

67. ročník Fyzikální olympiády
v školskom roku 2025/2026
kategória A

text experimentálnej úlohy celoštátneho kola

Kmity tyče na valci

Ak na nepohyblivý valec s vodorovnou osou položíme tyč kolmo na os valca, tyč môže za určitých podmienok zostať vo vodorovnej polohe v stabilnom rovnovážnom stave. Okolo stabilnej rovnovážnej polohy môže teleso vykonávať kmity, pričom pri malých výchylkách z rovnovážnej polohy sú kmity harmonické.

Cieľom úlohy je vyšetriť tieto kmity a experimentálne určiť vzťah pre periódu harmonických kmitov. U rôznych kmitavých sústav je perióda určená odmocninou pomeru veličín vyjadrujúcich zotrvačnosť a tuhosť sústavy. Dá sa očakávať, že zotrvačnosť tyče je priamoúmerná hmotnosti a kvadrátu dĺžky, zatiaľ čo tuhosť je určená momentom tiažovej sily, priamoúmernému tiažovej sile a ramenu sily pôsobiacej v ťažisku tyče. Zložitosť vzťahu pre periódu kmitov súvisí s tým, že tyč sa neotáča okolo pevnej osi, ale okamžitá os otáčania sa pohybuje po povrchu valca.

Dá sa očakávať, že vzťah pre periódu kmitov môže mať tvar

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k_1 L^2}{g(r + k_2 a)}}, \quad (1)$$

kde L je dĺžka tyče, a zvislá šírka tyče (kolmá na os valca), r polomer krivosti valca. k_1, k_2 sú konštanty. Keďže hmotnosť sa nachádza v čitateli aj v menovateli, predpokladáme, že doba kmitu nezávisí od hmotnosti tyče.

Úloha:

- 1) S použitím poskytnutých pomôcok zmerajte dobu kmitu tyče na valci pre 5 rôznych zvislých širok tyče.
- 2) Pomocou nameraných hodnôt doby kmitu tyče určte hodnoty konštant k_1 a k_2 a uveďte vzťah (1) s dosadenými číselnými hodnotami veličín.
- 3) Podľa získaného vzťahu zostrojte graf závislosti doby kmitu T tyče ako funkciu zvislej šírky a tyče. Do grafu doplňte namerané hodnoty doby kmitu a posúďte súlad nameraných hodnôt so zostrojenou krivkou. Uveďte možné príčiny prípadného nesúladu.

Pomôcky: Valec, súprava 5 drevených hranolov s rozmermi 10×10×400 mm, stopky, plastelína, krieda

Odporúčaný postup:

1. Tyč položte na valec tak, aby bola v rovnováhe vo vodorovnej polohe. Niektoré tyčky môžu byť mierne zakrivené – na doske stola sa presvedčte, že strana, ktorou sa tyč prikladá na valec je priama. Aby tyč pri vychýlení z valca neskĺzla, odporúčame tyčku v mieste dotyku s valcom mierne potrieť kriedou. Vychýlením konca tyče v zvislom smere uvedieme tyč do kmitavého pohybu. Začiatočnú výchylku treba voliť tak, aby tyč vykonala $N = 10 \div 20$ merateľných kmitov. Aby sa valec pri kmitaní tyčky nepohol, treba jeho polohu zafixovať pomocou kusov plastelíny.
2. Tyče s rôznou zvislou šírkou realizujte tak, že drevené hranoly kladiete na seba. Takto sa dá vytvoriť tyč s piatimi rôznymi šírkami.

3. Pri meraní doby kmitu tyče merajte dobu N kmitov a meranie pre jednu tyč opakujte 5 krát. Pre každú tyč určte strednú hodnotu \bar{T} doby kmitu a strednú kvadratickú odchýlku strednej hodnoty periódy $\delta\bar{T}$. Všetky hodnoty zapíšte do tabuľky.

Pozn.: Pre štatistické spracovanie výsledkov merania môžete využiť štatistický mód na kalkulačke.

