

T É M A :

URČENÍ TÍHOVÉHO ZRYCHLENÍ POMOCÍ MATEMATICKÉHO KYVADLA

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

ANOTACE:

Žáci si vytvoří pomocí niti a kuličky matematické kyvadlo. Pomocí vztahu pro periodu kmitavého harmonického pohybu kyvadla odvodí tíhové zrychlení. Půjde tedy o nepřímou metodu měření tíhového zrychlení užitím kmitavého pohybu oscilátoru. Měření provedou žáci opakovaně, aby mohli získané hodnoty tíhového zrychlení zpracovat. Vypočítají aritmetický průměr, odchylky jednotlivých hodnot od aritmetického průměru a na závěr průměrnou a relativní odchylku měření.

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.

Pro okamžitou výchylku harmonického kmitavého pohybu s nulovou počáteční fází platí rovnice: $y = y_m \sin \omega t$, kde veličinu ω nazýváme **úhlová frekvence** nebo úhlová rychlost. Je definována vztahem: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, kde T je **perioda** kmitavého pohybu nebo $\omega = 2\pi f$, kde f je **frekvence** kmitavého pohybu. Jednotkou periody je sekunda a jednotkou frekvence 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.

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 přímk. Při samotném laboratorním cvičení budeme úhel, který vlákno svírá při pohybu se svislým směrem, volit tak, aby nepřekročil 5 až 10 úhlových stupňů.

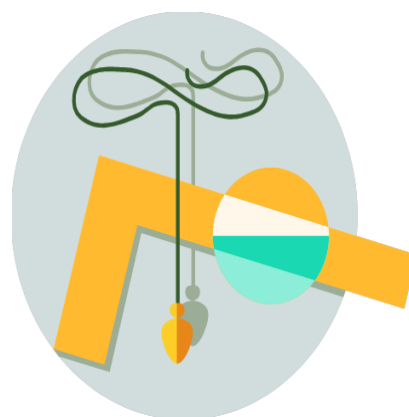
Vztahy pro periodu a frekvenci vlastního kmitání kyvadla jsou: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$, kde g je tíhové zrychlení.

Jak víme z teorie gravitačního a tíhového pole, tíhové zrychlení závisí na zeměpisné šířce. Pro Českou republiku je hodnota tíhového zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Uvedenou hodnotu budeme v této laboratorní práci pomocí kyvadla ověřovat.

Pružinový oscilátor má 2 parametry. Jsou to fyzikální veličiny, které ovlivňují periodu a frekvenci vlastního kmitání oscilátoru. Jsou to tuhost pružiny a hmotnost zavěšeného tělesa. Na rozdíl od pružinového oscilátoru má kyvadlo pouze jeden parametr. Z výše uvedených vzorců vidíme, že jediným parametrem kyvadla je délka závěsu l . Periodu kmitání kyvadla lze tedy nastavit pouze změnou jeho délky. Hmotnost zavěšeného tělesa periodu vlastního 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.

FOTO:



PŘÍPRAVA:

1. Zopakujte si kapitolu Mechanické kmitání. Dále se soustřeďte na kinematiku tohoto pohybu. Zopakujte si všechny fyzikální veličiny, které kmitavý pohyb popisují. Připomeňte si vztahy pro periodu a frekvenci kmitání kyvadla.
2. Zopakujte si řešení úloh z kinematiky kmitavého pohybu: rovnici pro okamžitou výchylku, rychlost a zrychlení.
3. Podívejte se na vlastnosti matematického kyvadla a vzpomeňte, které faktory ovlivňují jeho vlastní kmitání.

ÚKOL:

1. Určete tíhové zrychlení pomocí periody a délky kyvadla.
2. Pro dané kyvadlo naměřte deset hodnot tíhového zrychlení a zpracujte je.
3. Určete aritmetický průměr ze zjištěných hodnot, odchylky jednotlivých hodnot od aritmetického průměru, průměrnou odchylku a relativní odchylku měření.
4. Průměrnou odchylku měření zaokrouhlete na jednu platnou číslici, střední hodnotu zaokrouhlete na řád zaokrouhlené průměrné odchylky a relativní odchylku zaokrouhlete na jedno desetinné místo v procentech.
5. Ověřte, že perioda vlastního kmitání kyvadla nezávisí na hmotnosti zavěšeného tělesa. To provedete tak, že celé měření vykonáte ještě jednou s tělesem o jiné hmotnosti.

POMŮCKY:

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

POSTUP:

1. Vytvořte si jednoduché matematické kyvadlo z niti o délce přibližně 1 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. Pro výpočet tíhového zrychlení potřebujete znát ještě periodu kmitavého pohybu 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 запиšte 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:

1. PRO PERIODU T KYVADLA PLATÍ VZTAH:

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

2. Odvodíme vztah pro výpočet tíhového zrychlení: $\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \frac{l}{g}$

$$g = \frac{4 \pi^2 l}{T^2}$$

TABULKA:

- a) Délka kyvadla: $l_1 = \dots$ cm

n	50 T/s	T/s	$g/\frac{m}{s^2}$	$\Delta g/\frac{m}{s^2}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Aritmetický průměr z vypočtených hodnot: $g = \dots \frac{m}{s^2}$

Průměrná odchylka měření: $\Delta g = \dots \frac{m}{s^2}$

Relativní odchylka měření: $\dots \%$

Závěr:

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

n	50 T/s	T/s	$g/\frac{m}{s^2}$	$\Delta g/\frac{m}{s^2}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Aritmetický průměr z vypočtených hodnot:

Průměrná odchylka měření:

Relativní odchylka měření:

Závěr:

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

n	50 T/s	T/s	$g/\frac{m}{s^2}$	$\Delta g/\frac{m}{s^2}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Aritmetický průměr z vypočtených hodnot:

Průměrná odchylka měření:

Relativní odchylka měření:

Závěr:

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 zpožďují?
2. Na chatě máme kyvadlové hodiny. Jak se změní jejich chod s příchodem zimy?
3. Jak zvýšíte amplitudu kmitů při houpání se na jednoduché sedátkové houpačce?
4. Při spouštění ždímačky je nutné ji zpočátku přidršet, než se prádlo srovná. Proč je však nutné ji přidršet i při zastavování?

5. Hák jeřábu spuštěný k zemi kmitá s periodou 4,6 s. Určete výšku jeřábu.
6. V jakém poměru by byly periody kyvadla kyvadlových hodin na Měsíci a na Zemi?

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, 16 – 17 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. Vyjádření tíhového zrychlení ze vztahu pro periodu vlastního kmitání matematického kyvadla, měření potřebných veličin