Slezská univerzita v Opavě – Filosoficko-přírodovědecká fakulta			
Fyzikální praktikum I – Mechanika a molekulová fyzika			
Jméno:	**Ročník, obor:** První	**Vyučující:** Mgr. Daniel Charbulák, Ph.D.	**Datum měření:** 8. 11. 2020
Akademický rok: 2020/21	**Název úlohy:** **Pohyb po nakloněné rovině**		**Datum odevzdání:**
Číslo úlohy: **2**			**Hodnocení:**

1 Pracovní úkoly:

Vyšetřete dynamiku a kinematiku pohybu po nakloněné rovině užitím vzduchové dráhy a měřícího systému ISES. Z naměřených hodnot 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),

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

Derivací rovnice (2.1) získáváme vztah (2.2), který popisuje rychlost tělesa při rovnoměrně zrychleném pohybu.

$$v = \frac{ds}{dt} \tag{2.2}$$

Pokud analyzujeme dynamiku pohybu po nakloněné rovině (obr.1) vidíme, že při zanedbání třecí síly, urychluje těleso pouze složka gravitační síly ve směru jeho pohybu , tedy celkovou sílu F můžeme vypočítat jako (2.3)

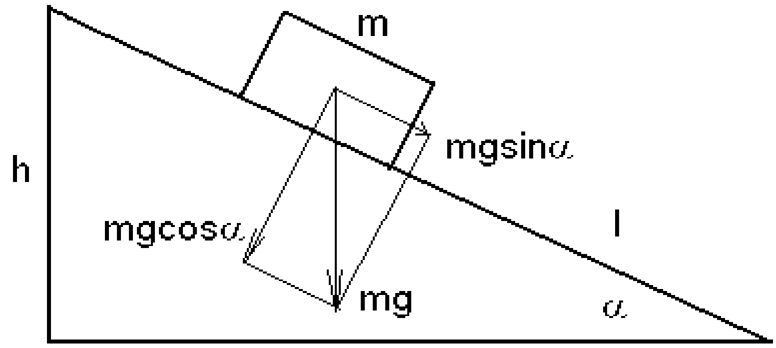
$$F = ma_2 = m.g.\sin(\alpha) \tag{2.3}$$

Pokud považujeme koeficient smykového tření za nezanedbatelný, musíme výslednou sílu opravit o člen zohledňující tření, dostáváme tak (2.4)

$$F = m.a_3 = mg.(\sin(\alpha) - \mu\cos(\alpha)) \tag{2.4}$$

Vyjádříme-li zrychlení z rovnic (2.1), (2.3) a (2.4) získáme vztahy (2.5)

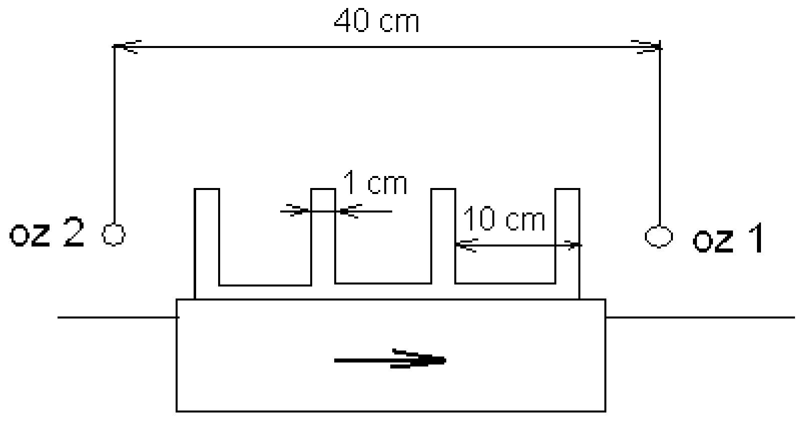
$$a_1 = \frac{2s}{t^2} \qquad a_2 = g.\sin(\alpha) \qquad a_3 = g(\sin(\alpha) - \mu\cos(\alpha)) \tag{2.5}$$



Obr. 1 – Rozbor sil působících na těleso na nakloněné rovině

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.

