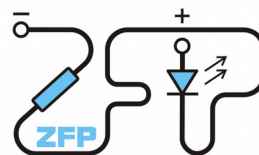


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum ...



Úloha č.

Název úlohy:

Jméno: Obor: FOF FAF FMUZV

Datum měření:

Datum odevzdání:

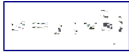

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkoly

1. Změřte tuhost k pěti pružin metodou statickou.
2. Sestrojte graf závislosti prodloužení pružiny na působící síle $y = y(F)$
3. Změřte tuhost k pěti pružin metodou dynamickou.
4. Z doby kmitu tělesa známé hmotnosti a výchylky pružiny po zavěšení tohoto tělesa určete místní tíhové zrychlení g .
5. Sestrojte grafy závislostí:
 - a) 
 - b) 
6. Při zpracování použijte lineární regresi.

Teoretická část

Těleso zavěšené na pružině kmitá harmonickými kmity, které vznikají působením síly, která je úměrná výchylce y a má opačný směr. Konstanta úměrnosti k se v tomto případě nazývá tuhost pružiny.

Pro okamžitou výchylku platí [1]:

$$y = y_m \sin(\omega t + \phi) \quad (1)$$

Kde y je okamžitá výchylka, ω je úhlová frekvence a ϕ je počáteční fázové posunutí.

Z [1] plyne následující vztah:

$$k = \frac{mg}{y_0} \quad (2)$$

Kde m je hmotnost závaží, g je místní tíhové zrychlení a y_0 je prodloužení pružiny při zavěšení závaží.

Z [1] jsme odvodili následující vzorec:

$$k = \omega^2 m \quad (3)$$

Pro místní tíhové zrychlení g platí vzorec [1]:

$$g = \omega^2 y_0 \quad (4)$$

Kde ω a y_0 odpovídají stejnému závaží.

Metoda měření

Nejprve jsme změřili katetometrem prodloužení pružiny y_0 při zavěšení závaží následně jsme se stejným závažím za pomoci sonaru změřili periodu kmitů. Z periody jsme spočítali úhlovou frekvenci. Závaží jsme vyměnili a měření stejným způsobem opakovali. Takto jsme postupovali u všech pružin.

Pomůcky

- Závěsná deska

- Katetometr (odhad přesnosti podle [1] je 1mm)
- Sada závaží (relativní odchylka jejich hmotnosti od označené byla menší 0,5‰)
- 5 pružin
- sonar Go!Motion (vzorkovací frekvence 25Hz)
- počítač

Výsledky měření

Laboratorní podmínky by měření neměly ovlivnit. Teplota v laboratoři byla: $T = (24,9 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$, tlak: $p = (991,6 \pm 0,1)\text{hPa}$. Tíhové zrychlení podle [2] bylo $g = (9,81373 \pm 0,00001)\text{ms}^{-2}$.

V tabulce č. 1 je uveden přehled pružin. Uvedené hodnoty jsou pouze orientační, proto neuvádím jejich chybu.

Tabulka č. 2 zachycuje tuhost změřenou metodou statickou. Chyba je určena jako směrodatná odchylka aritmetického průměru. Měření bylo provedeno pro více závaží. Tam, kde zatížení pružiny nebylo lineární, jsme toto závaží do průměru neuvažovali.

