tr><td>Akademický rok:
2018/2019</td><td colspan="2" rowspan="2">Název úlohy:
2. Newtonův zákon</td><td>Datum odevzdání:</td></tr>
<tr><td>Číslo úlohy:
3</td><td>Hodnocení:</td></tr>
</table>

1 Pracovní úkoly:

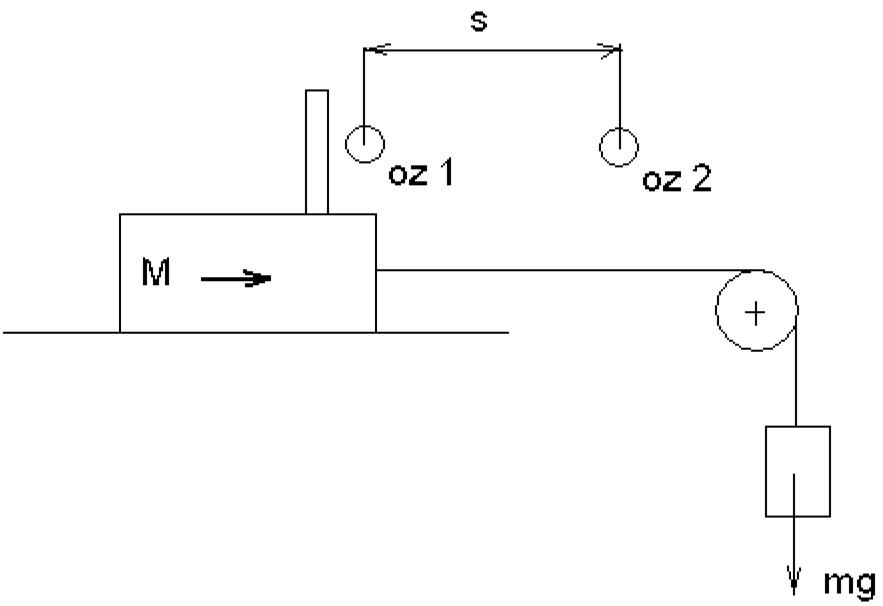
Vyšetřete dynamiku a kinematiku pohybu tělesa po vzduchové dráze s použitím měřícího systému ISES. Z naměřených hodnot ověřte platnost Newtonova zákona a rozhodněte, zda tření na vzduchové dráze můžeme zanedbat. Pokud ne, určete koeficient tření.

2 Teoretický úvod:

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

$$s = \frac{1}{2} a_1 t^2 \tag{2.1}$$

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 tělese 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 rozborem úlohy se zanedbáním třecí síly získáme pohybovou rovnici (2.2)

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

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

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

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

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

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)

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

Měření bude opakováno pro 3 různé hodnoty *m*.

3 Použité měřící 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 Δt 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 = 10,2g; m_2 = 19,7g; M = 292g; s = 0,9 m

Tab. 1: Naměřené hodnoty času pro závaží m_1=10,2g

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

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

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

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

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

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

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

Tab. 2: Naměřené hodnoty času pro závaží m_2=19,7g

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

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

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

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

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

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

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

Tab. 3: Naměřené hodnoty času pro závaží m_1+m_2=29,9g

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	0,371	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

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

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

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

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

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

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

Závěr:

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