Pro měření jednotlivých veličin použijeme vzduchovou dráhu se dvěmi optickými závorami a dále vozíček se čtyřmi rovnoměrně rozmístěnými značkami (Obr. 2)



Obr. 2 – Schéma experimentu

Princip stanovení vlastností pohybu je zřejmý už z obrázku. Na vozíčku jsou umístěny 4 značky, široké 1 cm, ve vzdálenostech po 10ti cm. Při průchodu značky optickou závorou oz, bude přerušen světelný paprsek, což bude detekováno počítačem. Při použití dvou opt. závor vozíček celkem urazí dráhu 0,4 m a každých 10 cm budou detekovány hodnoty času t a Δt . Ze znalosti Δt můžeme snadno vypočítat aktuální rychlost vozíčku v čase t, dle vztahu (2.2), kde Δs je šířka značky, tedy 1 cm.

Naměřené závislosti budou graficky zpracovány.

3 Použité měřící přístroje a pomůcky

- Vzduchová dráha
- Pravítko
- PC stanice se softwarem Vernier a dvěma opt. závorami

4 Postup měření

1) Vzduchovou dráhu skloníme o úhel α.
2) Optické závory nastavíme do stanovených vzdáleností podle obr. 2.
3) Provedeme měření pomocí programu Vernier, kde odečítáme hodnoty t a Δt.
4) Vypočteme zrychlení, určíme chybu a provedeme srovnání s teorií. /Úvod /.

5 Naměřené a vypočtené hodnoty

Zrychlení podle změny úhlu naklonění
Známe-li změny výšek konců dráhy, pomocí trigonometrie určíme úhel $\propto_i$, o který vzduchovou dráhu nakloníme.
$\propto = \arcsin(\frac{\Delta h}{d})$, kde Δh je změna výšek a d je délka celé vzduchové dráhy.

Tab. 1 – Výpočet velikosti úhlu naklonění vzduchové dráhy

$\propto_i$	Δh (cm)	$\|\propto_i\|$ (rad)	$\|\propto_i\|$ (°)	$\|\propto_i\|$
$\propto_1$	2,2	0,01114	0,63825	$0°38'$
$\propto_2$	5,7	0,02887	1,65383	$1°39'$
$\propto_3$	10,6	0,05370	3,07659	$3°4'$
$\propto_4$	18,9	0,09584	5,49139	$5°34'$

Tab. 2 – Výpočet zrychlení z naměřených hodnot a tyto hodnoty

	$\propto_1 = 0°38'$	$\propto_2 = 1°39'$	$\propto_3 = 3°4'$	$\propto_4 = 5°34'$
č. měření	Δt_{α_1} (s)	Δt_{α_2} (s)	Δt_{α_3} (s)	Δt_{α_4} (s)
1	4,352	2,430	1,816	1,314
2	3,976			
3	4,251			
4	4,137			
5	4,132	2,422	1,787	1,298
$\overline{t_i}$ (s)	4,170	2,445	1,794	1,316
$a = \frac{2s}{t^2}\ (m \cdot s^{-2})$	0,104			
$a = g \sin\alpha\ (m \cdot s^{-2})$	0,108			

Čas t_1 pro $\propto_1 = 0°38'$

$$t_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{i=n}(t_n - t_0)^2} = \sqrt{\frac{0,08}{20}} = 0,06\ s$$

$$u_A = \sqrt{2} \times t_A = 0,09\ s$$

$$\boldsymbol{t_1 = (4,17\ \pm 0,09)\ s = \ 4,17(1 \pm 0,02)\ s}$$

Čas t_2 pro $\propto_2 = 1°39'$

$$t_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{i=n}(t_n - t_0)^2} =$$

$$u_A = \sqrt{2} \times t_A =$$

$$\boldsymbol{t_2} =$$

Čas t_3 pro $\propto_3 = 3°4'$

$$t_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{i=1}^{i=n}(t_n - t_0)^2} =$$

$$u_A = \sqrt{2} \times t_A =$$

$$\boldsymbol{t_3} =$$

Čas t_4 pro $\propto_4 = 5°34'$

…

<u>Závěr:</u>

Změřili jsme rychlost a zrychlení vozíčku na vzduchové dráze pro $a_1 = 2s/t^2$ a $a_2 = g\sin\alpha$ pro 4 časy:

