

# Praktikum ....1...

Úloha č. 2

Název: .Studium Harmonických kmitů mechanického oscilátoru

Pracoval: Jiří Kratochvíl  
dne: 10.3..2010

stud.sk.: 15

Odevzdal dne: 17.3.2010

## Pracovní úkol:

1. Změřte tuhost pěti pružin metodou statickou.
2. Sestrojte graf závislosti prodloužení pružiny na působící síle  $y=i(F)$
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.  $\omega = f(\sqrt{k})$

b.  $\omega = f\left(\sqrt{\frac{1}{m}}\right)$

6. Při zpracování použijte lineární regresi.

	možný počet bodů	udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	5
Teoretická část	0 - 1	0,5
Výsledky měření	0 - 8	7
Diskuse výsledků	0 - 4	3
Závěr	0 - 1	1
Seznam použité literatury	0 - 1	0,5
<b>Celkem</b>	max. 20	17

Posuzoval: 

dne: 1.4.2010

**Teorie:** Harmonický oscilátor se řídí rovnicí (1)  $F = -ky$

Vzorec pro měření tuhosti pružiny metodou statickou (2)  $k = \frac{mg}{y}$

Vztah pro úhlovou rychlost statické metody (3)  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Vztah pro měření tuhosti pružiny metodou dynamickou

(4)  $k = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$  Vztah pro úhlovou rychlost dynamické metody (5)  $\omega = \frac{2\pi}{T}$

vzorec pro gravitační zrychlení (6)  $g = y\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$  ( $T$ -perioda,  $g$ -

gravitační zrychlení,  $k$  tuhost pružiny,  $\omega$  úhlová rychlost,  $F$  síla,  $y$  protažení pružiny)

**metoda statická:** fyzikální měření neproměnné s časem

Z doby kmitu vypočítáme tuhost pružiny.

**metoda dynamická:** fyzikální měření proměnné s časem

Tuhost pružiny vypočítáme z protažení pružiny po přidání závaží.

*kolik a vzaly  
vždy vzaly?  
Ano to bylo  
a odhadněti  
v kmitu*

**Pomůcky:** katetometr, 5 závaží o hmotnostech 10g 20g 20g 50g 100g, 5 pružin, stopky, stojan

**Postup:** 1) Experimentálně jsem zjistil, jaká závaží použiji, závaží jsem zvolil v intervalu od 50g do 100g po deseti gramech. ~~To~~ závaží byly vybrány aby nepřetáhly nejméně tuhou pružinu a aby byla znatelná výchylka u nejtěžší pružiny.

#### a) Metoda statická

Nastavil jsem katetometr na konec pružiny a odečetl jsem hodnotu, pověsil jsem závaží na pružinu, nastavil jsem katetometr znovu na konec pružiny a odečetl jsem hodnotu z katetometru. Rozdíl mi dává prodloužení pružiny.

#### b) Metoda dynamická

Zavěsil jsem závaží na pružinu a rozkmital jsem jí ve svislém směru, změřil jsem čas na stopkách za který se oscilátor vrátil 10x do stejné polohy, tzn. 9 period. U nejtěžší pružiny jsem si pomohl videozáznamem, poněvadž jsem nedokázal spočítat počet kmitů.

### Výsledky měření:

Podmínky měření: Laboratorní

Teplota vzduchu: 25° Celsia

Atmosférický tlak: 101325Pa

Vlhkost vzduchu: 30%

**Metoda statická:** každá tabulka odpovídá jedné pružině

$y_1, y_2, y_3$  = naměřené výchylky

$X$  = aritmetický průměr

$s$  = chyby měření

$k$  = tuhost pružiny

$w$  = úhlová rychlost

$a$  = koeficient u lineární regrese

1. pružina - statická metoda

m[kg]	y1[m]	y1[m]	y1[m]	X[m]	s	F[N]	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>2</sup> a	s	
0,050	0,120	0,117	0,117	0,1180	0,0011	0,491	9,13	0,04	4,47	0,2397	0,0019
0,060	0,142	0,143	0,141	0,1420	0,0013	0,589	8,34	0,03	4,08	k[N/m]	s
0,070	0,164	0,164	0,165	0,1643	0,0010	0,687	7,72	0,03	3,78	4,172	0,034
0,080	0,189	0,187	0,188	0,1880	0,0011	0,785	7,22	0,03	3,54	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,211	0,211	0,211	0,2110	0,0010	0,883	6,81	0,03	3,33	2,0425	
0,100	0,236	0,237	0,236	0,2363	0,0010	0,981	6,46	0,03	3,16		

2. pružina - statická metoda

m[kg]	y1[m]	y1[m]	y1[m]	X[m]	s	F[N]	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>2</sup> a	s	
0,050	0,010	0,011	0,012	0,0110	0,0010	0,491	29,98	1,01	4,47	0,0222	0,0015
0,060	0,014	0,014	0,015	0,0143	0,0011	0,589	27,37	0,92	4,08	k[N/m]	s
0,070	0,015	0,015	0,015	0,0150	0,0011	0,687	25,34	0,85	3,78	45,0	3,0
0,080	0,018	0,019	0,018	0,0183	0,0010	0,785	23,7	0,80	3,54	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,020	0,021	0,020	0,0203	0,0010	0,883	22,35	0,75	3,33	6,7048	
0,100	0,022	0,022	0,022	0,0220	0,0010	0,981	21,2	0,71	3,16		

