|  |
| --- |
| ***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:** |

# 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.

# Teoretický úvod:

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

 (2.1)

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

 (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)

 (2.3)

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

 (2.4)

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

   (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 a1  a2 nebo a1  a2 a v tom případě musíme se smykovým třením počítat a stanovit ho z rovnice pro a3.

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 *t* . Ze znalosti *t* můžeme snadno vypočítat aktuální rychlost vozíčku v čase *t*, dle vztahu (2.2), kde s je šířka značky, tedy 1 cm.

Naměřené závislosti budou graficky zpracovány.

# Použité měřící přístroje a pomůcky

- Vzduchová dráha

- Pravítko

- PC stanice se softwarem Vernier a dvěma opt. závorami

# Postup měření

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

# Naměřené a vypočtené hodnoty

**Zrychlení podle změny úhlu naklonění**

Známe-li změny výšek konců dráhy, pomocí trigonometrie určíme úhel $∝\_{i}$, o který vzduchovou dráhu nakloníme.

$∝=\arcsin((\frac{∆h}{d}))$, kde $∆h$ je změna výšek a $d$ je délka celé vzduchové dráhy.

Tab. 1 – Výpočet velikosti úhlu naklonění vzduchové dráhy

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| $$∝\_{i}$$ | $$∆h (cm)$$ | $$\left|∝\_{i}\right| (rad)$$ | $$\left|∝\_{i}\right| (°)$$ | $$\left|∝\_{i}\right|$$ |
| $$∝\_{1}$$ | 2,2 | 0,01114 | 0,63825 | $$0°38'$$ |
| $$∝\_{2}$$ | 5,7 | 0,02887 | 1,65383 | $$1°39'$$ |
| $$∝\_{3}$$ | 10,6 | 0,05370 | 3,07659 | $$3°4'$$ |
| $$∝\_{4}$$ | 18,9 | 0,09584 | 5,49139 | $$5°34'$$ |

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | $$∝\_{1}=0°38'$$ | $$∝\_{2}=1°39'$$ | $$∝\_{3}=3°4'$$ | $$∝\_{4}=5°34'$$ |
| č. měření | $∆t\_{α\_{1}}$ (s) | $∆t\_{α\_{2}}$ (s) | $∆t\_{α\_{3}}$ (s) | $∆t\_{α\_{4}}$ (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 |
| $\overbar{t\_{i}}$ (s) | 4,170 | 2,445 | 1,794 | 1,316 |
| $$a=\frac{2s}{t^{2}} (m∙s^{-2})$$ | 0,104 |  |  |  |
| $$a=g\sin(α) (m∙s^{-2})$$ |  0,108  |  |  |  |

Čas t1 pro $∝\_{1}=0°38'$

$$t\_{A}=\sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum\_{i=1}^{i=n}(t\_{n}-t\_{0})^{2}}= \sqrt{\frac{0,08}{20}}=0,06 s$$

$$u\_{A}= \sqrt{2}×t\_{A}=0,09 s$$

$$t\_{1}=\left(4,17 \pm 0,09\right) s= 4,17\left(1\pm 0,02\right) s $$

Čas t2 pro $∝\_{2}=1°39'$

$$t\_{A}=\sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum\_{i=1}^{i=n}(t\_{n}-t\_{0})^{2}}= $$

$$u\_{A}= \sqrt{2}×t\_{A}=$$

$$t\_{2}= $$

Čas t3 pro $∝\_{3}=3°4'$

$$t\_{A}=\sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum\_{i=1}^{i=n}(t\_{n}-t\_{0})^{2}}= $$

$$u\_{A}= \sqrt{2}×t\_{A}=$$

$$t\_{3}=$$

Čas t4 pro $∝\_{4}=5°34'$

**…**

**Závěr:**

 Změřili jsme rychlost a zrychlení vozíčku na vzduchové dráze pro a1 = 2s/t2

 a a2=gsinα pro 4 časy:

1. $t\_{1}=\left(4,170 \pm 0,04\right) s= 4,170\left(1\pm 0,01\right) s $

$$a\_{1}=\frac{2s}{t^{2}}=\frac{2∙0,9}{4,17^{2}}=0,104 m∙s^{-2}$$

$$a\_{2}=g∙\sin(α)=9,81∙\sin(0°38^{'})=0,108 m∙s^{-2}$$

$$μ=tg α- {a\_{2}}/{(g∙\cos(α)=tg 0°38^{'}- {0,108}/{(9,81∙\cos(0°38')=0,00004)})}$$

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

$α=???$ 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

**Závěr:**

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $∆t$ (s) | A | B | C | D | $\overbar{t}$ **(s)** | $$v (m∙s^{-1})$$ | **T/s** |
| $$∆t\_{1}$$ | 0,030 | 0,031 | 0,029 | 0,028 |  |  | **0,496** |
| $$∆t\_{2}$$ | 0,023 | 0,021 | 0,022 | 0,020 |  |  | **0,735** |
| $$∆t\_{3}$$ | 0,020 | 0,018 | 0,020 | 0,020 |  |  | **0,917** |
| $$∆t\_{4}$$ | 0,013 | 0,014 | 0,013 | 0,014 |  |  | **1,070** |
| $$∆t\_{5}$$ | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,011 |  |  | **1,208** |
| $$∆t\_{6}$$ | 0,009 | 0,010 | 0,011 | 0,009 |  |  | **1,332** |
| $$∆t\_{7}$$ | 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.