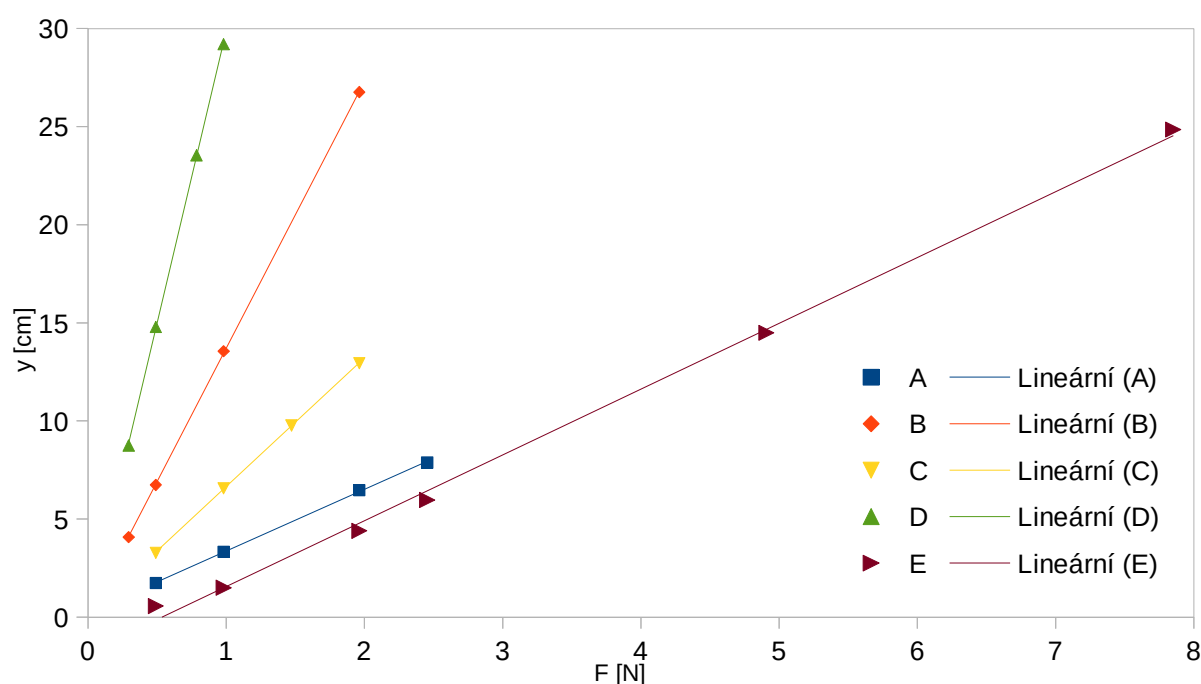
Tabulka 1: Charakteristika pružin

Pružina	délka [cm]	hmotnost [g]
A	8,8	3,9
B	8,2	6,3
C	10,3	2,4
D	22,0	5,4
E	12,4	43,7

Tabulka 2: Tuhost pružin změřených statickou metodou

Pružina	k [N m^{-1}]	rel. chyba k
A	29,8	4,22%
B	7,3	0,71%
C	15,0	0,71%
D	3,3	0,66%
E	37,8	1,22%

Graf č. 1 zobrazuje závislost protažení pružin na jejich zatížení. Proložené křivky jsou křivky lineární regrese.



Graf 1: Závislost protažení pružin na působící síle

V tabulce č. 3 jsou uvedeny tuhosti pružin změřené metodou dynamickou. Relativní chybu jsme opět určili ze standardní odchylky aritmetického průměru. Měření bylo provedeno se stejnou sadou závaží jako v případě metody statické.

Ze vzorce (4) jsme spočítali tíhové zrychlení pro jednotlivá závaží na jednotlivých pružinách. Porovnáním výsledné hodnoty a skutečného místního tíhového zrychlení si lze udělat představu o přesnosti měření metodou statickou a dynamickou u jednotlivých závaží.

Tabulka č. 4 zachycuje zprůměrované hodnoty tíhového zrychlení pro jednotlivé pružiny.

Tabulka č. 5 obsahuje některé vybrané hodnoty tíhového zrychlení pro různé pružiny a závaží.

Tabulka 3: Tuhost pružin zjištěná metodou dynamickou

Pružina	k [N m ⁻¹]	rel. chyba k
A	30,0	1,82%
B	7,1	3,09%
C	15,0	1,18%
D	3,2	2,56%
E	27,9	2,07%

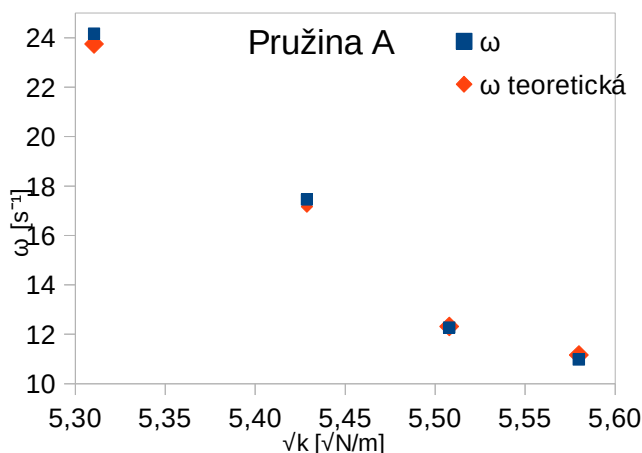
Tabulka 4: Průměrné hodnoty tíhového zrychlení změřené pro jednotlivé pružiny

Pružina	g [ms ⁻²]
A	9,9
B	9,6
C	9,8
D	9,4
E	6,8

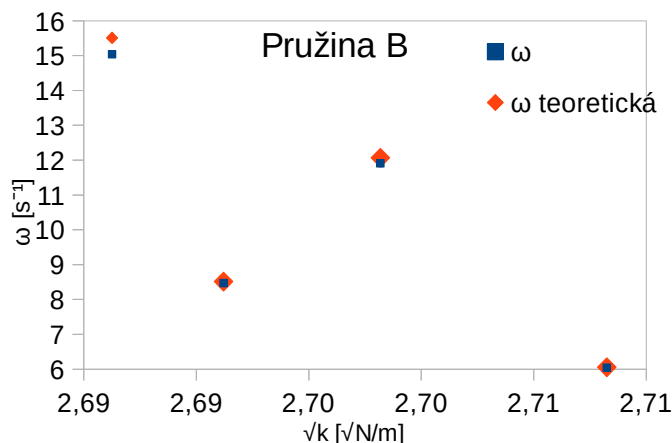
Tabulka 5: Vybrané hodnoty tíhového zrychlení pro různé pružiny a závaží

Pružina	Závaží [g]	g [ms ⁻²]
C	200	9,85
A	50	10,16
A	250	9,51
E	50	5,63
E	800	8,65

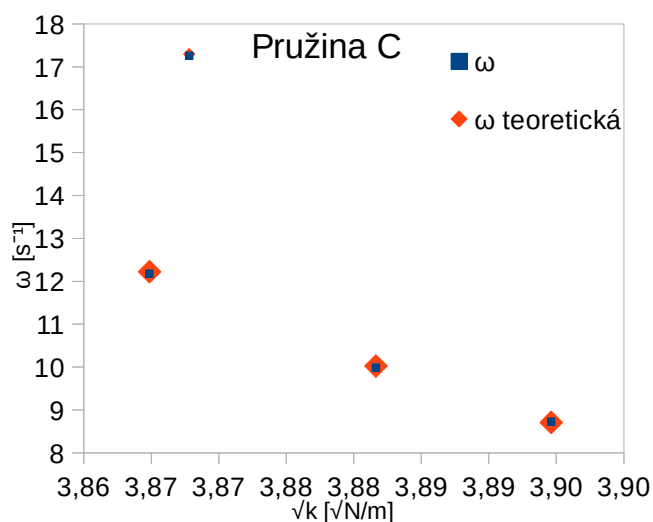
Grafy č. 2 až 6 obsahují závislost úhlové frekvence na odmocnině z tuhosti pružiny spočítané statickou metodou. V grafech je také znázorněna teoretická úhlová frekvence podle (3).