3. pružina - statická metoda

m[kg]	y1[m]	y1[m]	y1[m]	X[m]	s	F[N]	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>2</sup> a	s	
0,050	0,081	0,079	0,077	0,0790	0,0010	0,491	11,12	0,07	4,47	0,1616	0,0022
0,060	0,093	0,093	0,093	0,0930	0,0011	0,589	10,15	0,07	4,08	k[N/m]	s
0,070	0,110	0,110	0,110	0,1100	0,0011	0,687	9,4	0,06	3,78	6,187	0,083
0,080	0,127	0,126	0,126	0,1263	0,0010	0,785	8,79	0,06	3,54	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,141	0,140	0,141	0,1407	0,0010	0,883	8,29	0,06	3,33	2,4873	
0,100	0,158	0,158	0,158	0,1580	0,0010	0,981	7,87	0,05	3,16		

4. pružina - statická metoda

m[kg]	y1[m]	y1[m]	y1[m]	X[m]	s	F[N]	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>2</sup> a	s	
0,050	0,050	0,069	0,069	0,0627	0,0021	0,491	10,89	0,19	4,47	0,1687	0,0058
0,060	0,075	0,084	0,084	0,0810	0,0053	0,589	9,94	0,17	4,08	k[N/m]	s
0,070	0,098	0,094	0,094	0,0953	0,0149	0,687	9,2	0,16	3,78	5,93	0,21
0,080	0,122	0,111	0,111	0,1147	0,0158	0,785	8,61	0,15	3,54	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,146	0,120	0,111	0,1257	0,0010	0,883	8,12	0,14	3,33	2,4350	
0,100	0,170	0,136	0,137	0,1477	0,0010	0,981	7,7	0,13	3,16		

