

# T É M A :                      U R Č E N Í P E R I O D Y K Y V A D L A R Ů Z N Ý M I Z P Ů S O B Y

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

## ANOTACE:

Žáci si vytvoří pomocí niti a kuličky matematické kyvadlo. Perioda kyvadla je název pro dobu jeho kmitu. Nejprve určí dobu kmitu pomocí změření doby 50 kmitů, kterou potom vydělí padesáti. Tuto dobu naměřenou stopkami ověří výpočtem ze vztahu pro periodu. Žáci si tak procvičí práci se stopkami a poznají vztah pro periodu, ze kterého poznají, která vlastnost kyvadla ovlivňuje jeho periodu. Měření provedou žáci opakovaně a určí aritmetický průměr z naměřených period.

## TEORIE:

### KMITAVÝ POHYB

**Kmitání** a také vlnění **patří k důležitým jevům** v přírodě i v technické praxi. Typické pro tyto jevy je, že fyzikální veličiny, kterými je popisujeme, se s časem mění a tyto změny jsou většinou periodické. Zařízení, která po vychýlení z rovnovážné polohy volně kmitají, nazýváme **mechanické oscilátory**. Výchylka mechanického oscilátoru se s časem periodicky mění. Je tedy určitou periodickou funkcí času. Výchylka kmitajícího tělesa závisí harmonicky na čase (podle funkce sinus) a grafickým vyjádření tohoto vztahu je **časový diagram kmitavého pohybu**, který má tvar sinusoidy.

**Periodu** kmitavého pohybu označujeme  $T$  a je to nejkratší doba, po které se průběh kmitavého pohybu opakuje. Jednotkou periody je sekunda. Počet period za jednu sekundu vyjadřuje další fyzikální veličina, které říkáme **frekvence**. Značíme ji  $f$  a její jednotkou je hertz. Jde o dvě veličiny, z nichž jedna je převrácenou hodnotou té druhé.

Kmitavý pohyb je vždy nerovnoměrný. To znamená, že rychlost není konstantní. Rychlost i zrychlení kmitavého pohybu jsou podobně jako výchylky kmitavého pohybu harmonickými funkcemi času (mění se periodicky s časem podle funkcí sinus nebo kosinus). Okamžité zrychlení má vždy opačný směr vzhledem k výchylce a je jí přímo úměrné.



## FOTO:



## MATEMATICKÉ KYVADLO

Jako **matematické kyvadlo** (stručně jen kyvadlo) obvykle označujeme jakékoliv těleso zavěšené nad těžištěm, které se může volně otáčet kolem vodorovné osy procházející bodem závěsu kolmo k rovině kmitání.

Příkladem jednoduchého kyvadla je kulička zavěšená na pevném vlákně (niti) zanedbatelné hmotnosti. Délku tohoto vlákna označujeme  $l$  a z dalších vztahů uvidíme, že jeho délka  $l$  ovlivňuje periodu i frekvenci kmitání kyvadla.

Harmonické kmitání bylo zavedeno jako přímočarý pohyb. Abychom mohli zajistit tuto podmínku i u kyvadla, je nutné, aby výchylka byla velmi malá. To bude platit v případě, že oblouk, po kterém se těleso bude pohybovat, můžeme s dostatečnou přesností považovat za část přímky. Při samotném laboratorním cvičení budeme úhel, který vlákno svírá při pohybu se svislým směrem, volit tak, aby nepřekročil 5 až 10 úhlových stupňů.

Vztahy pro periodu a frekvenci vlastního kmitání kyvadla jsou:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$   $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ , kde  $g$  je tíhové zrychlení.

Tíhové zrychlení závisí na zeměpisné šířce. Pro Českou republiku je hodnota tíhového zrychlení  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Pomocí uvedené hodnoty budeme v této laboratorní práci počítat periodu kyvadla a ověřovat hodnotu získanou stopkami.

**Kyvadlo má pouze jeden tzv. parametr.** Z výše uvedených vzorců vidíme, že jím je délka závěsu  $l$ . Periodu kmitání kyvadla lze tedy nastavit pouze změnou jeho délky. Hmotnost zavěšeného tělesa periodu kmitání kyvadla neovlivňuje. I to v laboratorní práci ověříme.