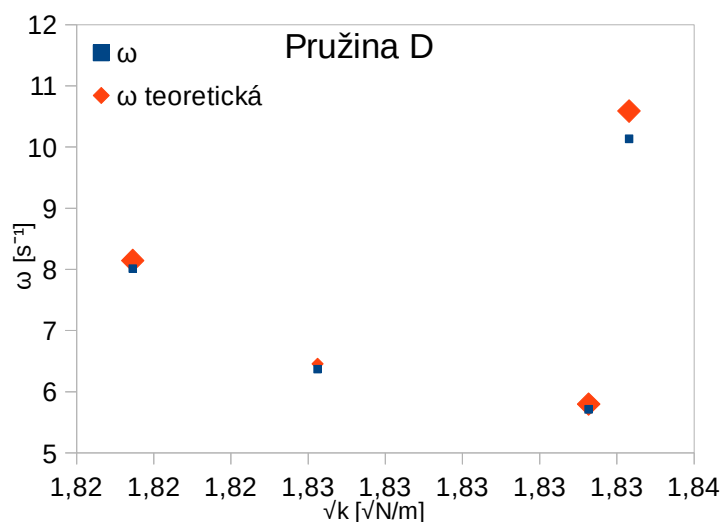
Graf 2: Závislost $\omega = (\sqrt{k})$ pro pružinu A



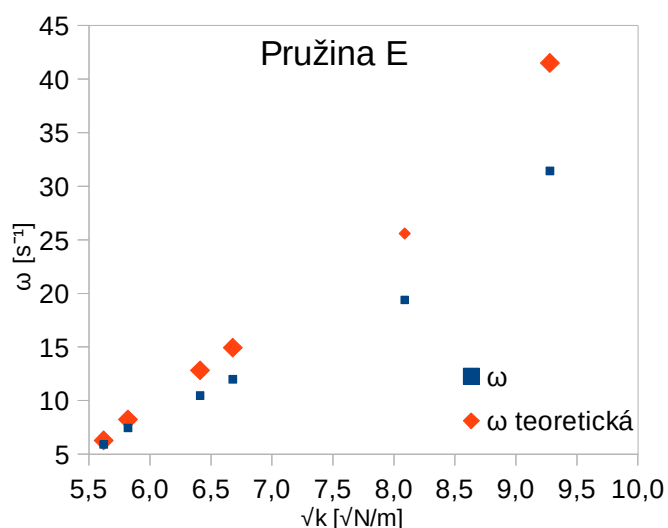
Graf 3: Závislost $\omega = (\sqrt{k})$ pro pružinu B