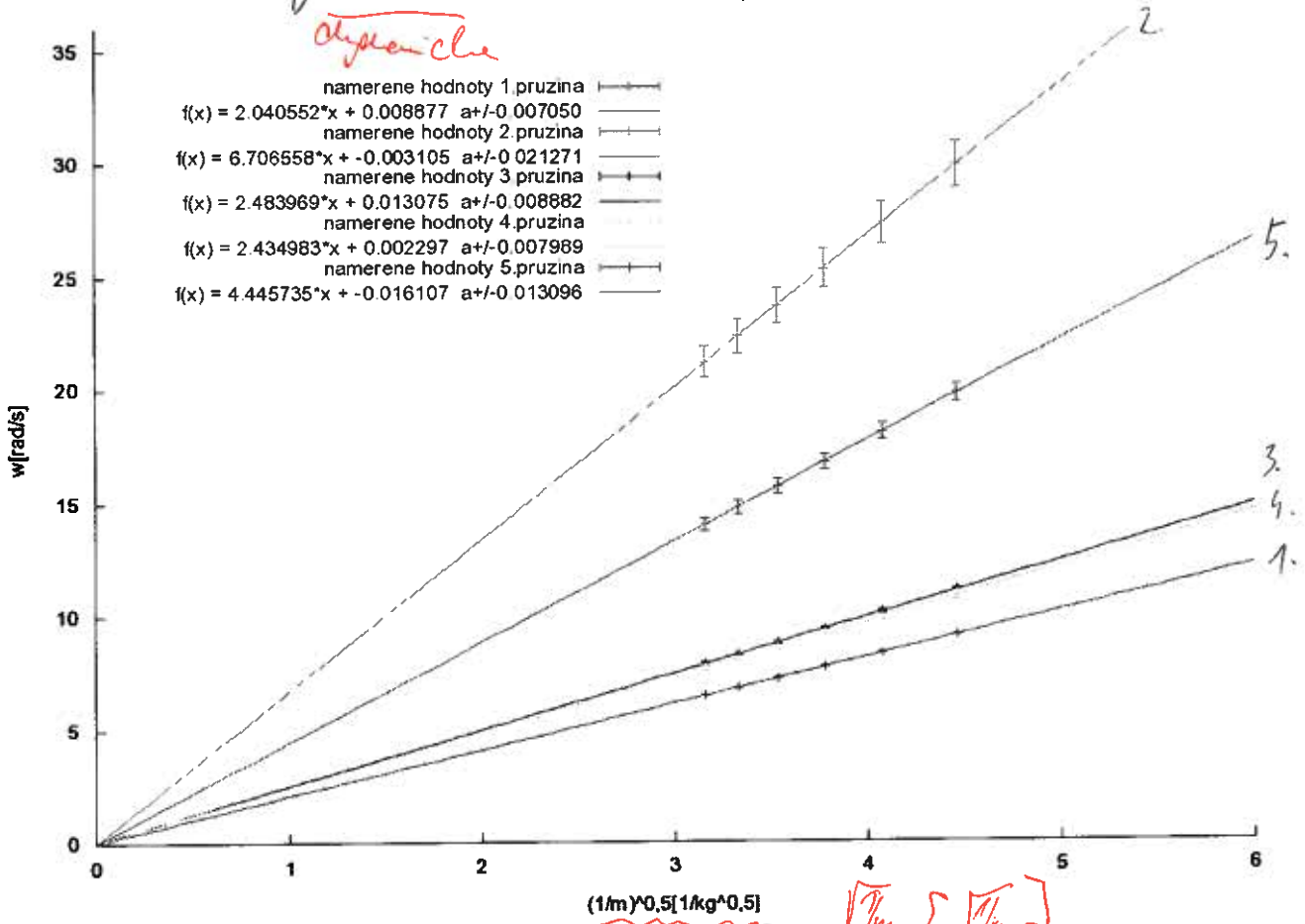
5. pružina - statická metoda

m[kg]	y1[m]	y1[m]	y1[m]	X[m]	s	F[N]	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>2</sup> a	s	
0,050	0,026	0,024	0,025	0,0250	0,0011	0,491	19,86	0,40	4,47	0,0507	0,0020
0,060	0,032	0,032	0,031	0,0317	0,0010	0,589	18,13	0,37	4,08	k[N/m]	s
0,070	0,037	0,036	0,036	0,0363	0,0011	0,687	16,78	0,34	3,78	19,71	0,80
0,080	0,040	0,040	0,040	0,0400	0,0011	0,785	15,7	0,32	3,54	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,047	0,046	0,046	0,0463	0,0010	0,883	14,8	0,30	3,33	4,4399	
0,100	0,050	0,050	0,051	0,0503	0,0010	0,981	14,04	0,28	3,16		

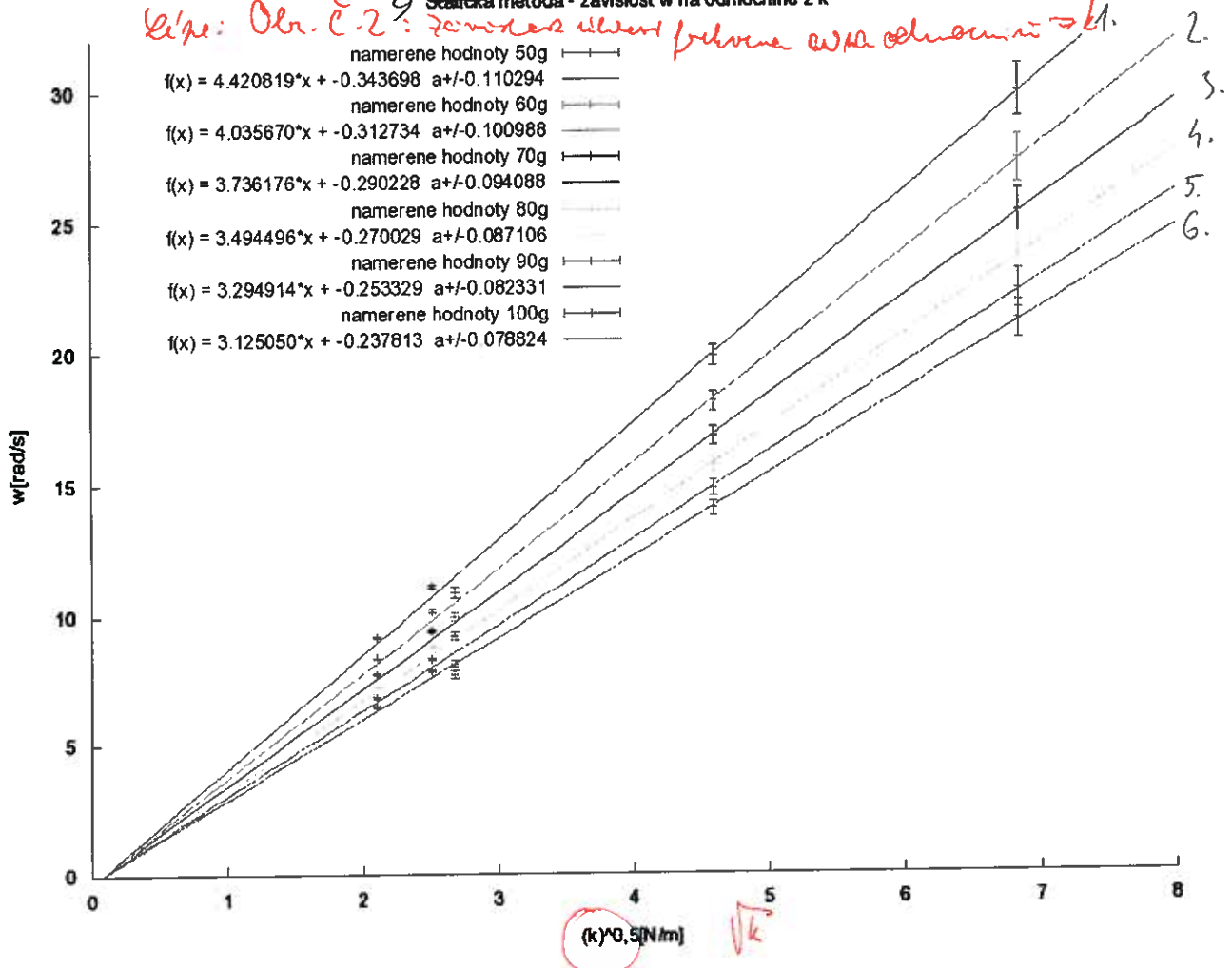
Pro každou zátěž jsem provedl 3 měření. V tabulce jsou zapsány rozdíly odečtených hodnot z katetometru nezatížené pružiny a zatížené pružiny.