Připomeneme rozdíl mezi pojmy **kmit** a **kyv**. Doba jednoho kmitu se označuje jako perioda. Je to nejkratší doba, po které se průběh kmitavého pohybu opakuje. Doba jednoho kyvu je rovna polovině periody. Kyv tedy kyvadlo vykoná mezi dvěma po sobě jdoucími průchody rovnovážnou polohou.

## PŘÍPRAVA:

1. Zopakujte si, co víte o mechanickém kmitání.
2. Vyhledejte v učebnicích, v encyklopedii nebo na internetu, co je to matematické kyvadlo. Přečtěte si, jak vypadá, jak se dá jednoduše vyrobit, jaké má vlastnosti a čím lze ovlivňovat jeho kmitavý pohyb.
3. Nastudujte, co znamená pojem perioda kyvadla.
4. Najděte mezi údaji o kyvadle matematický vztah (vzorec), podle kterého se dá perioda kmitavého pohybu kyvadla vypočítat.
5. Zopakujte si, co rozumíme tíhovým zrychlením, jak ho značíme, jakou má hodnotu a jednotku.

## ÚKOL:

1. Určete periodu kyvadla měřením doby padesáti kmitů pomocí stopek.
2. Ověřte získanou hodnotu periody kyvadla užitím vztahu, který popisuje závislost periody na délce kyvadla.
3. Pro dané kyvadlo naměřte na stopkách deset hodnot doby kmitu.
4. Vypočítejte aritmetický průměr ze zjištěných hodnot a vhodně jej zaokrouhlete.
5. Ověřte, že perioda kmitání kyvadla nezávisí na hmotnosti zavěšeného tělesa. To provedete tak, že celé měření vykonáte ještě jednou s tělesem (tělesy) o jiné hmotnosti.

## POMŮCKY:

Nit, kulička, stojan, stopky, měřidlo délky, kalkulačka

## POSTUP:

1. Vytvořte si jednoduché matematické kyvadlo z niti o délce přibližně 1 m až 1,5 m a z kuličky.
2. Kyvadlo upevněte na držák stojanu tak, abyste při dalším měření mohli dobře určit bodu závěsu. Je to důležité k co nejpřesnějšímu změření délky kyvadla.
3. Délku kyvadla změřte délkovým měřidlem od bodu závěsu ke středu kuličky.
4. Budeme měřit periodu kyvadla. Aby tato hodnota byla co nejpřesnější, změřte dobu padesáti period a vydělte ji padesáti. Toto měření desetkrát opakujte. Kmitání kyvadla začínáme měřit v okamžiku, kdy kulička kyvadla prochází rovnovážnou polohou. Od tohoto okamžiku měříme 50 průchodů rovnovážnou polohou vždy z jedné strany (např. zleva). Dbáme na to, abychom naměřili dobu 50 kmitů, a ne 50 kyvů.
5. Všechny naměřené hodnoty zapište do připravené tabulky.
6. Měření opakujte pro dvě různé délky kyvadla se stejným zavěšeným tělesem podle vašeho uvážení.
7. Měření opakujte ještě jednou s kuličkou o jiné hmotnosti, abyste ověřili, že při stejné délce kyvadla změna hmotnosti zavěšeného tělesa periodu kmitání neovlivní.



## VYPRACOVÁNÍ:

### PRO PERIODU $T$ KYVADLA PLATÍ VZTAH:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

kde  $l$  je délka kyvadla (změřená délkovým měřidlem) a  $g$  je tíhové zrychlení, které známe ze vzorce pro výpočet tíhové síly, kterou působí Země na těleso.

**TABULKA:**

a) Délka kyvadla:  $l_1 = 53 \text{ cm}$

Po dosazení této hodnoty do vztahu pro periodu:  $T = \dots\dots\dots$  vychází perioda  $T = \dots\dots\dots \text{s}$

$n$	50 T/s	T/s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Aritmetický průměr z vypočtených hodnot:  $T = \dots\dots\dots \text{s}$

Závěr (porovnání aritmetického průměru periody z vypočtených hodnot a periody získané výpočtem ze vzorce):

b) Délka kyvadla:  $l_2 = \dots\dots\dots$  cm

Po dosazení této hodnoty do vztahu pro periodu:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  vychází perioda  $T = \dots\dots\dots$  s

$n$	50 T/s	T/s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Aritmetický průměr z vypočtených hodnot:

