

Laboratorní práce č. 9

Mechanické kmitání - určení tíhového zrychlení kyvadlem

Praktická část:

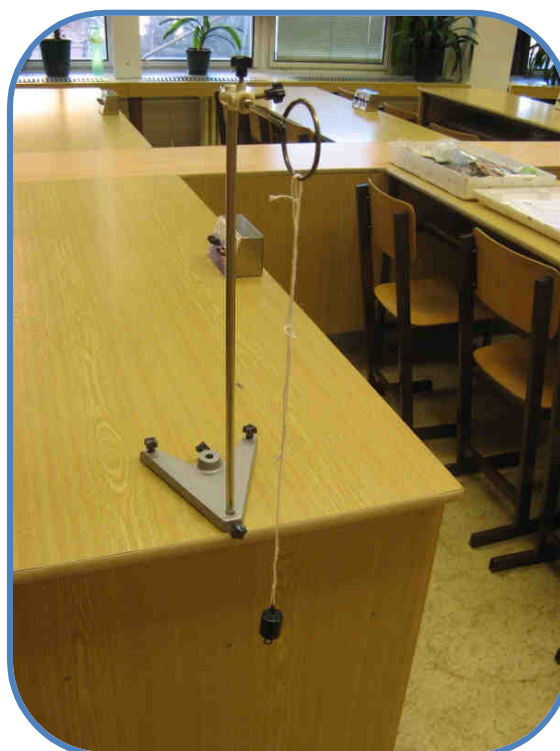
1. Mechanické kmitání - určení tíhového zrychlení kyvadlem

Příprava

Sestavíme kyvadlo podle obr. 1, vhodně zvolíme pomůcky.



Obr. 1 Kyvadlo – krátký závěs



Obr. 2 Kyvadlo – delší závěs

Provedení

Úkol č. 1: Jak závisí frekvence a perioda kmitání kyvadla na hmotnosti a délce závěsu a na výchylce z rovnovážné polohy – ověřte experimentálně. Vypočtete hodnotu tíhového zrychlení.

Zvolte nejkratší závěs. Změřte délku závěsu v mm od místa uchycení do poloviny závaží. Při prvním měření vychylte závaží, pusťte a změřte dobu 30 kmitů. Údaje zapište do tabulky.

Při druhém měření postupujte stejně, jen závaží vychylte víc, aby rozkyvy při kmitání byly větší. U krátkého závěsu nebudeme provádět měření s dvojnásobnou hmotností, protože tlumení je příliš veliké.

Poznámka: Z teorie vyplývá, že kmitavý pohyb kyvadla je harmonický pro úhel menší než 5°, my však pro rozkvy můžeme použít i úhly větší – i do 20° případně větší - protože odchylky od harmonického pohybu jsou v těchto případech menší, než chyby měření.

Zvolte delší závěs podle obr. 2. Opět změřte délku závěsu od místa uchycení do poloviny závaží. Při prvním měření vychylte závaží, pusťte a změřte dobu 30 kmitů. Údaje zapište do tabulky. Při druhém měření postupujte stejně, jen závaží vychylte víc, aby rozkvy při kmitání byly větší. U delšího závěsu provedeme i třetí měření s dvojnásobnou hmotností kyvadla.



Obr. 3 Kyvadlo – dlouhý závěs



Obr. 4 Kyvadlo – velmi dlouhý závěs

Zvolte ještě delší závěs podle obr. 3. Opět změřte délku závěsu od místa uchycení do poloviny závaží. Při prvním měření vychylte závaží, pusťte a změřte dobu 30 kmitů. Údaje zapište do tabulky. Při druhém měření postupujte stejně, jen závaží vychylte víc, aby rozkvy při kmitání byly větší. Provedeme i třetí měření s dvojnásobnou hmotností kyvadla.

V případě ochoty vyučujícího provedte čtvrté měření podle obr. 4 s nejdelším závěsem. Na stůl může z bezpečnostních důvodů vystoupit pouze vyučující.

Z naměřených hodnot vypočtete ostatní údaje v tabulce.

Pro výpočet tíhového zrychlení osamostatněte g ze vztahu pro $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. Vypočtete a dosadte do tabulky.