Chyba měření: 1mm

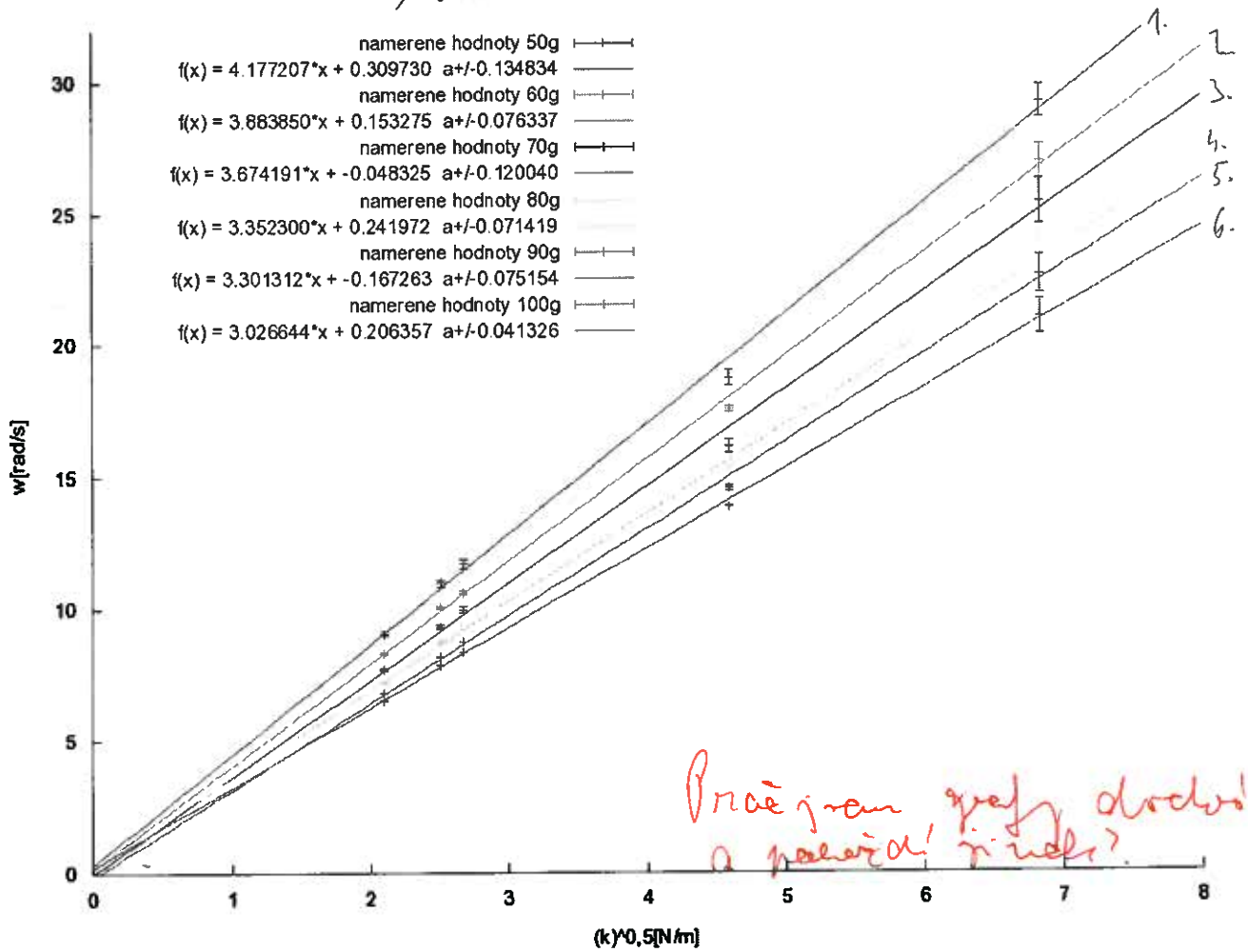
*Handwritten:* # Hody, daty  
 1) Statistická metoda - závislost w na odvracene hodnoty hmotnosti  
*dyfrazie*