Závěr (porovnání aritmetického průměru periody z vypočtených hodnot a periody získané výpočtem ze vzorce):

c) Délka kyvadla:  $l_2 = \dots\dots\dots$  cm (měření s kuličkou o jiné hmotnosti)

Po dosazení této hodnoty do vztahu pro periodu:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  vychází perioda  $T = \dots\dots\dots$  s

$n$	50 T/s	T/s
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Aritmetický průměr z vypočtených hodnot:

Závěr (porovnání aritmetického průměru periody z vypočtených hodnot a periody získané výpočtem ze vzorce):

## ZÁVĚR:

Žáci si prakticky vyzkoušeli, jak lze pomocí matematického kyvadla nepřímou metodou určit tíhové zrychlení. Během laboratorní práce si procvičili měření délky kyvadla pomocí délkového měřidla a měření času na stopkách. Zopakovali si výpočet aritmetického průměru a odchylek měření. Procvičili si také správné zaokrouhlování údajů. Procvičili si vyjádření neznámé veličiny ze vzorce.

Cílem práce je ukázat žákům využití kmitavého pohybu k ověření hodnoty tíhového zrychlení. Poznají tak jinou metodu, než kterou poznali na základní škole.

V teoretické části se laboratorní práce snaží žákům ucelit informace o kmitavém pohybu z hlediska kinematiky a o vlastnostech matematického kyvadla.

## SHRNUTÍ:

**Na základě poznatků získaných při domácí přípravě a během laboratorního cvičení vyřešte následující úkoly:**

1. Kterým směrem je nutno posunout závaží kyvadla, když se kyvadlové hodiny předcházejí?  
Je nutno prodloužit periodu, tedy prodloužit i kyvadlo, tudíž závaží musíme posunout dolů.
2. Na chatě máme kyvadlové hodiny. Jak se změní jejich chod s příchodem léta?  
S růstem teploty se prodlouží délka kyvadla. Tím se zvětší i perioda jeho kmitů. Hodiny se pak opoždějí.
3. Jak zvýšíte amplitudu kmitů při houpání se na jednoduché sedátkové houpačce?  
Houpačku je možno rozhoupávat změnou polohy svého těžiště.  
Polohu těžiště je možno měnit nakláněním trupu dopředu (snížení jeho polohy) nebo přitahováním nohou k tělu (zvýšení jeho polohy).
4. Při spouštění ždímačky je nutné ji zpočátku přidršet, než se prádlo srovná. Proč je však nutné ji přidršet i při zastavování?  
Ždímačku je třeba přidršet hlavně tehdy, když je frekvence jejího otáčení rovna frekvenci vlastních kmitů ždímačky jako celku. A to nastává při rozjíždění i zastavování ždímačky.

## SEZNAM ZDROJŮ:

- [01] Svoboda Emanuel a kol.: Přehled středoškolské fyziky, 3. vydání. Prometheus Praha, 1996  
ISBN 80-7196-116-7
- [02] Lepil Oldřich: Fyzika pro gymnázia – Mechanické kmitání a vlnění, 3. vydání. Prometheus Praha, 2001  
ISBN 80-7196-216-3
- [03] Bartuška Karel: Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy 2. část, 1. vydání. Prometheus Praha, 1997  
ISBN 80-7196-034-9
- [05] Nahodil Josef: Fyzika v běžném životě, 1. vydání. Prometheus Praha, 1996  
ISBN 80-7196-005-5
- [06] Kubínek Roman, Kolářová Hana: Fyzika v příkladech a testových otázkách pro uchazeče o studium na VŠ, 1. vydání. Rubico Olomouc, 1996  
ISBN 80-85839-07-5

## METODICKÝ LIST

Název školy	Gymnázium a Jazyková škola Zlín
Autor	Mgr. Petr Zezulka
Vzdělávací oblast	Kinematika kmitavého pohybu
Vzdělávací obor	Fyzika
Tematický okruh	Kyvadlo
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – žák
Cílová skupina	Žák, 14 – 16 let
Anotace	Pracovní list je určen do výuky žákům - podklad pro laboratorní cvičení z fyziky. Informace žák čerpá z vlastních poznámek, odborné literatury a internetu. Náplň: Kmitání matematického kyvadla. Měření periody kmitání kyvadla na stopkách a nepřímou metodou výpočet z fyzikálního vztahu, měření potřebných veličin