Graf 4: Závislost $\omega = (\sqrt{k})$ pro pružinu C

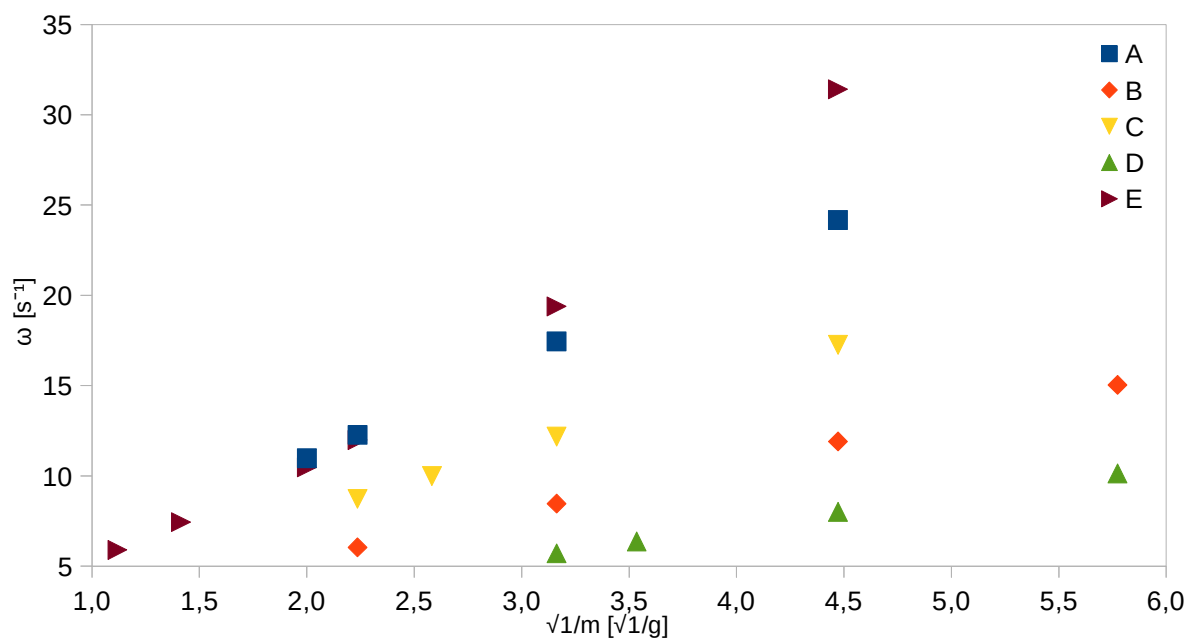


Graf 5: Závislost $\omega = (\sqrt{k})$ pro pružinu D



Graf 6: Závislost $\omega = (\sqrt{k})$ pro pružinu E

Graf č. 7 ukazuje závislost $\omega = (\sqrt{1/m})$ pro všechny pružiny.



Graf 7: Závislost $\omega = (\sqrt{1/m})$

Diskuse

K přesnému měření bylo třeba zvolit vhodné závaží pro každou pružinu. Pokud jsme zvolili příliš těžké závaží, pružina se protáhla a přestali platit námi použité vztahy. V opačném případě, když bylo závaží příliš lehké, pružina začala kmitat i do jiných směrů.

Pro kontrolu vhodnosti zatížení pružiny máme několik možností jak si ověřit, zda je zatížení vhodné. Např. zkoumání závislosti protažení pružiny na působící síle. Tam, kde je závislost přibližně lineární, je zatížení vhodné. Další možnost jak zkontrolovat vhodnost zatížení je zkoumat tíhové zrychlení spočítané podle (4).

Vliv kmitání i do jiných směrů nemáme možnost nijak kontrolovat. Proto to je jeden z hlavních zdrojů systematické chyby v případě dynamické metody.

Náš model také zanedbává hmotnost pružin. Což se projevilo zejména u těžších pružin. Toto zanedbání vnáší systematickou chybu jak do metody statické tak i metody dynamické.

Model dále nepočítá s tlumením. Vliv této aproximace v porovnání s výše zmíněnými je však zanedbatelný.

Další nepřesnosti samozřejmě vnášejí samotné přístroje.

Závěr

Tuhost pružin metodou statickou:

$$\begin{aligned}k_A &= (29,8 \pm 1,3) \text{ Nm}^{-1} \\k_B &= (7,27 \pm 0,05) \text{ Nm}^{-1} \\k_C &= (15,03 \pm 0,11) \text{ Nm}^{-1} \\k_D &= (3,34 \pm 0,02) \text{ Nm}^{-1} \\k_E &= (37,8 \pm 0,5) \text{ Nm}^{-1}\end{aligned}$$

Tuhost pružin zjištěná metodou dynamickou:

$$\begin{aligned}k_A &= (30,0 \pm 0,5) \text{ Nm}^{-1} \\k_B &= (7,1 \pm 0,2) \text{ Nm}^{-1} \\k_C &= (15,0 \pm 0,2) \text{ Nm}^{-1} \\k_D &= (3,20 \pm 0,08) \text{ Nm}^{-1} \\k_E &= (27,9 \pm 0,6) \text{ Nm}^{-1}\end{aligned}$$

Literatura

- [1] Studium harmonických kmitů mechanického oscilátoru. *Fyzikální praktikum* [online]. [cit. 4.5.2016]. Dostupné z: http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_102.pdf
- [2] Tíhové zrychlení. *Wikipedie* [online]. [cit. 4.5.2016]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C3%ADhov%C3%A9_zrychlen%C3%AD