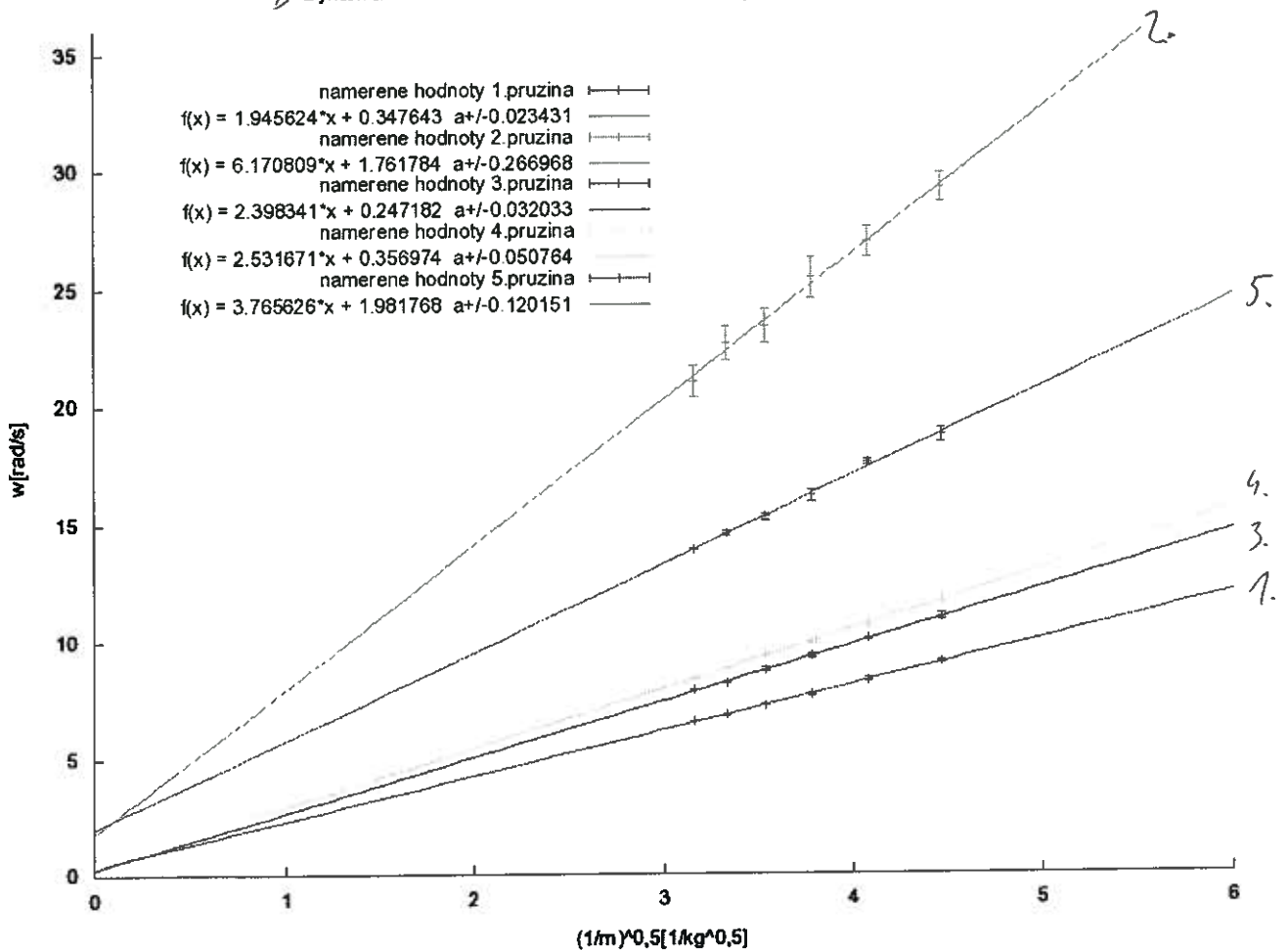
*Handwritten:* 2) Statistická metoda - závislost w na odvracene hodnoty k  
 k: Obr. C-2: zavede hodnotu k na odvraceni  $\rightarrow k$ .



3) Dynamická metoda - závislost  $w$  na odmocnине z  $k$



4) Dynamická metoda - závislost  $w$  na odmocnине z převracene hodnoty hmotnosti



**Metoda dynamická:** každá tabulka odpovídá jedné pružině

$T_1, T_2, T_3$  = naměřené periody

$X$  = aritmetický průměr

$s$  = chyby měření

$k$  = tuhost pružiny

$w$  = úhlová rychlost

$a$  = koeficient u lineární regrese

1. pružina -dynamická metoda

m[kg]	T1[s]	T2[s]	T3[s]	X[s]	s	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>0</sup> m/k	s	a	s	
0,050	0,693	0,7	0,69	0,69	0,0051	9,05	0,07	4,47	0,012216	0,000179	0,2278	0,0038
0,060	0,758	0,76	0,75	0,76	0,0058	8,3	0,06	4,08	0,014503	0,000221	k[N/m]	s
0,070	0,824	0,82	0,81	0,82	0,0058	7,68	0,05	3,78	0,016955	0,000238	4,390	0,074
0,080	0,874	0,87	0,86	0,87	0,0038	7,23	0,03	3,54	0,019124	0,000167	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,916	0,93	0,93	0,92	0,0010	6,8	0,01	3,33	0,021595	0,000047	2,0953	
0,100	0,967	0,96	0,96	0,96	0,0010	6,53	0,01	3,16	0,023471	0,000049		

2. pružina -dynamická metoda

m[kg]	T1[s]	T2[s]	T3[s]	X[s]	s	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>0</sup> m/k	s	a	s	
0,050	0,215			0,21	0,0044	29,24	0,60	4,47	0,001170	0,000048	0,0214	0,0011
0,060	0,233			0,23	0,0057	26,92	0,66	4,08	0,001380	0,000067	k[N/m]	s
0,070	0,247			0,25	0,0085	25,41	0,88	3,78	0,001548	0,000107	46,7	2,3
0,080	0,269			0,27	0,0084	23,35	0,73	3,54	0,001834	0,000115	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,278			0,28	0,0090	22,62	0,73	3,33	0,001954	0,000126	6,8368	
0,100	0,299			0,3	0,0093	21,01	0,66	3,16	0,002266	0,000142		

3. pružina -dynamická metoda

m[kg]	T1[s]	T2[s]	T3[s]	X[s]	s	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>0</sup> m/k	s	a	s	
0,050	0,571	0,57	0,58	0,57	0,0068	10,97	0,13	4,47	0,008305	0,000196	0,1596	0,0037
0,060	0,627	0,62	0,63	0,63	0,0028	10,04	0,05	4,08	0,009912	0,000089	k[N/m]	s
0,070	0,681	0,67	0,68	0,67	0,0051	9,31	0,07	3,78	0,011535	0,000174	6,27	0,14
0,080	0,722	0,72	0,72	0,72	0,0061	8,74	0,07	3,54	0,013077	0,000223	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,774	0,77	0,76	0,77	0,0010	8,18	0,01	3,33	0,014961	0,000039	2,5035	
0,100	0,794	0,81	0,79	0,8	0,0010	7,87	0,01	3,16	0,016136	0,000040		

