

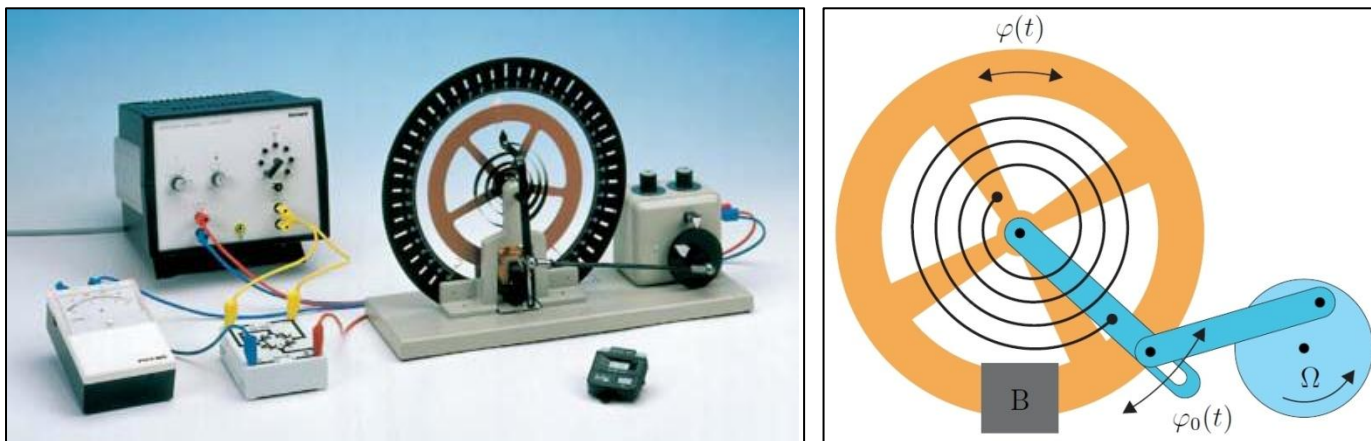
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE	KATEDRA FYZIKY	
LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY		
Jméno Hugo Franěk	Datum měření 20.10.2010	
Stud. rok 2010/2011	Ročník 2.	Datum odevzdání 10.11.2010
Stud. skupina 102	Lab. skupina 7	Klasifikace
Číslo úlohy 8	Název úlohy Studium mechanických kmitů – Pohlovo kyvadlo	

ÚKOL MĚŘENÍ

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

SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍSTROJŮ A POMŮCEK

- Pohlovo kyvadlo s integrovaným regulovatelným elektromotorkem pro nucené kmity a elektromagnetickou brzdou pro tlumení
- Regulovatelný laboratorní zdroj s AC i DC výstupem
- Usměrňovač, ampérmetr, stopky



Obrázek I. a II. Pohled na stanoviště měření a schéma Pohlova kyvadla

NAMĚŘENÉ HODNOTY

a) Volné kmity

- Logaritmický dekrement útlumu vypočítáme dle vzorce:

$$\Lambda = \ln \frac{x(t_m)}{x(t_m + 2)} = \delta \cdot T = \delta \cdot \frac{2\pi}{\omega} \quad (1)$$

- Příklad výpočtu pro kmity bez tlumení:

$$T = \frac{1,747 + 1,75 + 1,757 + 1,719}{4} = 1,74325 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = 0,5736 \text{ Hz}$$

$$\Lambda = \frac{\ln \frac{20,3}{18,25} + \ln \frac{19,25}{18,35} + \ln \frac{18,35}{17,7} + \ln \frac{17,7}{17,1} + \ln \frac{17,1}{16,2} + \ln \frac{16,2}{15,4} + \ln \frac{15,4}{15,05}}{7} = \frac{0,0531 + 0,0479 + 0,0361 + 0,0345 + 0,0541 + 0,0506 + 0,023}{7} = 0,0428 \text{ Np}$$

$$\delta = \frac{\Lambda}{T} = \frac{0,0428}{1,74325} = 0,0246 \text{ s}^{-1}$$

- Rovnovážná poloha kyvadla odpovídala hodnotě jednoho dílku, ve výpočtech to je uvažováno.
- Naměřené hodnoty jsou v tabulkách 1 – 5.
- Provedena byla vždy dvě měření a výchylky byly určeny z levé strany kyvadla.