1) $t_1 = (4{,}170 \pm 0{,}04)\ s = 4{,}170(1 \pm 0{,}01)\ s$
   $a_1 = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0{,}9}{4{,}17^2} = 0{,}104\ m \cdot s^{-2}$
   $a_2 = g \cdot \sin\alpha = 9{,}81 \cdot \sin 0°38' = 0{,}108\ m \cdot s^{-2}$
   $\mu = tg\ \alpha - a_2/(g \cdot \cos\alpha) = tg\ 0°38' - 0{,}108/(9{,}81 \cdot \cos 0°38') = 0{,}00004$

2)
3)
4)

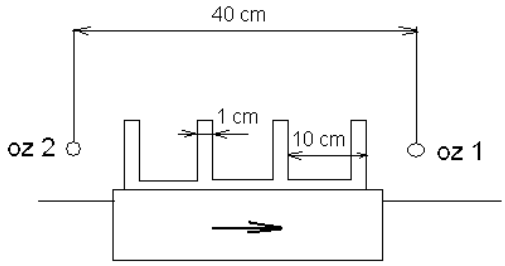
Z těchto výsledků nelze jednoznačně určit, jestli vzduchová dráha podléhá tření. Ve 3 případech ze 4 dokonce vychází záporné tření !Vyžadovalo by to další měření.

Zkoumání pohybu předmětu v závislosti dráhy na čase

Pro určení závislosti dráhy na čase měříme čas každých 0,1 m, na nakloněné rovinně o úhlu $\alpha = ???$ a celkem zjistíme 7 časů t_i (a počáteční čas $t_0 = 0$).

Tab. 3 – Měření času v závislosti na dráze

n	1	2	3	**Průměr**
t_1 (s)	0,489	0,493	0,485	
t_2 (s)	0,724	0,733	0,722	
t_3 (s)	0,906	0,915	0,906	
t_4 (s)	1,063	1,070	1,061	
t_5 (s)	1,199	1,206	1,197	
t_6 (s)	1,324	1,330	1,321	
t_7 (s)	1,437	1,444	1,436	



Obr.1 – Graf závislosti ujeté dráhy na čase

Zde umístěte vlastní graf

<u>Závěr:</u>

Z Obr. 1 můžeme vyčíst, že závislost dráhy na čase je parabolická.(Chybí proložení teoretickou křivkou.)

Zkoumání pohybu předmětu v závislosti rychlosti na čase

K určení závislosti rychlosti na čase změříme časový interval na jednotlivých zubech a podle vzorce $v = \frac{s}{t}$ vypočítáme rychlost pohybu jednotlivých zubů.

Tab. 4 – Měření změn času na jednotlivých zubech a výpočet jejich rychlosti

Δt (s)	A	B	C	D	$\bar{t}$ (s)	$v\ (m \cdot s^{-1})$	T/s
Δt_1	0,030	0,031	0,029	0,028			**0,496**
Δt_2	0,023	0,021	0,022	0,020			**0,735**
Δt_3	0,020	0,018	0,020	0,020			**0,917**
Δt_4	0,013	0,014	0,013	0,014			**1,070**
Δt_5	0,011	0,011	0,011	0,011			**1,208**
Δt_6	0,009	0,010	0,011	0,009			**1,332**
Δt_7	0,010	0,010	0,009	0,011			**1,445**

Zde umístěte vlastní graf

Obr. 2 – Graf závislosti rychlosti na čase

Závěr:

Když do obr. 2 aproximujeme lineární funkci, vidíme , že závislost je lineární. Jedná se o rovnoměrně zrychlený pohyb.