4. pružina -dynamická metoda

m[kg]	T1[s]	T2[s]	T3[s]	X[s]	s	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>0</sup> m/k	s	a	s	
0,050	0,539	0,54	0,53	0,54	0,0080	11,71	0,17	4,47	0,007295	0,000217	0,1398	0,0027
0,060	0,598	0,59	0,59	0,59	0,0047	10,6	0,08	4,08	0,008895	0,000140	k[N/m]	s
0,070	0,636	0,64	0,62	0,63	0,0079	9,96	0,12	3,78	0,010089	0,000252	7,15	0,14
0,080	0,666	0,67	0,68	0,67	0,0069	9,36	0,10	3,54	0,011421	0,000234	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,726	0,72	0,71	0,72	0,0010	8,76	0,01	3,33	0,013023	0,000036	2,6745	
0,100	0,757	0,74	0,76	0,75	0,0010	8,36	0,01	3,16	0,014319	0,000038		

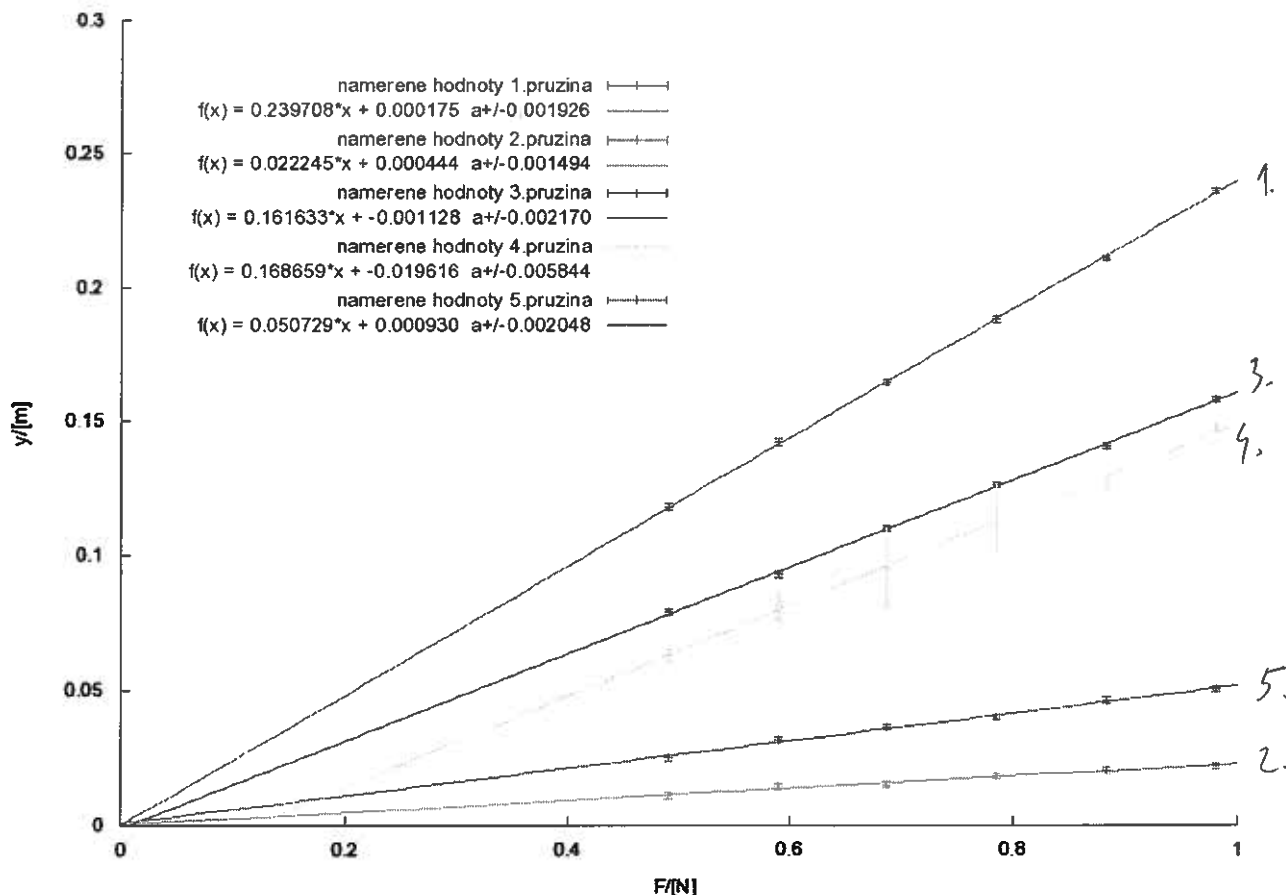
5. pružina -dynamická metoda

m[kg]	T1[s]	T2[s]	T3[s]	X[s]	s	w[rad/s]	s	(1/m) <sup>0</sup> m/k	s	a	s	
0,050	0,337	0,33	0,34	0,34	0,0056	18,72	0,31	4,47	0,002852	0,000096	0,0473	0,0013
0,060	0,359	0,35	0,36	0,36	0,0021	17,56	0,10	4,08	0,003242	0,000038	k[N/m]	s
0,070	0,396	0,39	0,38	0,39	0,0060	16,13	0,25	3,78	0,003845	0,000118	21,13	0,56
0,080	0,410	0,41	0,41	0,41	0,0033	15,24	0,12	3,54	0,004304	0,000070	(k) <sup>0,5</sup>	
0,090	0,424	0,43	0,44	0,43	0,0033	14,56	0,11	3,33	0,004716	0,000073	4,5965	
0,100	0,449	0,46	0,45	0,45	0,0010	13,88	0,03	3,16	0,005189	0,000023		

Chyba měření 0,3 s, Čas jsem měřil po 9 kmitech, periodu jsem získal vydělením času devíti. Tyto vydělené hodnoty jsou zapsány v tabulce. U pružiny číslo 2 jsem musel použít videozáznam, jelikož perioda byla velmi krátká, což by způsobilo velice nepřesné měření.