A₁ [dílků]	19,3	9,4	4,4	2	0,2	-0,4
A₂ [dílků]	19,3	9,4	5	2,1	0,3	-0,4

Tabulka 1. Volné kmitý, tlumení 12 V, I_B = 1,1 A

- T = 1,794; f = 0,5574 Hz
- $\Lambda = 0,7062 \text{ Np}$; $\delta = 0,3936 \text{ s}^{-1}$

A₁ [dílků]	19,3	14,3	11,1	7,4	5,3	4	2,4	1,4
A₂ [dílků]	19,3	14,2	11	8	5,4	4	2,4	1,3

Tabulka 2. Volné kmitý, tlumení 8 V, I_B = 0,684 A

- T = 1,782; f = 0,5612 Hz
- $\Lambda = 0,3144 \text{ Np}$; $\delta = 0,4021 \text{ s}^{-1}$

A₁ [dílků]	19,3	16,1	14	11,4	10,4	8,1	7	5,3
A₂ [dílků]	19,3	16,2	14	11,4	10,1	8,0	6,4	5,4

Tabulka 3. Volné kmitý, tlumení 6 V, I_B = 0,467 A

- T = 1,776; f = 0,5631 Hz
- $\Lambda = 0,168 \text{ Np}$; $\delta = 0,0946 \text{ s}^{-1}$

A₁ [dílků]	19,3	18	16,3	15,1	14,1	12,4	11,4	10,4
A₂ [dílků]	19,3	18	16,3	15,1	14	13	11,4	-

Tabulka 4. Volné kmitý, tlumení 4 V, I_B = 0,256 A

- T = 1,756; f = 0,5695 Hz
- $\Lambda = 0,0853 \text{ Np}$; $\delta = 0,0486 \text{ s}^{-1}$

A₁ [dílků]	19,3	18,3	17,4	17	16,1	15,2	14,4	14,1
A₂ [dílků]	19,3	18,2	17,3	16,4	16,1	15,2	14,4	14

Tabulka 5. Volné kmitý, bez tlumení

- T = 1,7433; f = 0,5736 Hz
- $\Lambda = 0,0428 \text{ Np}$; $\delta = 0,0246 \text{ s}^{-1}$

b) Nucené kmitý

- Nejprve provedeme kalibraci otáček elektromotoru na napětí U_x (viz tabulka 1 a graf v příloze 1).
- Závislost zjištěná pomocí metody nejmenších čtverců dle vzorce:

$$n = 4,44 \cdot U_x \quad U_x = 0,225 \cdot n$$

napětí [V]	čas – 10 otáček [s]	čas – 1 otáčka [s]	n [min ⁻¹]
4,72	30,53	3,053	19,65
10,77	12,5	1,25	48
15,17	8,75	0,875	68,57
14,23	9,31	0,931	64,45
15,18	8,68	0,868	69,12

Tabulka 6. Kalibrace otáček elektromotoru

- Rovnovážná poloha kyvadla neodpovídala nule na stupnici, proto jsme toto eliminovali výpočtem aritmetického průměru výchylek kyvadla.
- Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 7 – 11.
- Hodnoty, ve kterých nastala rezonance, jsou zvýrazněny.