Tabulka 1:

	Měření	Délka l	Počet kmitů	Čas t	Perioda T	Frekvence f	Tíhové zrychlení g
Krátký závěs	1						
	2						
Delší závěs	3						
	4						
	5						
Ještě delší závěs	6						
	7						
	8						
Nejdelší závěs	9						
	10						
	11						

Závěr 1:

1. Jak závisí perioda a frekvence na hmotnosti kyvadla podle našeho měření?
2. Závisí podle našich měření perioda kyvadla na délce závěsu? Co se děje s periodou, když se délka závěsu zvětšuje? Co vyplývá pro tuto závislost z rovnice pro periodu?
3. Závisí podle našich měření frekvence kyvadla na délce závěsu? Co se děje s frekvencí, když se délka závěsu zvětšuje? Co vyplývá pro tuto závislost z rovnice pro frekvenci?
4. Mění se s délkou závěsu vypočítaná hodnota tíhového zrychlení?

Rozšiřující úkol: Mění se perioda v důsledku tlumení kmitání?

Zvolte délku kyvadla podle obr. 3. Kyvadlo rozkývejte a změřte dobu prvních 30 kmitů, pak dalších 30 kmitů (pokud máte jedny stopky, můžete po prvních 30 kmitech zapsat čas a začít měřit dalších 30 kmitů až po přípravě stopek pro měření, kyvadlo pořád kmitá). Pak potřetí změřte 30 kmitů. Jestli kyvadlo ještě dostatečně kmitá, proveďte měření počtvrté.

Výsledky zapište do tabulky.

Tabulka 2:

Měření	Délka l	Počet kmitů	Čas t	Perioda T	Frekvence f
1					
2					
3					
4					

Závěr 2:

- a) Docházelo v průběhu kmitání k postupnému zvětšování nebo zmenšování rozkmitu?

- b) Pozorovali jste, že se perioda v závislosti na době kmitání a na tlumení zvětšuje nebo zmenšuje?
- c) Jak závisí frekvence na době kmitání?

2. Mechanický oscilátor – tuhost pružiny

Příprava

Kyvadlo nahradíme mechanickým oscilátorem podle obr. 5.

Provedení

Mírně natáhneme pružinu, uvedeme oscilátor do pohybu a změříme dobu 30 kmitů. Měření opakujeme pro větší počáteční amplitudu. Nenatahujte příliš pružinu, aby nedošlo k jejímu poškození.



Obr. 5 Mechanický oscilátor

Tabulka 3:

Měření	Počet kmitů	Čas t	Perioda T	Frekvence f	Hmotnost m	Tuhost k
1						
2						

Hmotnost určete zvážením oscilátoru na laboratorních vahách.

Tuhost vypočtete ze vztahu $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

Vypočtete tuhost i pomocí vztahu $k = \frac{F_g}{\Delta l}$. Nutno předtím změřit prodloužení pružiny při zatížení pružiny tělesem.

Závěr 3:

- Závisí podle našeho měření frekvence a perioda na počáteční amplitudě?
- Z fyzikálního vztahu určete, jak závisí frekvence a jak perioda na hmotnosti oscilátoru.
- Porovnejte hodnoty tuhosti pružiny, které jste vypočítali dvěma různými způsoby.
- Změnila by se tuhost pružiny k , kdybychom zvětšili hmotnost oscilátoru?

Výpočty:

1. Mechanický oscilátor kmitá na pružině.

- Z naměřených hodnot vypočtete absolutní a relativní odchylku měření času.

Měření	Počet kmitů	Čas t	Δt
1	30	41,9	
2	30	42,3	
3	30	41,9	
4	30	42,3	
5	30	42,1	
Součet absolutních hodnot	-		
Aritmetický průměr	-		

Výsledek zapište ve tvaru:

$$t = (\bar{t} \pm \Delta t) \text{ s}, \quad \delta t = \frac{\Delta t}{\bar{t}} 100\%.$$

- Vypočtete periodu: $T =$
- Vypočtete frekvenci: $f =$
- Vypočtete koeficient tuhosti, je-li hmotnost oscilátoru 100 g.

2. Kosmonaut po přistání na Měsíci vytáhl kyvadlo délky 50 cm a změřil dobu 20 kmitů. Tato doba byla 70 s.

- Vypočtete tíhové zrychlení na Měsíci.
- Za jakou dobu by totéž kyvadlo provedlo 20 kmitů na Zemi?

3. a) Vypočtete délku kyvadla, u kterého doba kyvu je 1 s. (Doba kmitu je 2 s!) b) Jak dlouhé by toto kyvadlo muselo být na Měsíci?

4. V kabině výtahu visí kyvadlo, jehož perioda $T_1 = 1$ s. Když se kabina pohybuje se stálým zrychlením, kyvadlo kmitá s periodou $T_2 = 1,2$ s. Určete velikost zrychlení výtahu a jeho směr.