Statická metoda - výpočet tuhosti



**Tuhosti pružin (statická metoda):**

1.  $(4,172 \pm 0,034) \text{ N.m}^{-1}$
2.  $(4,5 \pm 0,3) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$
3.  $(6,187 \pm 0,083) \text{ N.m}^{-1}$
4.  $(5,93 \pm 0,21) \text{ N.m}^{-1}$
5.  $(1,971 \pm 0,080) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$

**Tuhosti pružin (dynamická metoda):**

1.  $(4,390 \pm 0,074) \text{ N.m}^{-1}$
2.  $(4,67 \pm 0,23) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$
3.  $(6,27 \pm 0,14) \text{ N.m}^{-1}$
4.  $(7,15 \pm 0,14) \text{ N.m}^{-1}$
5.  $(2,113 \pm 0,056) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$

**Gravitační zrychlení:**

$g = (9,70 \pm 0,11) \text{ m.s}^{-2}$

Výsledky statické a dynamické metody se vesměs neshodují v rámci svých odchylek, což je způsobeno zanedbáním hmotnosti pružinky.

g[m/s <sup>2</sup> ] s	
9,660	0,543
9,791	0,497
9,692	0,455
9,831	0,437
9,771	0,406
10,069	0,399
<b>9,822</b>	<b>0,183</b>
g[m/s <sup>2</sup> ] s	
9,403	1,125
10,386	0,851
9,687	0,748
9,998	0,698
10,406	0,681
9,711	0,559
<b>8,932</b>	<b>0,297</b>
g[m/s <sup>2</sup> ] s	
9,513	0,667
9,382	0,573
9,536	0,549
9,661	0,514
9,402	0,471
9,792	0,473
<b>9,548</b>	<b>0,218</b>
g[m/s <sup>2</sup> ] s	
8,590	1,375
9,106	0,761
9,449	0,616
10,040	0,732
9,649	1,255
10,313	1,224
<b>9,525</b>	<b>0,352</b>
g[m/s <sup>2</sup> ] s	
8,765	1,086
9,766	1,084
9,448	0,968
9,293	0,880
9,825	0,901
9,701	0,837
<b>9,466</b>	<b>0,388</b>
<b>9,700</b>	<b>0,114</b>

**Popis způsobu zpracování dat:**

Chyby uváděné u výsledků jsou pravděpodobné.

Veškeré chyby jsem počítal dle vzorce  $s = \sqrt{\left(\sum \left(\left(\frac{df}{dx_i}\right)^2\right) * s_i^2\right)}$ , kromě chyby lineární regrese, kde jsem použil pro výpočet chyby program gnuplot.

**Statická metoda:**

Každé měření jsem opakoval třikrát, poté jsem spočítal aritmetický průměr těchto měření, jako chybu jsem uvedl odmocněný součet druhých mocnin chyby statistické a chyby měřidla. Pro výpočet tuhosti pružiny jsem použil lineární regresi. Ze směrnice v grafu {5} jsem získal  $k$  převrácenou hodnotou směrnice.

**Dynamická metoda:**

Každé měření jsem opakoval rovněž třikrát, až na měření nejtužší pružiny, kde jsem měřil pouze jednou. Toto měření jsem nahál na videozáznam. Poté jsem spočítal aritmetický průměr těchto měření, jako chybu jsem uvedl odmocněný součet druhých mocnin chyby statistické a chyby měřidla. Pro výpočet tuhosti pružiny jsem použil opět lineární regresi.

**Gravitační zrychlení:**

Tuto hodnotu jsem spočítal dle vztahu (6) dále váženými průměry.

**Grafy závislostí:**

Lineární regrese prováděna s uvážením chyb.



### Diskuse:

1. Tuhosti pružin naměřeny metodou statickou se v rámci odchylek většinou neshodují s hodnotami naměřenými metodou dynamickou. Hodnoty spočtené dynamickou metodou jsou vždy vyšší než hodnoty naměřené statickou metodou, což je způsobeno hlavně zanedbáním hmotnosti pružinky. Ve výpočtech jsou zanedbány odpor vzduchu, tlumení, hmotnost pružiny, nerovnoměrná deformace pružiny. Obě metody měření mají podobné odchylky. Jsou tedy přibližně stejně přesné. Přesnost u statické metody by nešla o moc zvýšit, neboť nejméně tuhá pružinka by se mohla trvale zdeformovat při větším závaží. Přesnost dynamické metody by šla zvýšit větším počtem kmitů. Poté by jsme zřejmě dostali systematickou chybu spočívající v zanedbání hmotnosti pružinky.
2. Graf závislosti protažení  $y$  na síle potvrdil předpoklad přímé úměrnosti  $F = -ky$  až na pružinku číslo 4. Všechny body jsou velice blízko přímky. Odchylka není velká.
3. Gravitační zrychlení se v rámci odchylky shoduje se středním gravitačním zrychlením na zemi  $9,81 \text{ m/s}^2$
4. Závislosti  $\omega = f(\sqrt{k})$  a  $\omega = f\left(\sqrt{\frac{1}{m}}\right)$  vyšly dle očekávání,

tzv. Lineární funkce. Regresní přímky dynamické metody se liší v rámci odchylek od regresních přímek metody statické, to je nejspíš způsobeno zanedbáním hmotnosti pružinky.

