



KATEDRA FYZIKY

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Jméno
Pavel Pernička

Datum měření
17.4.2025

Semestr
Letní 2025

Ročník
1.

Datum odevzdání
6.5.2025

Stud. skupina
6

Lab. skupina
1031

Klasifikace

Číslo úlohy
8

Název úlohy
**Studium mechanických kmitů – Pohlovo
kyvadlo**

1 Úkol měření

1. Proměřte kmitočtové charakteristiky nucených kmitů Pohlova kyvadla pro různá tlumení.
2. Změřte koeficient útlumu a periodu volných kmitů Pohlova kyvadla pro různá tlumení.

2 Seznam použitých přístrojů

- Stopky
- Pohlovo kyvadlo

3 Měření

3.1 Postup

1. Zapneme elektromotor připojený k aparatuře kyvadla
2. Pomocí měření času 10 otáček při různých napětích na motoru zjistíme závislost budící frekvence na napětí.
3. Pro několik různých budících frekvencí měříme amplitudu ručičky kyvadla. Měříme výchylky na obou stranách, z nich vytvoříme průměr. Volíme různá nastavení tlumení:
 - Brzdící elektromagnet je zcela odpojen ($I_{B0} = 0$)
 - Proud tekoucí elektromagnetem je $I_{B1} = 0,25A$
 - Proud tekoucí elektromagnetem je $I_{B2} = 0,40A$
 - Proud tekoucí elektromagnetem je $I_{B3} = 0,55A$
 - Proud tekoucí elektromagnetem je $I_{B4} = 0,90A$
4. Vypneme elektromotor
5. Pro stejné nastavení brzdícího elektromagnetu jako výše opakovaně změříme čas 10 kmitů při manuálním natažení ručičky kyvadla do krajní pozice stupnice.
6. Během měření předchozího bodu si zapisujeme posloupnost výchylek na jedné ze stran stupnice.

3.2 Naměřené hodnoty

#	U [V]	Čas 10 otáček t_{10} [s]
1	4,6	29,74
2	10,5	11,95
3	15,0	7,91
4	12,1	10,11

Tabulka 1: Závislost otáček na napětí

#	U [V]	$A(I_{B0})$		$A(I_{B1})$		$A(I_{B2})$		$A(I_{B3})$		$A(I_{B4})$	
		$A+$	$A-$	$A+$	$A-$	$A+$	$A-$	$A+$	$A-$	$A+$	$A-$
1	4,0	-0,1	1,2	-0,1	1,2	-0,1	1,3	-0,1	1,2	-0,1	1,2
2	6,3	-1	2	-1	2,1	-1	2,2	-0,9	2,1	-1	2
3	6,9	-2	3	-2,2	3,1	-9	10	-2	3	-1,2	2,2
4	7,5	-6	7,2	-7,3	8,9	-7	8	-4,1	5,3	-2	3
5	8,0	-20	20	-16	17	-8	9	-5	6,1	-2	3
6	9,0	-20*	20*	-2	3	-1	2,1	-1	2,2	-1	2
7	9,7	-7	8	-0,3	1,9	-0,2	1,9	-0,2	1,3	-0,1	1,3
8	11,0	-0,1	1,2	0	1,1	0	1,1	0	1,1	0	1,1

Tabulka 2: Závislost amplitudy na napětí na elektromotoru při různých brzdných proudech

#	$T_{10}(I_{B0})$ [s]	$T_{10}(I_{B1})$ [s]	$T_{10}(I_{B2})$ [s]
1	17,18	17,27	17,25
2	17,50	17,14	17,30
3	17,49	17,22	17,13

Tabulka 3: Perioda kmitů kyvadla při počáteční pozici v maximu stupnice a různých brzdných proudech, $t = 10$ s

$A(I_{B0})$			$A(I_{B1})$			$A(I_{B2})$			$A(I_{B3})$			$A(I_{B4})$		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
19	18	19	18	18	18	18	17	17	15	15	15	11	11	11
18	18	18	17	17	14	18	17	17	12	12	12	6	7	6
17	17	17	16	16	15	13	13	13	9	9	9	4	4	4
16	16	16	15	15	14	11	11	11	7	7	8	3	3	3
16	15	16	14	14	14	9	9	9	5	6	5	2	2	2
14	14	15	13	13	13	8	8	8	4	4	4	1	1	1
14	13	14	12	12	12	7	7	6	3	3	2	1	1	1
13	13	13	11	10	11	6	5	6	2	2	3	1	1	1

Tabulka 4: Posloupnost amplitudových výchylek v čase ve zvolených brzd-
ných proudech

4 Výpočty

Pro výpočet logaritmického dekrementu Λ a koeficientu δ použijeme vzorce odvozené ze zadání:

- Logaritmický dekrement:

$$\Lambda = \ln \left(\frac{x(t)}{x(t+T)} \right)$$

- Koeficient δ :