U_x [V]	4,72	7,75	10,77	14,11	13,88	7,98	8,05	8,32	4,87	6,64	7,45
$A_{0, \text{vlevo}}$ [dílků]	0,1	2,9	0	0,2	0,2	3	3	2,2	0,1	1,1	2,1
$A_{0, \text{vpravo}}$ [dílků]	1,3	4	1,1	0,4	0,4	4	4,1	3,3	1,3	2,1	3,2
f [Hz]	0,35	0,57	0,8	1,04	1,03	0,59	0,6	0,62	0,36	0,49	0,55

Tabulka 7. Tlumení 12 V, $I_B = 1,06$ A (červená křivka v grafu)

U_x [V]	4,89	5,02	6,29	6,47	6,71	7,03	7,15	7,28	7,43	7,88	8,04	8,17	8,65	9,48
$A_{0, \text{vlevo}}$ [dílků]	0,2	0,2	1	1,1	1,2	1,4	2,1	2,3	3,2	7,1	7,2	5,2	2,1	0,4
$A_{0, \text{vpravo}}$ [dílků]	1,3	1,3	2,1	2,1	2,3	3,1	3,2	3,4	4,3	8,1	8,3	6,3	3,1	1,4
f [Hz]	0,36	0,37	0,47	0,48	0,5	0,52	0,53	0,54	0,55	0,58	0,59	0,6	0,64	0,7

Tabulka 8. Tlumení 8 V, $I_B = 0,618$ A (modrá křivka v grafu)

U_x [V]	2,41	4,77	6,26	6,41	6,68	7,1	7,24	7,36	7,52	7,79	7,89	8,32	9,48	10,84
$A_{0, \text{vlevo}}$ [dílků]	0,1	0,2	1	1,1	1,2	2,1	2,4	3,2	5,1	9,2	11,3	4,1	0,4	0,1
$A_{0, \text{vpravo}}$ [dílků]	1,2	1,3	2,1	2,2	2,3	3,2	4	4,3	6,1	10,3	12,4	5,2	2	1,2
f [Hz]	0,18	0,35	0,46	0,47	0,49	0,53	0,54	0,54	0,57	0,58	0,85	0,62	0,7	0,8

Tabulka 9. Tlumení 6 V, $I_B = 0,451$ A (žlutá křivka v grafu)

U_x [V]	2,51	4,72	5,4	5,94	6,45	6,7	7,1	7,27	7,49	7,67	7,75	7,89	8,17	8,27	8,34	8,59	9,29
$A_{0, \text{vlevo}}$ [dílků]	0,1	0,2	0,3	0,4	1	1,2	2,3	3	5,2	10,2	12,4	18,2	7,2	4,2	3,3	2,3	0,4
$A_{0, \text{vpravo}}$ [dílků]	1,2	1,3	1,4	2	2,1	2,3	3,4	4,1	6,2	11,2	13,4	19,2	8,3	5,3	4,4	3,4	2
f [Hz]	0,19	0,35	0,4	0,44	0,48	0,5	0,53	0,54	0,55	0,57	0,57	0,58	0,6	0,61	0,62	0,64	0,69

Tabulka 10. Tlumení 4 V, $I_B = 0,259$ A (zelená křivka v grafu)

U_x [V]	3,7	7,78	7,64	7,54	7,4	7,9
$A_{0, \text{vlevo}}$ [dílků]	0,1	19,1	11,2	7	4,3	19,2
$A_{0, \text{vpravo}}$ [dílků]	1,2	19,3	12,3	8,1	5,4	20
f [Hz]	0,27	0,58	0,57	0,56	0,55	0,58