*co tím může  
moci být?*

### Závěr:

1. Změřil jsem tuhosti pružin metodou statickou:  
 $k_1 = (4,172 \pm 0,034) \text{ N.m}^{-1}$   $k_2 = (4,5 \pm 0,3) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$   
 $k_3 = (6,187 \pm 0,083) \text{ N.m}^{-1}$   $k_4 = (5,93 \pm 0,21) \text{ N.m}^{-1}$   $k_5 = (1,971 \pm 0,080) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$
2. Změřil jsem tuhosti pružin metodou dynamickou:  
 $k_1 = (4,390 \pm 0,074) \text{ N.m}^{-1}$   $k_2 = (4,67 \pm 0,23) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$   
 $k_3 = (6,27 \pm 0,14) \text{ N.m}^{-1}$   $k_4 = (7,15 \pm 0,14) \text{ N.m}^{-1}$   $k_5 = (2,113 \pm 0,056) \cdot 10 \text{ N.m}^{-1}$

3. Ověřil jsem závislosti  $F = -ky$ ,  $\omega = f(\sqrt{k})$  a  $\omega = f\left(\sqrt{\frac{1}{m}}\right)$

4. Spočítal jsem místní gravitační zrychlení  $g = (9,70 \pm 0,11) \text{ m.s}^{-2}$

### Použitá literatura:

- [1] Studijní materiál ze stránek praktik matematicko-fyzikální fakulty <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/>
- [2] Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce  
J. Mikulčák a kol. 2003
- [3] Základy fyzikálních měření I, Brož, J. a kol., SPN, Praha 1983

*Na literaturu se v diskuzi odkazuje*

3

50	<del>5,74</del>	5,74	5,78
60	5,63	5,62	5,63
70	6,73	5,99	6,10
80	6,50	6,45	6,45
90	6,97	6,92	6,85
100	7,15	7,26	7,14

4

9. měření

50	5,85	5,83	5,80
60	5,38	5,29	5,33
70	5,72	5,73	5,58
80	5,99	6,05	6,09
90	6,53	6,47	6,36
100	6,81	6,68	6,67

1 ↓ dále

10 konec

5

50	3,03	3,98	3,05
60	3,23	3,79	3,24
70	3,56	3,52	3,44
80	3,69	3,77	3,73
90	3,82	3,88	3,95
100	4,04	4,77	4,07

1	<del>1</del>		3		3	
50	60,5	48,6	60,4	48,7	60,4	48,7
60	60,3	46,7	60,4	46,7	60,3	46,2
70	60,2	43,8	60,2	43,8	60,2	43,7
80	<del>60,3</del>	41,5	60,3	41,6	60,3	41,5
90	60,1	39	60,1	39	60,1	39
100	60,2	36,6	60,2	36,5	60,2	36,6

2	1	<del>1</del>	3		3	
50	57,5	56,5	57,5	56,4	57,6	56,4
60	57,3	55,9	57,3	55,9	57,4	55,9
70	<del>57,2</del>	55,7	57,2	55,7	57,2	55,7
80	<del>57,3</del>	55,5	57,3	55,4	57,3	55,5
90	57,2	55,2	57,2	55,1	57,2	55,2
100	57,2	55	57,2	<del>55,1</del>	57,2	55

10 -03- 2010

Matematicko-fyzikální fakulta KU  
Fyzikální praktikum I.

5h. Černý

3	1		2		3	
50	57,8	49,7	57,5	49,6	57,5	49,8
60	57,5	48,2	57,5	48,2	57,5	48,2
70	57,5	46,5	57,5	46,5	57,5	46,5
80	57,6	44,9	57,5	44,9	57,5	44,9
90	57,5	43,4	57,4	43,3	57,4	43,4
100	57,5	41,7	57,3	41,7	57,5	41,7

4	1		2		3	
50	53,6	46,8	53,6	46,8	53,7	46,8
60	53,7	45,3	53,7	45,3	53,7	45,3
70	53,6	44,2	53,7	44,3	53,7	44,3
80	53,6	42,6	53,6	42,5	53,6	42,5
90	53,6	41,3	53,5	41,5	53,5	41,5
100	53,6	39,9	53,5	39,9	53,5	39,8

5	1		2		3	
50	52,1	49,3	52	49,6	52,1	49,6
60	52,2	49	52,2	49	52,1	49
70	52,2	48,5	52,2	48,6	52,1	48,5
80	52	48	52	48	52	48
90	52,1	47,4	52,1	47,5	52,1	47,5
100	52	47	52	47	52	46,9

1

7,42

10 km/h

T

50	6,24	<del>6,28</del>	6,23
60	6,82	<del>6,84</del>	<del>6,87</del>
70	<del>7,18</del>	<del>7,28</del>	7,37
80	7,87	7,84	7,75
90	8,24	8,33	8,36
100	8,70	8,67	8,62

2

50	1,98	1,96	1,90
60	2,32	2,58	2,28
70	2,46	2,70	2,56
80	2,96	2,94	2,80
90	3,08	3,07	3,22
100	<del>2,64</del>	<del>2,70</del>	<del>2,85</del>
	3,20	3,16	3,27