4. Z nameraných hodnôt určte konštanty k_1 a k_2 , doplňte ich do vzťahu (1) a zostrojte graf doby kmitu ako funkcie premennej a . Do grafu doplňte namerané hodnoty doby kmitu.
5. Posúďte súhlas nameraných hodnôt s hodnotami vypočítanými podľa doplneného vzťahu (1) a uveďte, ktoré faktory významnejšie ovplyvňujú výsledky merania.

Pozn.: Hodnotí sa aj dodržanie formálnych pravidiel pre zostrojenie grafu tvorbu tabuliek.

Fyzikálna olympiáda – 67. ročník – experimentálna úloha celoštátneho kola kategórie A

Návrh a spracovanie úlohy: Ivo Čáp, Lubomír Konrád

Recenzia úloh: Aba Teleki, Lubomír Mucha

Redakcia: Ivo Čáp

Úlohy preložil: Aba Teleki

Vydalo: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2026

Kmity tyče na valci – odpoveďový hárok

1) Meranie periódy kmitov

5× opakované meranie doby N periód T_N kmitov tyče

Vzťah pre strednú hodnotu periódy kmitov:

Vzťah pre strednú kvadratickú odchýlku strednej hodnoty:

$L = 40 \text{ cm}$, $r = 29 \text{ mm}$, $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

n	N	a / mm	T_{Ni}					\bar{T}_n	$\delta\bar{T}_n$
1	20	10							
2	20	20							
3	20	30							
4	10	40							
5	5	50							

Určenie konštánt:

Odvodenie vzťahov pre určenie k_1 a k_2

Hodnoty $k_1 =$

$k_2 =$

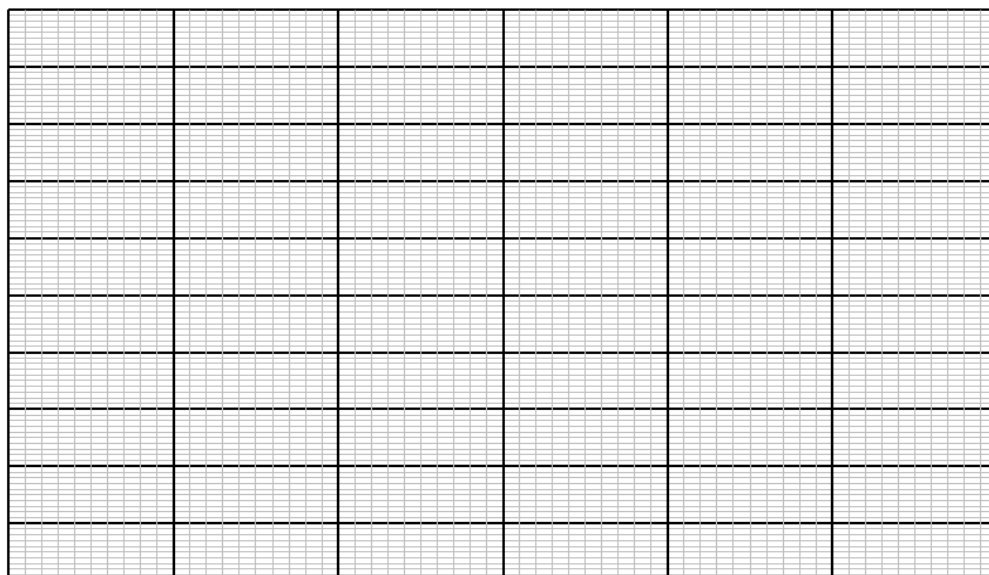
Výsledný vzťah pre periódu $T =$

c) Graf závislosti periódy ako funkcie a pre $L = 40 \text{ cm}$, $r = 29 \text{ mm}$, $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Tabuľka vypočítaných hodnôt:

a	T	a	T	a	T

Graf funkcie $T = f(a)$



Hodnotenie:

