

## Matematické kyvadlo – 1. část

### Úvod:

Zákonitosti pohybu kyvadla pomohly sestrojít hodiny, které umožnily měřit čas mnohem přesněji, než tomu bylo u předchozích modelů hodin.

Galileo Galilei byl velice všímavý člověk. Na jedné bohoslužbě v katedrále v Pise ho zaujalo kývání velké bronzové lampy, která visela na dlouhém řetězu. Použil svůj pulz jako stopky a zjistil, že doba kyvu není závislá na jeho „velikosti“. To ho přimělo k dalším pokusům s kyvadly, při nichž zjišťoval, na čem doba kyvu závisí a na čem nikoli. Položil tak základy další vědecké práce, která vedla k vynálezu přesných kyvadlových hodin. Dokážete také objevit zákonitosti matematického kyvadla?

### Seznam pomůcek:

Laboratorní stojan, rezná nit, sada závaží s háčky, svinovací metr, stopky

### Pracovní úkoly:

**Úkol:** Pokuste se zjistit, na čem závisí a na čem nezávisí doba kmitu matematického kyvadla.

Jaké parametry můžeme u matematického kyvadla měnit?

Vyrobte si své vlastní matematické kyvadlo. Jak a z čeho jste si ho vyrobili?

Odkud kam budeme měřit délku závěsu? Jak nejlépe a nejpřesněji budeme měřit dobu jednoho jeho kmitu (periodu)?

Zkuste si co nejlépe a nejpřesněji několikrát změřit dobu jednoho kmitu a запиšte vaše poznatky. Jde dobře změřit perioda pouze z jednoho kmitu kyvadla?

Zkoumejte závislost periody matematického kyvadla na jeho parametrech

- vyberte si libovolné závaží ze sady a určete jeho hmotnost pomocí digitálních vah
- zavěste závaží na co možná nejdelší délku závěsu (potřeba alespoň 130 cm, čím delší tím lépe) a vychylte jej o malý úhel. Změřte třikrát dobu deseti kmitů.
- zmenšujte postupně délku kyvadla (při stejné hmotnosti závaží). Délka závěsu by neměla být kratší než 30 cm. Změřte (vždy třikrát) dobu deseti kmitů alespoň pro pět různých délek.
- výsledky měření запиšte do tabulky a určete průměrnou dobu kmitu kyvadla  $\bar{T}$

$m$ [kg]				
Číslo měření	$l$ [m]	$10 \cdot T$ [s]		$\bar{T}$ [s]
1				
2				
3				
4				
5				

- měření zopakujte pro druhé závaží jiné hmotnosti při podobných délkách závěsu

$m$ [kg]				
Číslo měření	$l$ [m]	$10 \cdot T$ [s]		$\bar{T}$ [s]
1				
2				
3				
4				
5				

Porovnejte periody kmitů kyvadel o různých hmotnostech při podobných délkách závěsu. Jak závisí doba kmitu matematického kyvadla na jeho hmotnosti?

Porovnejte periody kmitů kyvadel o různých délkách závěsu a stejné hmotnosti. Jak závisí doba kmitu matematického kyvadla na délce závěsu?

## Matematické kyvadlo – 2. část

### Seznam pomůcek:

Počítač s tabulkovým procesorem, vyplněný pracovní list Matematické kyvadlo – 1. část

### Pracovní úkoly:

**Úkol:** Pokuste se „objevit“, jak závisí doba kmitu matematického kyvadla na délce závěsu kyvadla.

Vyberte si jedno z kyvadel z pracovního listu Matematické kyvadlo – 1. část. Přepište hodnoty délek kyvadla  $l$  a odpovídajících period  $T$  do tabulkového procesoru a vytvořte graf závislosti  $T$  na  $l$ . Je závislost  $T$  na  $l$  lineární?

K „objevení“ vztahu pro výpočet periody matematického kyvadla potřebujete zjistit, jak závisí perioda na délce závěsu. Dopočítejte v tabulkovém procesoru hodnoty  $l^2$ ,  $\sqrt{l}$ , či  $\log l$  a vytvořte grafy závislosti  $T$  na těchto hodnotách.

Vzorec pro výpočet doby kmitu matematického kyvadla vychází z rovnice přímky vyjadřující lineární závislost. Ta má tvar  $T = k \cdot x$ , kde  $k = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}$  (zde je  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , tíhové zrychlení) a  $x$  je námi hledaná závislost  $l^2$ ,  $\sqrt{l}$ , či  $\log l$ . (Pozor na jednotky.) Vyberte ten z grafů  $T(l^2)$ ,  $T(\sqrt{l})$ ,  $T(\log l)$ , ve kterém perioda  $T$  závisí na nezávislé proměnné  $l$  „nejlineárněji“.

Zapište vztah pro  $T$ :

Závisí doba kmitu matematického kyvadla na hmotnosti závaží?

Jak by se změnila doba kmitu matematického kyvadla, kdybychom jej přemístili na Měsíc?

Jak by se změnila doba kmitu matematického kyvadla, kdybychom jej přemístili do padajícího výtahu?

**Úkol pro šikovné:**

Ze vztahu pro periodu matematického kyvadla vyjádřete tíhové zrychlení  $g$ , dosadte jednu Vámi změřenou hodnotu  $T$ , vypočtete  $g$  a porovnejte s tabulkovou hodnotou tíhového zrychlení v místě měření.