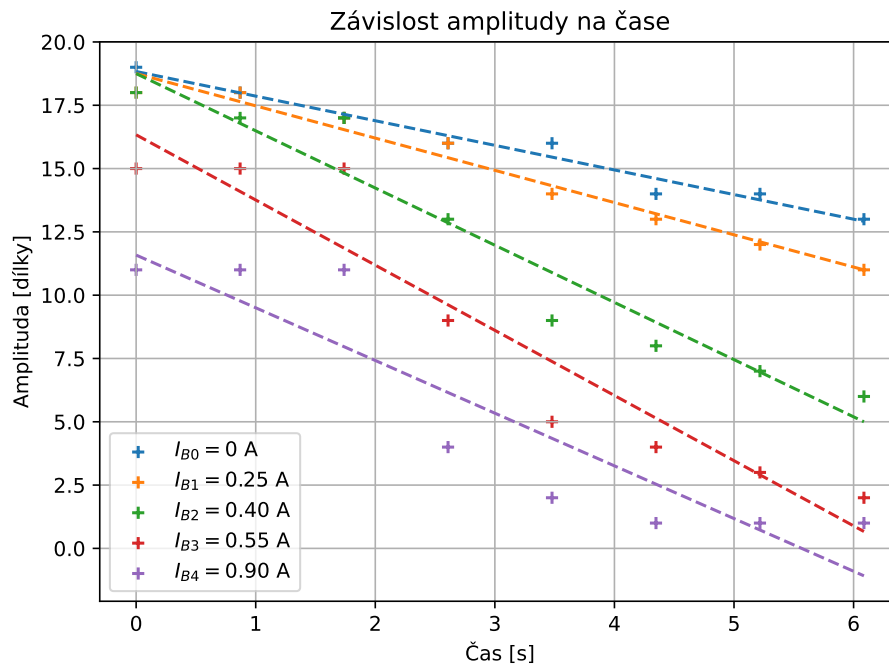
$$\delta = \frac{\Lambda}{T}$$

Na základě měření v tabulce ??, kde jsme zprůměrovali amplitudu v obou stranách, a vzorců výše byly pro jednotlivé hodnoty brzdného proudu I_B stanoveny veličiny v tabulce ??

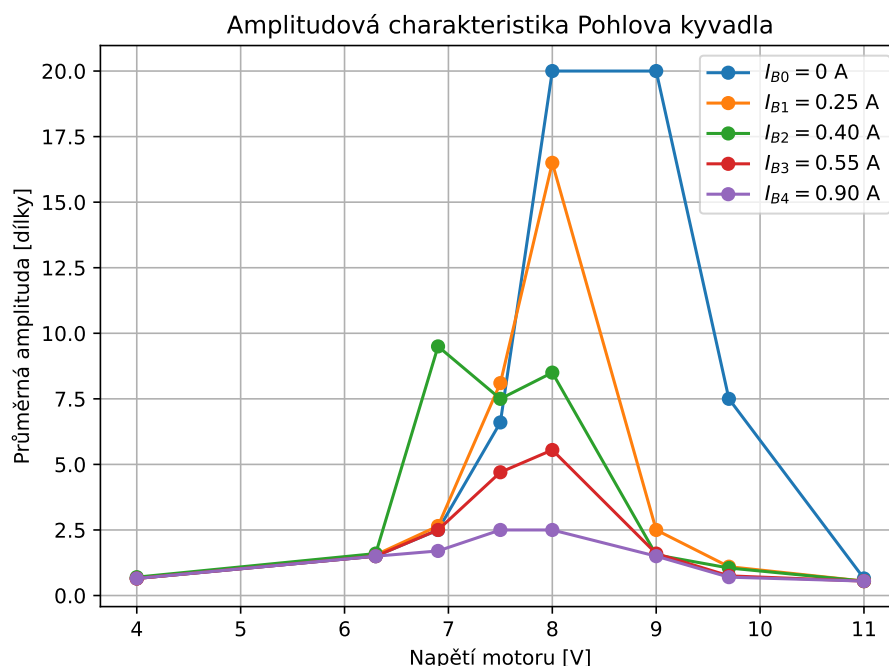
I_B [A]	T [s]	f [Hz]	Λ	δ
0.00	1.739	0.575	0.0541	0.0311
0.25	1.721	0.581	0.0000	0.0000
0.40	1.723	0.580	0.0572	0.0332
0.55	1.700	0.588	0.0000	0.0000
0.90	1.680	0.595	0.0000	0.0000

Tabulka 5: Přehled vypočtených hodnot T , f , Λ a δ pro jednotlivé hodnoty brzdného proudu I_B

5 Grafy



Obrázek 1: Závislost amplitudy kyvadla na čase pro různá tlumení I_B . Body odpovídají naměřeným hodnotám, přímky byly získány metodou nejmenších čtverců.



Obrázek 2: Amplitudová charakteristika Pohlova kyvadla pro různá tlumení I_B .

6 Závěr

Cílem úlohy bylo experimentálně ověřit chování Pohlova kyvadla při volném i nuceném kmitání a stanovit kmitočtové charakteristiky a útlumové konstanty pro různá nastavení tlumení. Pomocí grafů naměřených hodnot jsme ověřili, že s rostoucím brzdícím proudem I_B dochází ke snižování maximálních amplitud a ke zvyšování míry tlumení. Z amplitudových charakteristik byla patrná rezonance u nižších hodnot tlumení, s rostoucím tlumením se rezonanční amplituda výrazně snižovala a křivka zplošťovala.

U malého tlumení bylo možné určit logaritmický dekrement Λ a koeficient útlumu δ s dostatečnou přesností. U většího tlumení byl pokles amplitudy mezi maximy příliš malý a výpočet Λ nebyl možný bez větší nejistoty. Tyto nejistoty je obtížné objektivně odhadnout, protože samotné Pohlovo kyvadlo se chovalo poměrně nepředvídatelně a reakční doba lidského faktoru při odečítání výchylek byla neuspokojivá.

Seznam použité literatury

- [1] Milan Červenka. *Studium mechanických kmitů – Pohlovo kyvadlo*. Laboratorní úloha, 2013. Dostupné online: <https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/pohl.pdf>.
- [2] Milan Červenka. *Zpracování fyzikálních měření*. Studijní text pro fyzikální praktikum, 2020. Dostupné online: <https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/zpracdat.pdf>.