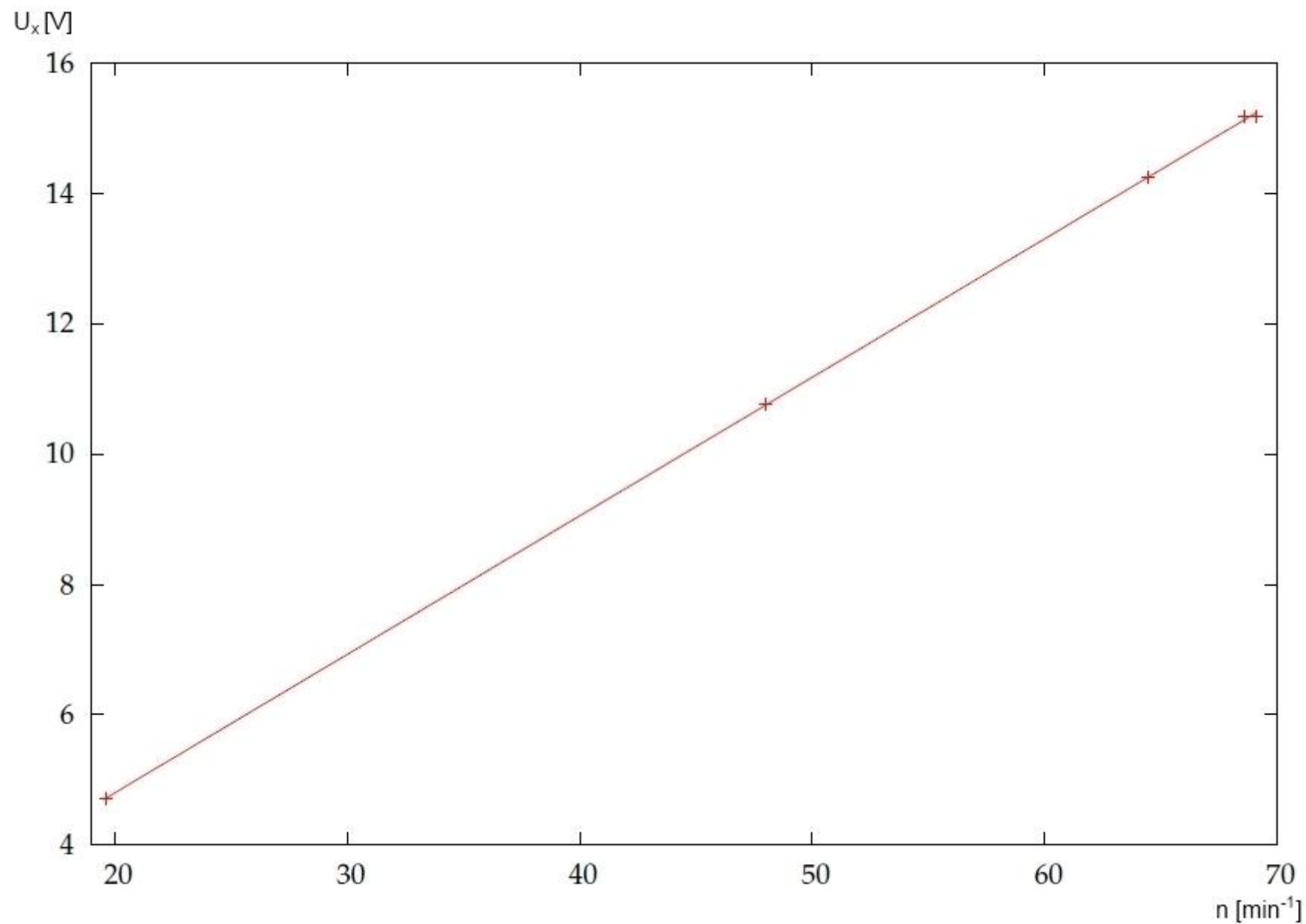
Tabulka 11. Bez tlumení (nucené)

- Nucené kmitání bez tlumení nebylo z časových důvodů proměřeno celé.
- Graf závislosti amplitudy kmitů na budící frekvenci je uveden v příloze 2.

ZÁVĚR

V úloze jsme se naučili určovat základní parametry tlumeného kmitání (koeficient, útlumu, logaritmický dekrement útlumu). Z grafu závislosti amplitudy kmitů na budící frekvenci je zřejmé, že rezonance nastává pro hodnoty kolem frekvence $f = 0,59$ Hz. Dále je patrné, že měření bylo nepřesné zejména při odečítání hodnot amplitud při malých výchylkách. Zde se totiž křivky grafu nesouměrně překrývají. Přesnějšího odečítání hodnot nebylo bohužel při této laboratorní úloze možno docílit.

Příloha 1. Kalibrace otáček elektromotoru Pohlova kyvadla



Příloha 2. Graf závislosti amplitudy kmitů na budící frekvenci (nucené kmity)

